관 리 번 호

사 본 번 호

고속도로 제32호선
옥산~오창 고속도로 민간투자사업
구 조 계 산 서 (Ⅰ)
(준 공)

2018. 01



국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

목 차

– 제 I 권 –

1. 옥산 JCT Ramp-A교

- 상부 구조 ····· 3
- 시점 교대 ····· 701
- 종점 교대 ····· 761
- 교각 P1 ····· 839
- 교각 P2 ····· 937
- 내진해석 ····· 1105

2. 옥산 JCT Ramp-C교

- 상부 구조 ····· 1133

– 제 II 권 –

2. 옥산 JCT Ramp-C교

- 시점 교대 ····· 3
- 종점 교대 ····· 83
- 교각 P1 ····· 189
- 교각 P2 ····· 345
- 교각 P3 ····· 499
- 내진해석 ····· 585

3. 옥산 JCT Ramp-D교

- 상부 구조 ····· 611
- 시점 교대 ····· 1159
- 종점 교대 ····· 1239
- 교각 P1 ····· 1345
- 교각 P2 ····· 1497
- 내진해석 ····· 1581

– 제 III 권 –

4. 병천천교

- 상부 구조(옥산방향) ····· 3
- 상부 구조(오창방향) ····· 585
- 시점 교대(옥산방향) ····· 1187
- 종점 교대(옥산방향) ····· 1267
- 시점 교대(오창방향) ····· 1327
- 종점 교대(오창방향) ····· 1405

– 제 IV 권 –

4. 병천천교

- 교각 P1(옥산방향) ····· 3
- 교각 P2(옥산방향) ····· 181
- 교각 P3(옥산방향) ····· 357

- 교각 P4(옥산방향) ····· 535
- 교각 P1(오창방향) ····· 699
- 교각 P2(오창방향) ····· 887
- 교각 P3(오창방향) ····· 1063
- 교각 P4(오창방향) ····· 1231
- 내진해석(옥산방향) ····· 1397
- 내진해석(오창방향) ····· 1433

- 제 V 권 -

5. 상장남교

- 상부 구조(옥산방향) ····· 3
- 상부 구조(오창방향) ····· 233
- 시점 교대(옥산방향) ····· 473
- 종점 교대(옥산방향) ····· 527
- 시점 교대(오창방향) ····· 625
- 종점 교대(오창방향) ····· 679
- 교각 P1(옥산방향) ····· 777
- 교각 P1(오창방향) ····· 937
- 내진해석(옥산방향) ····· 1105
- 내진해석(오창방향) ····· 1129

6. 용두천교

- 상부 구조 ····· 1157
- 시점 교대 ····· 1331
- 종점 교대 ····· 1411
- 교각 P1 ····· 1491
- 교각 P2 ····· 1803
- 내진해석 ····· 2129

- 제 VI 권 -

7. 백현교

- 상부 구조 ····· 3
- 시점 교대 ····· 115
- 종점 교대 ····· 197

8. 호죽1교

- 라멘 계산서(옥산방향) ····· 305
- 라멘 계산서(오창방향) ····· 529

9. 호죽2교

- 상부 구조(옥산방향) ····· 753
- 상부 구조(오창방향) ····· 877
- 시점 교대(옥산방향) ····· 999
- 종점 교대(옥산방향) ····· 1105
- 시점 교대(오창방향) ····· 1211
- 종점 교대(오창방향) ····· 1315

10. 성산교

- 상부 구조 ····· 1431
- 시점 교대 ····· 1563
- 종점 교대 ····· 1627

– 제 VII 권 –

11. 양청교

- 상부 구조 ····· 3
- 시점 교대 ····· 319
- 종점 교대 ····· 381

12. 양지교

- 라멘 계산서(옥산방향) ····· 491
- 라멘 계산서(오창방향) ····· 673

13. 산수교

- 상부 구조(옥산방향) ····· 857
- 상부 구조(오창방향) ····· 1155

– 제 VIII 권 –

13. 산수교

- 시점 교대(옥산방향) ····· 3
- 종점 교대(옥산방향) ····· 99
- 시점 교대(오창방향) ····· 163
- 종점 교대(오창방향) ····· 259
- 교각 P1(옥산방향) ····· 325
- 교각 P2(옥산방향) ····· 441
- 교각 P3(옥산방향) ····· 555
- 교각 P1(오창방향) ····· 669
- 교각 P2(오창방향) ····· 787
- 교각 P3(오창방향) ····· 901
- 내진 해석 ····· 1019

14. 복현1교

- 상부 구조 ····· 1069
- 시점 교대 ····· 1295
- 종점 교대 ····· 1417
- 교각 P1 ····· 1543
- 교각 P2 ····· 1717
- 내진해석 ····· 1877

– 제 IX 권 –

15. 복현2교

- 상부 구조 ····· 3
- 시점 교대 ····· 115
- 종점 교대 ····· 243

16. 복현3교

- 상부 구조 ····· 367
- 시점 교대 ····· 615
- 종점 교대 ····· 735
- 교각 P1 ····· 861
- 내진해석 ····· 1217

17. 서오창 IC Ramp-A1교

- 상부 구조 ····· 1243
- 시점 교대 ····· 1355
- 종점 교대 ····· 1435

18. 서오창 IC Ramp-A2교

- 상부 구조 ····· 1543
- 시점 교대 ····· 1649
- 종점 교대 ····· 1753

- 제 X 권 -

19. 오창JCT Ramp-A교

- 상부 구조 ····· 3
- 시점 교대 ····· 119
- 종점 교대 ····· 201
- 교각 P1 ····· 285
- 내진 해석 ····· 501

20. 오창JCT Ramp-C교

- 상부 구조 ····· 525
- 시점 교대 ····· 1531
- 종점 교대 ····· 1639

- 제 XI 권 -

20. 오창JCT Ramp-C교

- 교각 P1 ····· 3
- 교각 P2 ····· 151
- 교각 P3 ····· 251
- 내진 해석 ····· 345

21. 오창JCT Ramp-D교

- 상부 구조 ····· 369

- 제 XII 권 -

21. 오창JCT Ramp-D교

- 시점 교대 ····· 3
- 종점 교대 ····· 109
- 교각 P1 ····· 189
- 교각 P2 ····· 345
- 교각 P3 ····· 439
- 교각 P4 ····· 539
- 교각 P5 ····· 637

- 교각 P6 ····· 797
- 교각 P7 ····· 961
- 교각 P8 ····· 1123
- 교각 P9 ····· 1281
- 내진 해석 ····· 1435

- 제 XIII 권 -

22. 부대공

- 가시설 계산서 ····· 3
- 배수 계산서 ····· 1475
- 보강토 옹벽 계산서 ····· 1573
- L형 옹벽 계산서 ····· 1873
- 수리 계산서 ····· 1939
- 방음벽 계산서 ····· 1983

1. 옥산 JCT Ramp-A교

상부 구조

목 차

1. 설계기준

2. 단면가정

3. 바닥판 설계

3.1 좌측 캔틸레버부

3.2 우측 캔틸레버부

3.3 가로등 설치구간

3.4 중앙부바닥판(경험적설계)

3.5 내부지점부 주장율검토

3.6 진입부 바닥판

3.7 하부콘크리트 철근량 산정

4. 주거더의 설계

4.1 강재플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

4.2 단면정수 산정

4.3 작용하중의 산정

4.4 모델링 및 하중조합

1) 모 델 링

2) 단면제정수

3) 하중조합

4.5 주거더의 부재력 집계

4.6 반력 집계

4.7 뒴비틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토

4.8 2차 부정정력에 대한 영향검토

5. 주거더 응력검토

5.1 정모멘트구간 응력검토

5.2 교번구간 응력검토

5.3 이중합성구간 응력검토

5.4 응력검토 요약

6. 이음부 설계

6.1 정모멘트구간 현장이음 설계

6.2 부모멘트구간 현장이음 설계

6.3 용접부 검토

7. 보강재 설계

7.1 플랜지 보강재 설계

7.2 복부판 보강재 설계

7.3 지점보강재 설계

7.4 잭업보강재 설계

8. 가로보 및 세로보 설계

8.1 세로보 설계

8.2 세로보 연결

8.3 가로보 설계

8.4 가로보 연결

9. 다이아프램 설계

9.1 중간다이아프램(K-다이아프램)

9.2 교대부 다이아프램

9.3 교각부 다이아프램

9.4 다이아프램 응력검토

9.5 수평브레이싱 설계

10. 전단연결재 설계

10.1 상부바닥판 전단연결재

10.2 하부슬래브 전단연결재

11. 사용성 검토

11.1 피로 검토

11.2 처짐 검토

12. 솟음(CAMBER)

13. 신축이음 검토

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

① 교 량 명 : 옥산JCT RAMP-A교

② 교 량 등 급 : 1등급

③ 교 량 형 식 : 이중합성 강박스 거더교 (DCB Girder Bridge)

④ 지 간 : 82 + 93 + 82= 257

⑤ 교 폭 : 12.600 m

⑥ 거 더 제 원 : B = 2.400 m , H = 2.500 ~ 3.700 m

⑦ 사 각 (SKEW) : 0.0 °

⑧ 곡 선 반 경 : R = 300 m

⑨ 설 계 속 도 : 60 km/h

2) 하 중 조 건

① 고 정 하 중 (☞ 도.설.기 2.1.2)

- 철근 콘크리트 : 25.000 kN/㎥
- 무근 콘크리트 : 23.500 kN/㎥
- 강 재 : 78.500 kN/㎥
- 교면 포장 : 23.500 kN/㎥

② 활 하 중 (☞ 도.설.기 2.1.3)

- 활하중은 교축방향으로 차도부분에 차선당 1대의 DB하중이나 차선분의 DL하중중 설계부재에 가장 불리한 경우를 재하한다.
- 차 륜 하 중 : DB - 24 Pr = 96.000 kN
  Pf = 24.000 kN
- 차 선 하 중 : DL - 24 Wl = 12.700 kN/m
  Pm = 108.000 kN
  Ps = 156.000 kN

3차선이상의 활하중이 동시에 재하하는 경우에는 다음의 백분율로 감소시킨다.

(3차선 일때의 90%, 4차선이상인 경우에는 75%)

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

③ 콘크리트의 크리프와 건조수축의 영향

- 철근 콘크리트의 바닥판의 크리프와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

④ 지점침하에 의한 영향

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

⑤ 온도변화에 대한 영향

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

⑥ 풍하중(kN/m) (☞ 도.설.기 표 2.1.9)

- 단면형상이 1 ≤ B/D < 8 일때 : [4.0-0.2(B/D)]×D ≥ 6
- 단면형상이 8 ≤ B/D 일때 : 2.4D ≥ 6 (☞ 도.설.기 표 2.1.11)

부재의 단면형상		풍하중(kN/m^2)
트러스	활하중 재하시	1.25/√ ϕ
	활하중 비재하시	2.50/√ ϕ
교량의 바닥판	활하중 재하시	1.500
	활하중 비재하시	3.000

⑦ 충돌하중 (☞ 도.설.해 P112)

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

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

- 다음에 제시된 충돌력은 벽식 강성 방호 울타리인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.
  - 수평 충돌력 H는 노면상 1.0 m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용하면 다음식으로 구한다

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

  - 방호벽 상단에 횡방향으로 10 kN/m의 수평하중을 재하한다. (다만, 곡률반지름 R≤200m인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수평충돌력은 계산된 값의 2배로 한다)

⑧ 원심하중 (☞ 도.설.기 2.1.17)

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

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

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분률
V : 설계속도 (km/h)
R : 곡선반경(m)

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

3) 사 용 재 료

① 상부 바닥판 콘크리트 (상부슬래브)

- 강 도 : fck = 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 27,804 MPa
- 탄성계수비 : n = 7

② 하부 바닥판 콘크리트 (지점부 하부슬래브)

- 강 도 : fck = 40 MPa
- 탄성계수 : Ec = 30,891 MPa
- 탄성계수비 : n = 7

③ 철 근 (SD400)

- 항복강도 : fy = 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200,000 MPa

④ 강 재

- 주부재 : HSB500 사용 (상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
- 부부재 : SM400 사용 (지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보,)
- 탄성계수 : Est = 205,000 MPa
- 전단탄성계수 : G = 79,000 MPa

⑤ 강재의 허용응력

- 허용 인장 응력 (MPa) (☞ 도.설.기 표 3.3.1)

<table>
<tr><th colspan="2">강 종
응력 종류, 판두께(mm)</th><th>SS 400
SM 400
SMA400</th><th>SM 490</th><th>SM490Y
SM 520
SMA490</th><th>SM 570
SMA570</th><th>HSB500</th><th>HSB600</th><th>HSB800</th></tr>
<tr><td rowspan="3">축방향 인장응력
및
휨 인장응력</td><td>40 이하</td><td>140</td><td>190</td><td>215</td><td>270</td><td rowspan="3">230</td><td rowspan="3">270</td><td rowspan="3">380</td></tr>
<tr><td>40 초과 75 이하</td><td rowspan="2">130</td><td rowspan="2">175
(190)</td><td>200
(215)</td><td>260
(270)</td></tr>
<tr><td>75 초과 100이하</td><td>195
(215)</td><td>250
(270)</td></tr>
</table>

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 허용 압축/전단/지압 응력 (MPa)　　(☞ 도.설.기 표 3.3.4(a), 표 3.3.5)

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

* TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

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

- 항복 응력 (MPa)　　(☞ 도.설.기 표 3.2.3)

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

* TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

- 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa) (☞ 도.설.기 표 3.3.2)

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

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

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

- a) 이외의 허용 휨압축응력 (MPa)　　(☞ 도.설.기 표 3.3.4(a))

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

* TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

- a) 이외의 허용 휨압축응력 (MPa) (계속) (☞ 도.설.기 표 3.3.4(a))

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

- 강재 주거더의 허용응력 증가율 (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

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

- 마찰이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다) (☞ 도.설.기 표 3.3.3)

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

4) 설 계 방 법

① 바닥판 : 극한강도 설계법 + 경험적설계법

② 강합성거더 : 허용응력 설계법

5) 참 고 문 헌

① 도로교설계기준---------- 국토해양부 (2010) [☞ 도.설]

② 도로교설계기준 해설---------- 대한토목학회 (2008) [☞ 도.설.해]

③ 도로설계요령---------- 한국도로공사 (2009) [☞ 도.설.요]

④ 도로설계편람---------- 국토해양부 (2008) [☞ 도.설.편]

⑤ 콘크리트구조기준---------- 국토해양부 (2012) [☞ 콘.기]

⑥ 강도로교상세부설계지침---------- 국토해양부 (2006)

⑦ 강구조편람---------- 한국강구조학회 (1995)

⑧ 개구제형 강거더 설계지침---------- 한국도로공사 (2002)

⑨ 강교설계의 기초---------- 도서출판 건설도서 (2005)

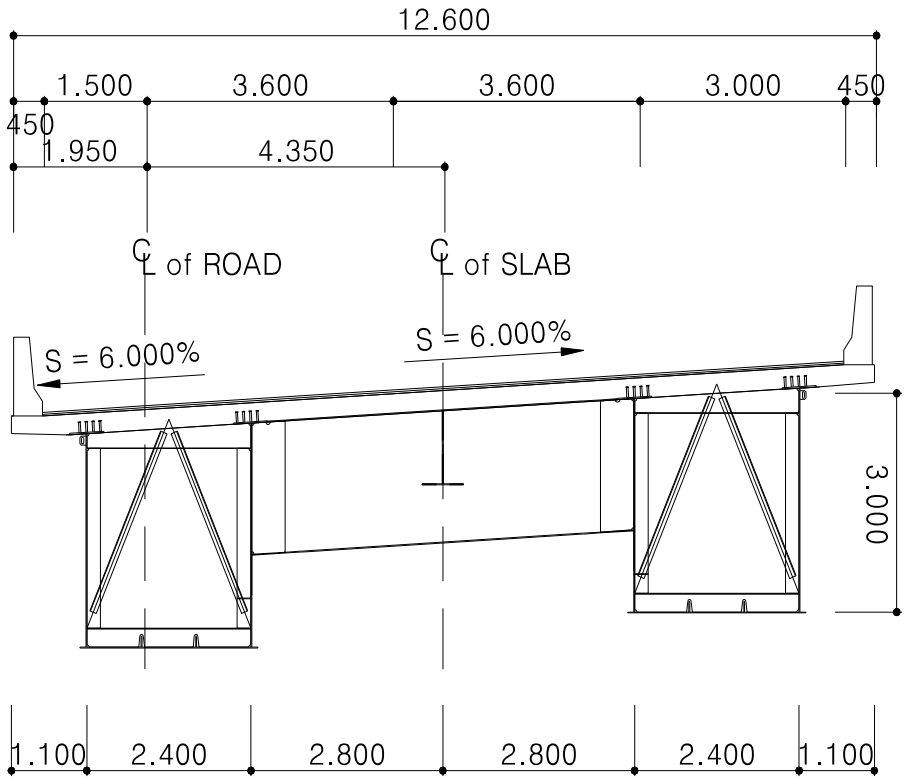
⑩ STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES---------- AASHTO (1996)

⑪ DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES---------- HEINS,C.P. (1979)

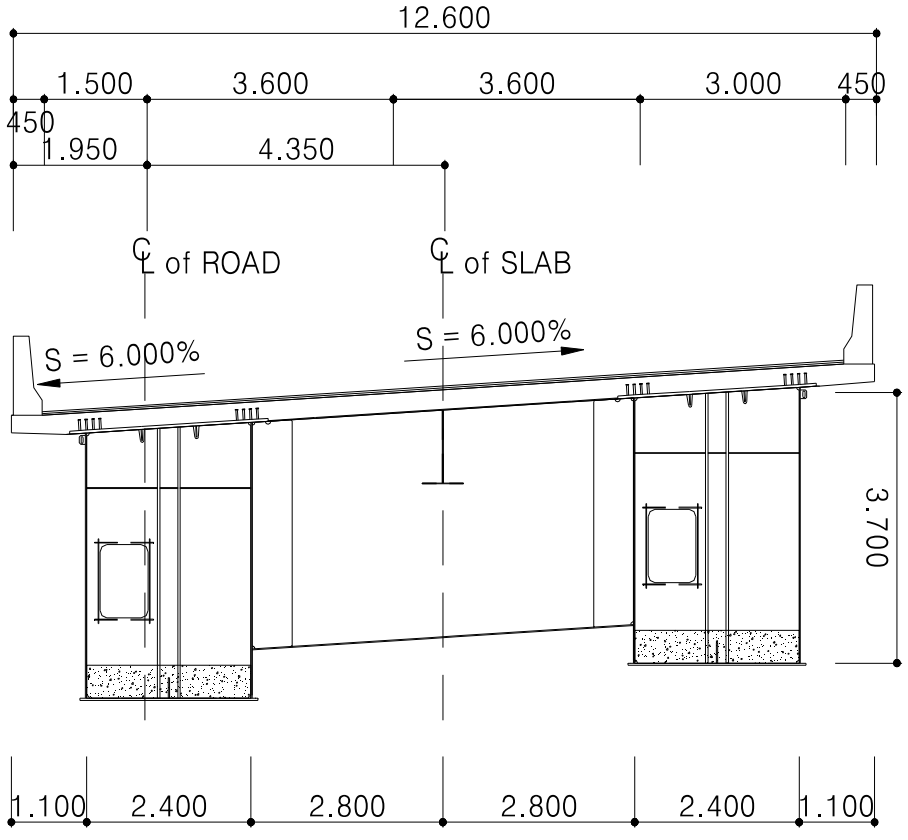
⑫ ENGINEERING FOR STEEL CONSTRUCTION---------- AISC (1984)

2. 단면가정

중앙부

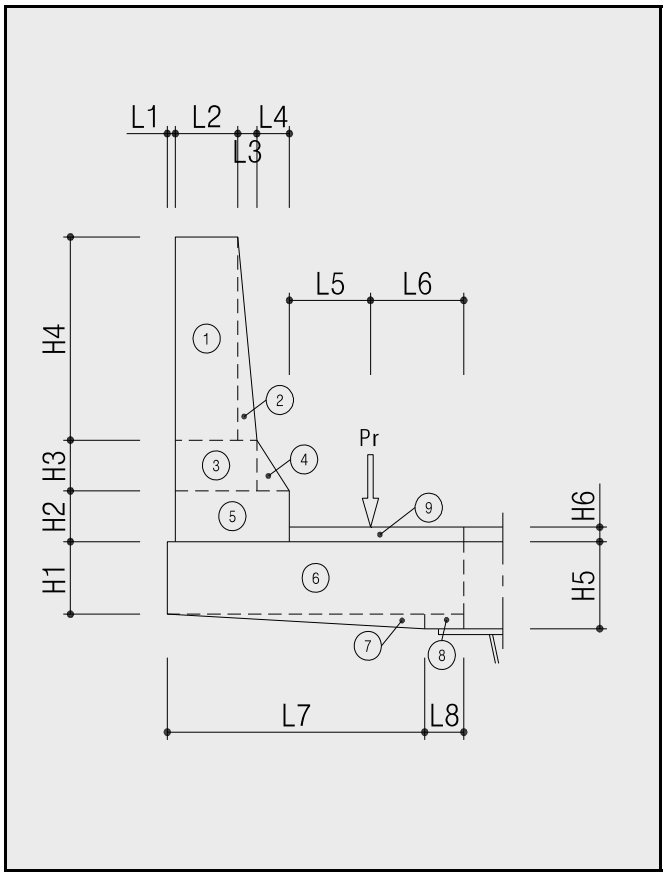


지점부



3. 바닥판 설계

3.1 좌측 캔틸레버부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.280 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.225 m
H7	0.000 m	L7	0.800 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량	23.500 kN/m³
포장 단위중량	23.500 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
탱크 총 중량	
탱크궤도 길이	
탱크하중 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.000	5.578	0.830	4.629
2	½ × 0.070 × 0.970 × 25.000	0.849	0.692	0.587
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.795	1.043
4	½ × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.605	0.159
5	0.420 × 0.175 × 25.000	1.838	0.735	1.351
6	0.975 × 0.240 × 25.000	5.850	0.488	2.852
7	½ × 0.800 × 0.040 × 25.000	0.400	0.442	0.177
8	0.175 × 0.040 × 25.000	0.175	0.088	0.015
9	0.525 × 0.050 × 23.500	0.617	0.263	0.162
TOTAL		16.881		**10.975**

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8 · X + 1.14 = 0.8 × 0.225 + 1.14 = 1.320 m 여기서, X = 0.225 m

▪ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.225) = 0.373 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (96.00 / 1.320)×0.225×(1 + 0.30) = **21.273** kN·m/m

(3) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2\times 7.5+2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

H = (60.000 / 60)² × 7.5 + 2.5 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.190 m

Mco = 10.000 × 1.190 = 11.900 kN·m/m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.460 m

Mco = 10.000 × 1.460 = 14.600 kN·m/m

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

Mco = 14.600 = **14.600** kN·m/m

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m^2) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.270 = 3.810 kN/m

Mw = 3.810 × (1.270 / 2 + 0.05 + 0.28 / 2) = **3.143** kN·m/m

(5) 원 심 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79\ V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

CF = 0.79 × 60.000² / 300.000 = 9.480 (%)

Pcf = 96.000 / 1.320 × 9.480 / 100 = 6.895 kN/m 작용높이 h = 1.990 m

Mcf = 6.895 × 1.990 = **13.720** kN·m/m

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	10.975	21.273	0.000	14.600	0.000	3.143	13.720

(7) 하 중 조 합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	14.267	45.736			17.836	77.840
CASE 2	"	14.267	27.655	18.980		17.836	78.738
CASE 3	"	14.267	27.655		2.043	17.836	61.801
CASE 4	"	13.170		17.520	3.772		34.462
CASE 5	"	14.267			4.086		18.354
최대 계수 모멘트							**78.738**
CASE 6	"	10.975	21.273		0.943	0.000	33.191
CASE 7	"	10.975	21.273	0.000		0.000	32.248
최대 사용 모멘트							**33.191**

(9) 캔틸레버판 단부 설계

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

② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량과 동일하게 배근한다.

③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.23 ≤ 0.25인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)

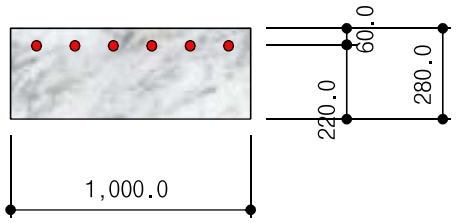
$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.225 + 180) = 243.0$ mm > 220.0 mm $\therefore h_{req} = 243.0$ mm

$h_{use} = 280.0$ mm $> h_{req} = 243.0$ mm ····· **O.K !!**

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	= 27.0	MPa	f_y	= 400.0	MPa
M_u	= 78.7	kN·m	M	= 33.2	kN·m
b	= 1,000.0	mm	h	= 280.0	mm
β	= 0.85		d'	= 60.0	mm
$Ø_f$	= 0.85		d	= 220.0	mm



▪ 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

$T = A_s \times f_y$ = 1,626.5 × 400.0 = 650,600.0

$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b$ = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 28.349mm

c = 28.349 / β = 28.349 / 0.85 = 33.351 mm

$\varepsilon_y = f_y / E_s$ = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

$\varepsilon_t = 0.003 \times (dt - c) / c$ = 0.003 × (220.0 − 33.351) / 33.351 = 0.0168

ε_t = 0.0168 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 0.017429 A_s ---------- ①

$M_u = Φ_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 74,800.0 A_s − 170.0 $A_s \cdot a$ ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

78,738,200.0 = −2.962963 A_s^2 + 74,800.0 A_s

∴ $A_{s\,req}$ = **1,100.635** mm^2

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\,use}$ = H 16 @ 200.0 = 993.0 mm^2

H 13 @ 200.0 = 633.5 mm^2

Σ = **1,626.5** mm^2 **[사용률 = 1.478]** ····· **0.K !!**

▪ 철근량 검토

$A_{s\,min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 770.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y × b × d = 714.5 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 560.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\,min}$ = **770.0** mm^2

$A_{s\,max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **4,596.4** mm^2 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\,max}$ ≥ $A_{s\,use}$ ≥ $A_{s\,min}$ ····· **0.K !!**

▪ 휨에 대한 검토

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 28.349 mm

$ΦM_n$ = 0.85×1,626.5×400.0×(220.0−a/2) = **113.824** kN·m

∴ $ΦM_n$ ≥ M_u **[사용률 = 1.446]** ····· **0.K !!**

▪ 배력 철근량 산정 (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

수축·온도철근량 = 0.002 · b · h = 560.000 mm^2

∴ $A_{s\ req}$ = 560.000 mm^2

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ =	H	16	@	500.0	=	397.2	mm^2		
	H	16	@	500.0	=	397.2	mm^2		
					Σ =	**794.4**	mm^2	**[사용률 = 1.419]**	····· **0.K !!**

② 캔틸레버부 단부 설계

철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다.

▪ 주 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **2,201.271** mm^2

∴ $A_{s\ use}$ =	H	16	@	200.0	=	993.0	mm^2		
	H	19	@	200.0	=	1,432.5	mm^2		
					Σ =	**2,425.5**	mm^2	**[사용률 = 1.102]**	····· **0.K !!**

▪ 배 력 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **1,120.000** mm^2

∴ $A_{s\ use}$ =	H	16	@	250.0	=	794.4	mm^2		
	H	16	@	250.0	=	794.4	mm^2		
					Σ =	**1,588.8**	mm^2	**[사용률 = 1.419]**	····· **0.K !!**

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	= Es / Ec	=	7.0		
$A_{s\ use}$	= H 16 @ 200.0	=	993.0 mm^2	(개수 = 10.0 ea)	
	H 13 @ 200.0	=	633.5 mm^2		
		Σ =	**1,626.5** mm^2		
철근비 ρ	= A_s / bd				
	= 1,626.5 / (1,000.0 × 220.0)	=	0.00739		
중립축 k	= $-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$				
	= $-0.0518 + \sqrt{(2\times0.0518 + 0.0518^2)}$	=	0.27410		
중립축 거리 x	= k × d = 0.27410 × 220.0	=	60.303		
j	= 1 - k / 3 = 1 - 0.274 / 3	=	0.909		
철근 응력 f_s	= M / (A_s × j × d)				
	= 33.19 / (1,626.5 × 0.909 × 220.0)	=	102.083 MPa		

▪ 균 열 검 토 (☞ 콘.설.해 4.2)

최소 두께 c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 mm

인장연단 폭 s_1 = 375 × (210 / f_s) - 2.5·c_c (☞ 콘.설.해 6.3.3)

= 375×(210 / 102.083) - 2.5×52.050 = 641.310 mm

인장연단 폭 s_2 = 300 × (210 / f_s)

= 300×(210 / 102.083) = 617.148 mm

Min = 617.148 mm

∴ **s** = 1,000.0 / 10.0ea = **100.0 mm** ≤ s_a = **617.1 mm** ····· **0.K !!**

▪ 처 짐 검 토

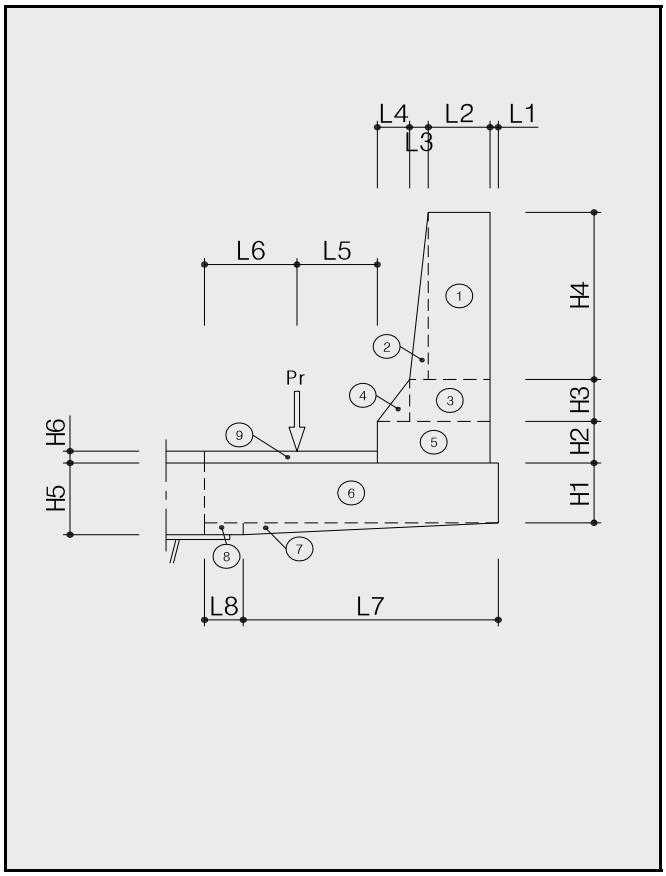
처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

t(min) = L / 10 = 975.0 / 10 = 97.5 mm

∴ t(min) = 97.5 mm ≤ h = 280.0 mm ····· O.K !!

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

3.2 우측 캔틸레버부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.280 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.225 m
H7	0.000 m	L7	0.800 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량	23.500 kN/m³
포장 단위중량	23.500 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
탱크 총 중량	
탱크궤도 길이	
탱크하중 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.000	5.578	0.830	4.629
2	½ × 0.070 × 0.970 × 25.000	0.849	0.692	0.587
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.795	1.043
4	½ × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.605	0.159
5	0.420 × 0.175 × 25.000	1.838	0.735	1.351
6	0.975 × 0.240 × 25.000	5.850	0.488	2.852
7	½ × 0.800 × 0.040 × 25.000	0.400	0.442	0.177
8	0.175 × 0.040 × 25.000	0.175	0.088	0.015
9	0.525 × 0.050 × 23.500	0.617	0.263	0.162
TOTAL		16.881		**10.975**

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8 · X + 1.14 = 0.8 × 0.225 + 1.14 = 1.320 m 여기서, X = 0.225 m

▪ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.225) = 0.373 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (96.00 / 1.320)×0.225×(1 + 0.30) = **21.273** kN·m/m

(3) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2\times 7.5+2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

H = (60.000 / 60)² × 7.5 + 2.5 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.190 m

Mco = 10.000 × 1.190 = 11.900 kN·m/m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.460 m

Mco = 10.000 × 1.460 = 14.600 kN·m/m

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

Mco = 14.600 = **14.600** kN·m/m

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m^2) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.270 = 3.810 kN/m

Mw = 3.810 × (1.270 / 2 + 0.05 + 0.28 / 2) = **3.143** kN·m/m

(5) 원 심 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79\ V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

CF = 0.79 × 60.000² / 300.000 = 9.480 (%)

Pcf = 96.000 / 1.320 × 9.480 / 100 = 6.895 kN/m 작용높이 h = 1.990 m

Mcf = 6.895 × 1.990 = **13.720** kN·m/m

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	10.975	21.273	0.000	14.600	0.000	3.143	13.720

(7) 하 중 조 합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	14.267	45.736			17.836	77.840
CASE 2	"	14.267	27.655	18.980		17.836	78.738
CASE 3	"	14.267	27.655		2.043	17.836	61.801
CASE 4	"	13.170		17.520	3.772		34.462
CASE 5	"	14.267			4.086		18.354
최대 계수 모멘트							**78.738**
CASE 6	"	10.975	21.273		0.943	0.000	33.191
CASE 7	"	10.975	21.273	0.000		0.000	32.248
최대 사용 모멘트							**33.191**

(9) 캔틸레버판 단부 설계 (☞ 도.설.해 4.7.6.4)

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

② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량과 동일하게 배근한다.

③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.23 ≤ 0.25인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)

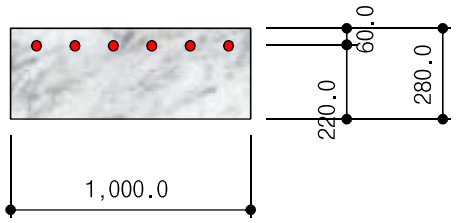
$h_{m\,in}$ = (280 · L + 180) = (280 × 0.225 + 180) = 243.0 mm > 220.0 mm ∴ h_{req} = 243.0 mm

h_{use} = 280.0 mm > h_{req} = 243.0 mm ····· **O.K !!**

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	= 27.0	MPa	f_y	= 400.0	MPa
M_u	= 78.7	kN·m	M	= 33.2	kN·m
b	= 1,000.0	mm	h	= 280.0	mm
β	= 0.85		d'	= 60.0	mm
$Ø_f$	= 0.85		d	= 220.0	mm



▪ 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

$T = A_s \times f_y$ = 1,626.5 × 400.0 = 650,600.0

$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b$ = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 28.349mm

c = 28.349 / β = 28.349 / 0.85 = 33.351 mm

$\varepsilon_y = f_y / E_s$ = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

$\varepsilon_t = 0.003 \times (dt - c) / c$ = 0.003 × (220.0 − 33.351) / 33.351 = 0.0168

ε_t = 0.0168 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 0.017429 A_s ---------- ①

$M_u = Φ_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 74,800.0 A_s − 170.0 $A_s \cdot a$ ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

78,738,200.0 = −2.962963 A_s^2 + 74,800.0 A_s

∴ $A_{s\,req}$ = **1,100.635** mm^2

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\,use}$ = H 16 @ 200.0 = 993.0 mm^2

H 13 @ 200.0 = 633.5 mm^2

Σ = **1,626.5** mm^2 **[사용률 = 1.478]** ····· **0.K !!**

▪ 철근량 검토

$A_{s\,min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 770.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y × b × d = 714.5 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 560.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\,min}$ = **770.0** mm^2

$A_{s\,max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **4,596.4** mm^2 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\,max}$ ≥ $A_{s\,use}$ ≥ $A_{s\,min}$ ····· **0.K !!**

▪ 휨에 대한 검토

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 28.349 mm

$ΦM_n$ = 0.85×1,626.5×400.0×(220.0−a/2) = **113.824** kN·m

∴ $ΦM_n$ ≥ M_u **[사용률 = 1.446]** ····· **0.K !!**

▪ 배력 철근량 산정 (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

수축·온도철근량 = 0.002 · b · h = 560.000 mm^2

∴ $A_{s\ req}$ = 560.000 mm^2

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ =	H	16	@	500.0	=	397.2	mm^2		
	H	16	@	500.0	=	397.2	mm^2		
					Σ =	**794.4**	mm^2	**[사용률 = 1.419]**	····· **O.K !!**

② 캔틸레버부 단부 설계 (☞ 도.설.해 4.7.6.4)

철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다.

▪ 주 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **2,201.271** mm^2

∴ $A_{s\ use}$ =	H	16	@	200.0	=	993.0	mm^2		
	H	19	@	200.0	=	1,432.5	mm^2		
					Σ =	**2,425.5**	mm^2	**[사용률 = 1.102]**	····· **O.K !!**

▪ 배 력 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **1,120.000** mm^2

∴ $A_{s\ use}$ =	H	16	@	250.0	=	794.4	mm^2		
∴ $A_{s\ use}$ =	H	16	@	250.0	=	794.4	mm^2		
					Σ =	**1,588.8**	mm^2	**[사용률 = 1.419]**	····· **O.K !!**

③ 사용성 검토

탄성계수비 n =	Es / Ec			=	7.0		
$A_{s\ use}$ =	H 16 @ 200.0			=	993.0	mm^2	(개수 = 10.0 ea)
	H 13 @ 200.0			=	633.5	mm^2	
				Σ =	**1,626.5**	mm^2	
철근비 ρ =	A_s / bd						
	= 1,626.5 / (1,000.0 × 220.0)			=	0.00739		
중립축 k =	$-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$						
	= $-0.0518 + \sqrt{(2\times0.0518 + 0.0518^2)}$			=	0.27410		
중립축 거리 x =	k × d = 0.27410 × 220.0			=	60.303		
j =	1 − k / 3 = 1 − 0.274 / 3			=	0.909		
철근 응력 f_s =	M / (A_s × j × d)						
	= 33.19 / (1,626.5 × 0.909 × 220.0)			=	102.083	MPa	

▪ 균 열 검 토 (☞ 콘.설.해 4.2)

최소 두께 c_c = 60.0 − 15.9 / 2 = 52.050 mm

인장연단 폭 s_1 = 375 × (210 / f_s) − 2.5·c_c (☞ 콘.설.해 6.3.3)

= 375×(210 / 102.083) − 2.5×52.050 = 641.310 mm

인장연단 폭 s_2 = 300 × (210 / f_s)

= 300×(210 / 102.083) = 617.148 mm

Min = 617.148 mm

∴ **s** = 1,000.0 / 10.0ea = **100.0 mm** ≤ s_a = **617.1 mm** ····· **O.K !!**

▪ 처 짐 검 토

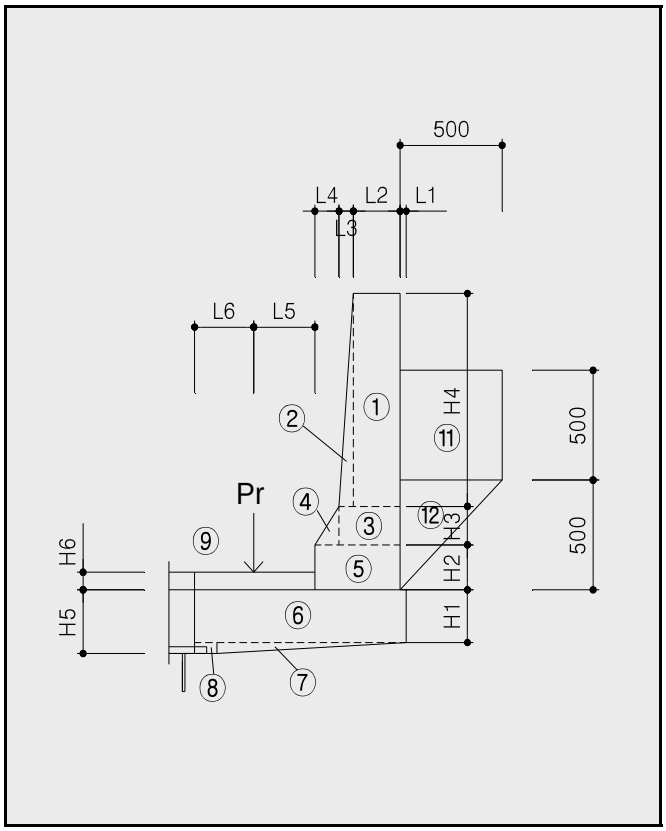
처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

t(min) = L / 10 = 975.0 / 10 = 97.5 mm

∴ t(min) = 97.5 mm ≤ h = 280.0 mm ····· O.K !!

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

3.3 캔틸레버부 가로등 기초부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.280 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.225 m
H7	0.000 m	L7	0.800 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
포장 단위중량	23.500 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
탱크 총 중량	
탱크궤도 길이	
탱크하중 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.000	5.578	0.830	4.629
2	½ × 0.070 × 0.970 × 25.000	0.849	0.692	0.587
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.795	1.043
4	½ × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.605	0.159
5	0.420 × 0.175 × 25.000	1.838	0.735	1.351
6	0.975 × 0.240 × 25.000	5.850	0.488	2.852
7	½ × 0.800 × 0.040 × 25.000	0.400	0.442	0.177
8	0.175 × 0.040 × 25.000	0.175	0.088	0.015
9	0.525 × 0.050 × 23.500	0.617	0.263	0.162
10	난 간 하 중	0.000	0.000	0.000
11	0.500 × 0.500 × 25.000	6.250	1.225	7.656
12	½ × 0.500 × 0.500 × 25.000	3.125	1.142	3.568
13	가 로 등 하 중	4.000	1.225	4.900
TOTAL		30.256		**27.099**

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8·X + 1.14 = 0.8 × 0.225 + 1.14 = 1.320 m 여기서, X = 0.225 m

▪ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.225) = 0.373 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (96.00 / 1.320)×0.225×(1 + 0.30) = **21.273** kN·m/m

(3) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2\times 7.5+2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

H = (60.000 / 60)² × 7.5 + 2.5 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.190 m

Mco = 10.000 × 1.190 = 11.900 kN·m/m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.460 m

Mco = 10.000 × 1.460 = 14.600 kN·m/m

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

Mco = 14.600 = **14.600** kN·m/m

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m^2) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.270 = 3.810 kN/m

Mw = 3.810 × (1.270 / 2 + 0.05 + 0.28 / 2) = **3.143** kN·m/m

(5) 원 심 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79\ V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

CF = 0.79 × 60.000² / 300.000 = 9.480 (%)

Pcf = 96.000 / 1.320 × 9.480 / 100 = 6.895 kN/m 작용높이 h = 1.990 m

Mcf = 6.895 × 1.990 = **13.720** kN·m/m

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	27.099	21.273	0.000	14.600	0.000	3.143	13.720

(7) 하 중 조 합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	1.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	1.00		1.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	35.229	45.736			17.836	98.801
CASE 2	"	35.229	27.655	18.980		17.836	99.699
CASE 3	"	35.229	27.655		2.043	17.836	82.762
CASE 4	"	32.519		17.520	3.772		53.811
CASE 5	"	35.229			4.086		39.315
최대 계수 모멘트							**99.699**
CASE 6	"	27.099	21.273		0.943	13.720	63.035
CASE 7	"	27.099	21.273	14.600		13.720	76.692
최대 사용 모멘트							**76.692**

(9) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.23 ≤ 0.25인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)

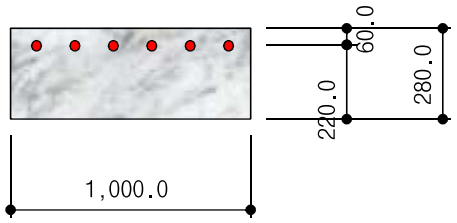
$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.225 + 180) = 243.0$ mm > 220.0 mm $\therefore h_{req} = 243.0$ mm

$h_{use} = 280.0$ mm > $h_{req} = 243.0$ mm ····· **0.K !!**

(10) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	= 27.0	MPa	f_y	= 400.0	MPa
M_u	= 99.7	kN·m	M	= 76.7	kN·m
b	= 1,000.0	mm	h	= 280.0	mm
β	= 0.85		d'	= 60.0	mm
$Ø_f$	= 0.85		d	= 220.0	mm



▪ 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

$T = A_s \times f_y$ = 1,626.5 × 400.0 = 650,600.0

$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b$ = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 28.349mm

c = 28.349 / β = 28.349 / 0.85 = 33.351 mm

$\varepsilon_y = f_y / E_s$ = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

$\varepsilon_t = 0.003 \times (dt - c) / c$ = 0.003 × (220.0 − 33.351) / 33.351 = 0.0168

ε_t = 0.0168 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 0.017429 A_s ---------- ①

$M_u = \Phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 74,800.0 A_s − 170.0 $A_s \cdot a$ ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

99,699,345.8 = −2.962963 A_s^2 + 74,800.0 A_s

∴ $A_{s\,req}$ = **1,411.836** mm^2

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\,use}$ = H 16 @ 200.0 = 993.0 mm^2

H 13 @ 200.0 = 633.5 mm^2

Σ = **1,626.5** mm^2 **[사용률 = 1.152]** ····· **0.K !!**

▪ 철근량 검토

$A_{s\,min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 770.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y × b × d = 714.5 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 560.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\,min}$ = **770.0** mm^2

$A_{s\,max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **4,596.4** mm^2 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\,max}$ ≥ $A_{s\,use}$ ≥ $A_{s\,min}$ ····· **0.K !!**

▪ 휨에 대한 검토

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 28.349 mm

ΦM_n = 0.85×1,626.5×400.0×(220.0−a/2) = **113.824** kN·m

∴ ΦM_n ≥ M_u **[사용률 = 1.142]** ····· **0.K !!**

▪ 배력 철근량 산정 (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

수축·온도철근량 = 0.002 · b · h = 560.000 mm^2

∴ $A_{s\ req}$ = 560.000 mm^2

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 250.0 = 794.4 mm^2

Σ = **794.4** mm^2 **[사용률 = 1.419]** ····· **0.K !!**

② 사용성 검토

탄성계수비 n	= Es / Ec	=	7.1		
$A_{s\ use}$	= H 16 @ 200.0	=	993.0 mm^2	(개수 = 10.0 ea)	
	H 13 @ 200.0	=	633.5 mm^2		
	Σ	=	**1,626.5** mm^2		
철근비 ρ	= A_s / bd				
	= 1,626.5 / (1,000.0 × 220.0)	=	0.00739		
중립축 k	= $-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$				
	= $-0.0525 + \sqrt{(2\times0.0525 + 0.0525^2)}$	=	0.27574		
중립축 거리 x	= k × d = 0.27574 × 220.0	=	60.664		
j	= 1 - k / 3 = 1 - 0.276 / 3	=	0.908		
철근 응력 f_s	= M / (A_s × j × d)				
	= 76.69 / (1,626.5 × 0.908 × 220.0)	=	236.018 MPa		

▪ 균 열 검 토 (☞ 콘.설.해 4.2)

최소 두께 c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 mm

인장연단 폭 s_1 = 375 × (210 / f_s) - 2.5·c_c (☞ 콘.설.해 6.3.3)

= 375×(210 / 236.018) - 2.5×52.050 = 203.536 mm

인장연단 폭 s_2 = 300 × (210 / f_s)

= 300×(210 / 236.018) = 266.929 mm

Min = 203.536 mm

∴ **s** = 1,000.0 / 10.0ea = **100.0 mm** ≤ **s_a** = **203.5 mm** ····· **0.K !!**

▪ 처 짐 검 토

처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

t(min) = L / 10 = 1140.0 / 10 = = 114 mm

∴ t(min) = 114 mm ≤ h = 280.0 mm ····· **0.K !!**

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

3.4 중앙부 바닥판

1) 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브계산

(1) 설 계 조 건 (☞ 도.설.해 4.7.7.3)

바닥판 제원		
바닥판 두께		240.0 mm
유효지간		2,310.0 mm
철근 덮개	상면	60.0 mm
	하면	40.0 mm

① 지지부재 : 강재 주거더

② 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생도어야 함

③ 거더 플랜지부의 헌치와 같이 국부적으로 두껍게 한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정해야 함

④ 바닥판의 두게에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하인 경우

6 ≤ 2,310.0 mm / 240.0 mm = 9.63 ≤ 15 ····· O.K !!

⑤ 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm 이상인 경우

8.0 mm + 140.0 mm + 6.5 mm = 154.45 ≥ 150 ····· O.K !!

⑥ 유효 지간이 표준차선폭 3.6m 이하인 경우

2.310 m ≤ 3.600 m ····· O.K !!

⑦ 바닥판의 흠집, 마모면, 그리고 보호피복두께층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm 이상인 경우

240.0 mm ≥ 240.0 mm ····· O.K !!

⑧ 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께의 5배 이상이거나 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께에 3배 이상이고 연속인 콘크리트 방호책과 구조적으로 합성이 된 경우

※ 캔틸레버 길이 5배 규정은 도.설.해 4.7.4.1 바닥판 최소두께 기준을 만족시키지 못하므로 무시

좌측 캔틸레버 (방호책있음) : 1.180m ≥ 0.240m × 3 = 0.720m ····· O.K !!

우측 캔틸레버 (방호책있음) : 1.120m ≥ 0.240m × 3 = 0.720m ····· O.K !!

⑨ 콘크리트의 28일 압축강도가 27MPa 이상인 경우

27.0 MPa ≥ 27.0 MPa ····· O.K !!

⑩ 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성거동을 하여야함

(2) 철근 배근량 (☞ 도.설.해 4.7.7.4)

위 치			산 정 식				검 토
주 철 근	하 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.4% =	960.0	mm^2	····· O.K !!
		현장배근철근	H 13 @ 400.0 =	316.8	mm^2	
		패널내부철근	H 13 @ 180.0 =	703.9	mm^2	
	상 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.3% =	720.0	mm^2	····· O.K !!
		1 Cycle	H 16 @ 400.0 =	496.5	mm^2	
		2 Cycle	H 16 @ 400.0 =	496.5	mm^2	
배 력 철 근	하 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.3% =	720.0	mm^2	····· O.K !!
		사용철근량	H 16 @ 250.0 =	794.4	mm^2	
	상 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.3% =	720.0	mm^2	····· O.K !!
		사용철근량	H 16 @ 250.0 =	794.4	mm^2	
바닥판 슬래브 단면적 = 1,000.0 mm × 240.0 mm = 240,000.0 mm^2						

3.5 내부지점부 주장율검토 (☞ 도.설.해 3.9.2.3)

- 인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 무시하고 설계를 하는 경우에는 바닥판 콘크리트 단면적에 1.5% 이상의 교축방향 철근을 배근하여야 한다. 이경우 교축방향 철근의 총주변장의 바닥판 콘크리트의 단면적에 대한 비, 즉 주장률은 0.0035 mm/mm2 이상으로 하면 좋다. 또한 바닥판 작용에 대처하기 위하여 배치된 철근을 교축방향 철근의 일부로 볼 수 있다.
- 철근은 고정하중에 의한 휨모멘트의 부호가 변하는 점을 지나서 바닥판 콘크리트의 압축측에 정착한다.

- 필요 철근량 산정

A_c = 1,000.0 × 240.0 = 240,000.0 mm^2

∴ $A_{s\ req}$ = 240,000.0 × 1.5% = **3,600.0** mm^2

- 사용 철근량

∴ $A_{s\ use}$ = H 19 @ 125.0 = 2,292.0 mm^2

H 19 @ 125.0 = 2,292.0 mm^2

Σ = **4,584.0** mm^2 **[사용률 = 1.273]** ····· **O.K !!**

- 주장률 검토

사용철근 개수 : 8.000 + 8.000 = 16.00 EA/m

주 장 률 : $\mu = \dfrac{\pi \times D \times n + \pi \times D \times n}{1000 \times t_m}$ > 0.0035 mm/mm^2

여기서 , D : 철근 직경

n : 철근 개수

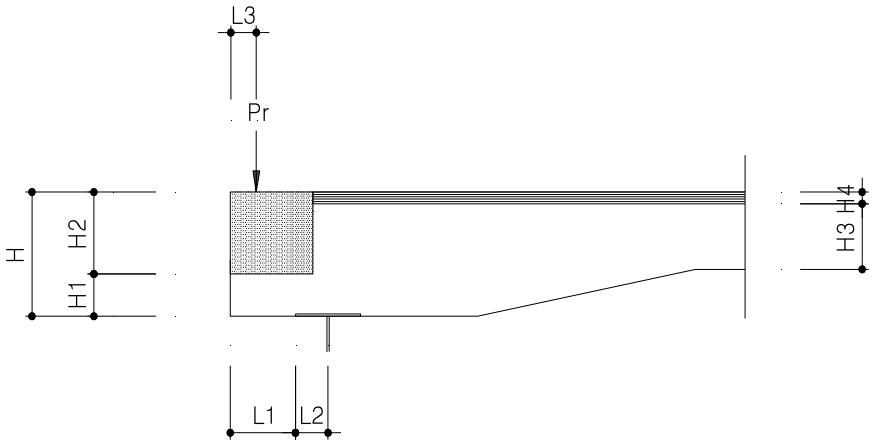
1,000 : 단위 폭 (mm)

t_m : 중간 슬래브 두께 (mm)

$\mu = \dfrac{\pi \times 19.10 \times 8.00 + \pi \times 19.10 \times 8.00}{1{,}000.00 \times 240.00} = 0.0040$ mm/mm^2

μ = 0.0040 mm/mm^2 > μ_a = 0.0035 mm/mm^2 **O.K.**

3.6 진입부 바닥판



H	0.530 m	L	0.545 m
H1	0.210 m	L1	0.470 m
H2	0.320 m	L2	0.150 m
H3	0.280 m	L3	0.100 m
H4	0.050 m		

(1) 고 정 하 중

0.545 × 0.530 × 25.000 kN/m^3 = 7.221 kN/m

MD = 7.221 × 0.545 × 0.500 = 1.968 kN/m

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 충 격 계 수 (☞ 도.설.해 2.1.4)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.545) = 0.370 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (0.55+0.6)×96.0/9.6×(1+0.300) = **14.885** kN·m/m (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

(4) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	**1.968**	**14.885**					

(5) 하 중 조 합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.00	1.00		1.00	1.00	사용모멘트

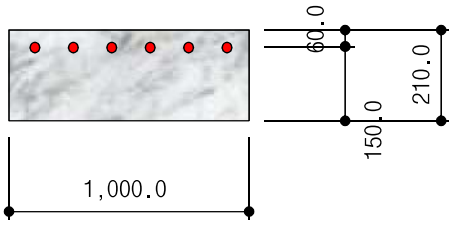
(6) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	2.558	32.003			0.000	34.561
최대 계수 모멘트							**34.561**
CASE 2	"	1.968	14.885		0.000	0.000	16.853
최대 사용 모멘트							**16.853**

(9) 단 면 검 토

① 중앙부 (외측)

f_{ck}	= 27.0 MPa	f_y	= 400.0	MPa
M_u	= 34.6 kN·m	M	= 16.9	kN·m
b	= 1,000.0 mm	h	= 210.0	mm
β	= 0.85	d'	= 60.0	mm
$Ø_f$	= 0.85	d	= 150.0	mm



▪ 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

$T = A_s \times f_y$ = 794.4 × 400.0 = 317,760.0

$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b$ = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 13.846mm

c = 13.846 / β = 13.846 / 0.85 = 16.289 mm

$\varepsilon_y = f_y / E_s$ = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

$\varepsilon_t = 0.003 \times (dt - c) / c$ = 0.003 × (150.0 - 16.289) / 16.289 = 0.0246

ε_t = 0.0246 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 0.017429 A_s ---------- ①

$M_u = \Phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 51,000.0 A_s - 170.0 $A_s \cdot a$ ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

34,560,877.8 = -2.962963 A_s^2 + 51,000.0 A_s

∴ $A_{s\ req}$ = **706.678**

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 250.0 = 794.4 mm^2

Σ = **794.4** mm^2 **[사용률 = 1.124]** ····· **0.K !!**

▪ 철근량 검토

$A_{s\ min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 525.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y × b × d = 487.1 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 420.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\ min}$ = **525.0** mm^2

$A_{s\ max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **3,133.9** mm^2 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\ max}$ ≥ $A_{s\ use}$ ≥ $A_{s\ min}$ ····· **0.K !!**

▪ 휨에 대한 검토

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 13.846 mm

ΦM_n = 0.85×794.4×400.0×(150.0-a/2) = **38.645** kN·m

∴ ΦM_n ≥ M_u **[사용률 = 1.118]** ····· **0.K !!**

3.7 하부콘크리트 철근량 산정

3.7.1 철근량 산정기준

(☞ 콘·기·해 5.7.2)

1) 수축·온도철근으로 배치되는 이형철근은 다음의 철근비 이상으로 하여야 한다.

- 설계기준항복강도가 400MPa 이하인 이형철근을 사용한 슬래브 ------ 0.002

2) 본 교량의 하부슬래브는 단면두께는 450㎜이다.

3) 이중합성부 하부 바닥판은 부모멘트 영역의 하부에 설치됨으로,
상시 압축력만 작용하기 때문에 연속지점부 주장율검토는 필요하지 않다.

4) 이중합성부 하부 콘크리트는 지점부의 부모멘트에 의하여 하부에 큰 압축력이 발생하므로,
이중합성후의 콘크리트 단면검토를 반드시 수행하여야 한다.
(☞ 제5장 단면응력검토 참조)

3.7.2 철근량 산정

◎ 온도 철근량 산정

1) 필요철근량 :

· As_req = 450 × 1,000 × 0.002 = 900 ㎟

2) 사용철근량 :

· H 16 @ 150 = 2,648 ㎟ ≥ 900 ㎟ ∴ O.K

※ 이중합성부 하부콘크리트는 구속력 증진에 의한 완전합성을 위해 전단연결제 주변철근량이
충분하여야 하는바 안전성 확보측면에서 상기철근량으로 배근함.

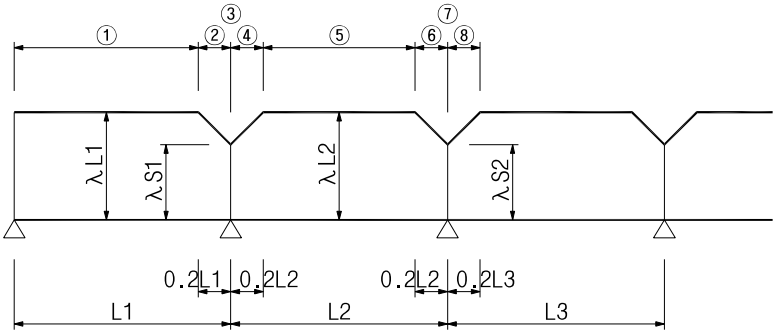
4. 주거더의 설계

4.1 강재플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭의 고려하여 단면응력을 검토하도록 하며, 해석 시에는 전단면을 적용한다.

1) 강재플랜지 유효폭

(☞ 도.설.해 3.8.3.4)



(3 경간 연속교)

지간 구성	L1	L2	L3					
	82.000 m	93.000 m	82.000 m					

위 치 구 분	복부간격 or 플랜지폭 (2b)		플랜지 돌출폭 (be)		비 고
	상 부	하 부	상 부	하 부	
교대부	0.500 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
측경간중앙부	0.600 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
교번구간	0.500 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
내부지점부	2.400 m	2.400 m	0.250 m	0.100 m	폐 단 면
중 앙 부	0.500 m	2.400 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면

▪ 등가 지간장 산정식

- 연속거더 :

① λ_{L1}(지간 중앙부) : l = 0.8·L_1 ③ λ_{S1}(중간지점) : l = 0.2·(L_1 + L_2)

⑤ λ_{L2}(지간 중앙부) : l = 0.6·L_2 ⑦ λ_{S2}(중간지점) : l = 0.2·(L_2 + L_3)

②④⑥⑧ 양단의 유효폭을 사용하여 직선적으로 변화한다.

▪ 유효폭 산정식 (☞ 도.설.해 3.8.3.4)

- 지간 중앙부 유효폭 산정식 :

b/l < 0.05 , λ= b

0.05 < b/l <0.30 , λ= {1.1 - 2(b/l)} x b

b/l > 0.30 , λ= 0.15 x l

- 지점부 유효폭 산정식 :

b/l < 0.02 , λ= b

0.02 < b/l <0.30 , λ= {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)2} x b

b/l > 0.30 , λ= 0.15 x l

- 플랜지 돌출폭 :

b = 각 위치별 상부플랜지 폭 / 2 를 적용

- 플랜지 유효폭 :

B = 2 ×((λL or λS) + be)

- Girder 동일단면 :

(단위 : m)

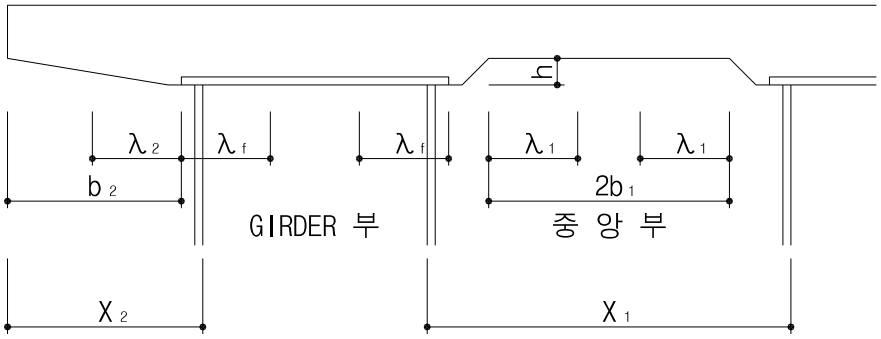
위치	거리 (m)	등가 지간장 (l)	복부간격(2b)		플랜지 돌출폭(be)		b / l		λ_L or λ_S		강재플랜지 유효폭	
			상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부
A1	0.00	65.600	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.018	0.250	1.200	0.500	2.600
(개단면)	중앙부	65.600	0.600	2.400	0.250	0.100	0.005	0.018	0.350	1.200	0.600	2.600
0.2L	65.60	65.600	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.018	0.250	1.200	0.500	2.600
(개단면)	62.00				0.250	0.100			0.735	1.191	0.985	2.583
(폐합)	72.00	53.659	2.400	2.400	0.250	0.100	0.022	0.022	1.189	1.189	2.878	2.578
(폐합)	75.75	46.662	2.400	2.400	0.250	0.100	0.026	0.026	1.177	1.177	2.854	2.554
P1	82.00	35.000	2.400	2.400	0.250	0.100	0.034	0.034	1.147	1.147	2.793	2.493
(폐합)	87.25	40.871	2.400	2.400	0.250	0.100	0.029	0.029	1.164	1.164	2.828	2.528
(폐합)	91.00	45.065	2.400	2.400	0.250	0.100	0.027	0.027	1.174	1.174	2.847	2.547
(개단면)	96.00				0.250	0.100			0.760	1.187	1.010	2.574
0.2L	100.60	55.800	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.022	0.250	1.200	0.500	2.600
(개단면)	128.50	55.800	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.022	0.250	1.200	0.500	2.600
0.2L	156.40	55.800	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.022	0.250	1.200	1.000	2.600
(개단면)	161.00				0.250	0.100			0.760	1.187	1.010	2.574
(폐합)	166.00	45.065	2.400	2.400	0.250	0.100	0.027	0.027	1.174	1.174	2.847	2.547
(폐합)	169.75	40.871	2.400	2.400	0.250	0.100	0.029	0.029	1.164	1.164	2.828	2.528
P2	175.00	35.000	2.400	2.400	0.250	0.100	0.034	0.034	1.147	1.147	2.793	2.493
(폐합)	181.25	46.662	2.400	2.400	0.250	0.100	0.026	0.026	1.177	1.177	2.854	2.554
(폐합)	185.00	53.659	2.400	2.400	0.250	0.100	0.022	0.022	1.189	1.189	2.878	2.578
(개단면)	188.75				0.250	0.100			0.735	1.191	0.985	2.583
0.2L	191.40	65.600	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.018	0.250	1.200	1.000	2.600
(개단면)	중앙부	65.600	0.600	2.400	0.250	0.100	0.005	0.018	0.350	1.200	0.600	2.600
A2	257.00	65.600	0.500	2.400	0.250	0.100	0.004	0.018	0.250	1.200	0.500	2.600

2) 바닥판 유효폭

바닥판의 유효폭의 계산은 플랜지의 유효폭 계산 규정에 의하고, λ와 b는 아래 그림과 같이 한다.

이 경우 수평에 대한 헌치의 경사는 도.설.해 3.6.1.10의 규정에 의하지만 계산상에는 45° 로 취급한다.

① Girder-1 : G1,G2



- X1 : 인접 거더의 복부사이의 간격
- X2 : 인접 거더복부에서 캔틴레버 끝단거리
- X3 : 상부플랜지에서의 거더내부 복부간격
- 2b1 = X1 - 2(be + h)
- b2 = X2 - be
- h : 헌치높이
- be : 복부판 내측에서 상부플랜지 끝단거리
- 2b3 = X3 - 2(be + h)

위치구분	X1	X2	X3	be (플랜지 돌출폭)	비 고
교대부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m	개 단 면
측경간중앙부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m	개 단 면
교번구간	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m	개 단 면
내부지점부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.250 m	폐 단 면
중 앙 부	5.600 m	1.100 m	2.400 m	0.200 m	개 단 면

(단위 : m)

위치	거리 (m)	등가 지간장 (l)	플랜지 유효폭 (상부)	헌치 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜지 돌출폭 (be)	b_1/l	b_2/l	b_3/l	λ_1	λ_2	λ_3	B
A1	0.0	65.60	0.500	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300
(개단면)	중앙부	65.60	0.600	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300
0.2L	65.6	65.60	0.500	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300
(폐합)	72.0	53.66	2.878	0.050				0.250				2.358	0.845	0.893	6.139
(폐합)	75.8	46.66	2.854	0.050				0.250				2.275	0.842	0.889	6.045
P1	82.0	35.00	2.793	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.071	0.024	0.026	2.136	0.837	0.883	5.888
(폐합)	87.3	40.87	2.828	0.050				0.250				2.239	0.841	0.888	6.005
(폐합)	91.0	45.06	2.847	0.050				0.250				2.312	0.843	0.891	6.088
(개단면)	96.0	0.00	1.010	0.050				0.250				2.410	0.847	0.896	6.198
0.2L	100.6	55.80	0.500	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.045	0.015	0.016	2.500	0.850	0.900	6.300
(개단면)	128.5	55.80	0.500	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.045	0.015	0.016	2.500	0.850	0.900	6.300
0.2L	156.4	55.80	1.000	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.045	0.015	0.016	2.500	0.850	0.900	6.300
(개단면)	161.0	0.00	1.010	0.050				0.250				2.410	0.847	0.896	6.198
(폐합)	166.0	45.06	2.847	0.050				0.250				2.312	0.843	0.891	6.088
(폐합)	169.8	40.87	2.828	0.050				0.250				2.239	0.841	0.888	6.005
P2	175.0	35.0	2.793	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.071	0.024	0.026	2.136	0.837	0.883	5.888
(폐합)	181.3	46.66	2.854	0.050				0.250				2.275	0.842	0.889	6.045
(개단면)	185.0	53.66	2.878	0.050				0.250				2.358	0.845	0.893	6.139
0.2L	191.4	65.60	1.000	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300
(개단면)	중앙부	65.60	0.600	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300
A2	257.0	65.60	0.500	0.050	5.600	1.100	2.400	0.250	0.038	0.013	0.014	2.500	0.850	0.900	6.300

3) 유효폭 결과정리

① Girder-G1,G2

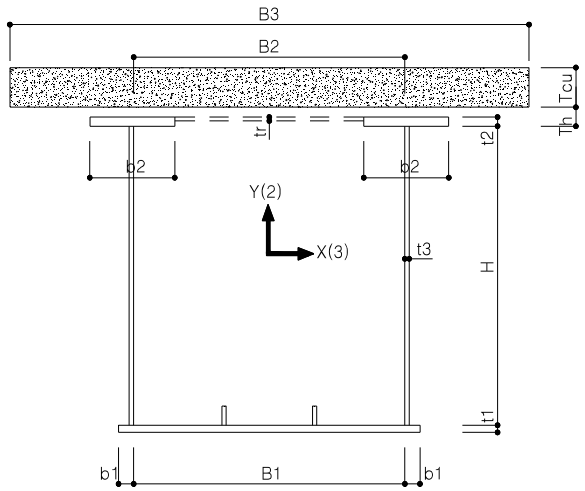
(단위 : m)

단면	위치	강재 플랜지 유효폭		상부 바닥판 유효폭	하부 바닥판 유효폭
		상부플랜지	하부플랜지		
단면1	3,1/4지점	0.500	2.600	6.300	-
단면2	4,3/4지점	0.500	2.600	6.300	-
단면3	5,3/4지점	0.600	2.600	6.300	-
단면4	8,1/4지점	0.600	2.600	6.300	-
단면5	9,3/4지점	0.600	2.600	6.300	-
단면6	11,1/4지점	0.500	2.600	6.300	-
단면7	14,1/4지점	0.500	2.600	6.300	-
단면8	15,1/4지점	0.985	2.583	6.300	-
단면9	15,1/4지점	2.878	2.578	6.139	-
단면10	16,3/4지점	2.854	2.554	6.045	2.354
단면11	17,J지점	2.793	2.493	5.888	2.293
단면12	19,1/4지점	2.828	2.528	6.005	2.328
단면13	19,1/4지점	2.847	2.547	6.088	2.347
단면14	20,J지점	1.010	2.574	6.198	
단면15	21,3/4지점	0.600	2.600	6.300	-
단면16	23,1/4지점	0.500	2.600	6.300	-
단면17	27,2/4지점	0.500	2.600	6.300	-

4.2 단면정수 산정

1) 지간중앙부

◎ 단면 < 단면1 > 단면위치 : 56,1/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	12
t2	18
t3	12
tr	0.822
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	1509.00	2.716E+07	4.099E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 12	31200	-1506.00	-4.699E+07	7.076E+10	3.744E+05
TOTAL		124800		-2.496E+07	1.191E+11	5.401E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 119060431200 + 54007610400 = 173068041600 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -24955200 / 124800 = -199.96 mm

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

= 173068041600 - 124800 x -199.962 ² = 168077961415 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

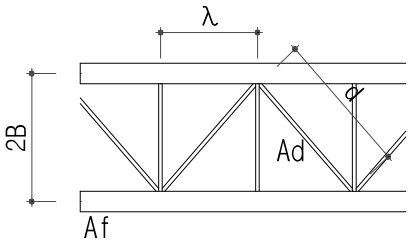
= $(500^3 \times 18 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 12 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 18) +$
$(3000 \times 12) \times (2400 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 148598006000 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1200 mm

d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 18.0 = 9000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 9000}$ = 0.822mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 7251463 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10837 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.412}{0.012} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{3.015}{0.01200}$ = 3639.465

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7251462.772\ \text{^2}}{3639.46}$ = 5.779E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.248E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.486E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.681E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.779E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	3021.00	5.438E+07	5.257E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3012.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1512.00	1.089E+08	2.879E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	87.00	3.132E+05	5.403E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 12	31200	6.00	1.872E+05	5.322E+10	3.744E+05
TOTAL		124800	1312.04	1.637E+08	1.141E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3172.00	6.852E+08	1.002E+11	1.037E+09
강형		124800	1312.04	1.637E+08	1.734E+11	1.681E+11
TOTAL		340800	2490.89	8.489E+08	2.736E+11	1.691E+11

- 도심 : ysv = 848894400/340800 = 2490.887 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 273638170258 + 169114761415 = 442752931673 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x TcI / 12 / n

= 148598006000 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 863018006000 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.022/2 + 12.0/2

= 3,024.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 × 3,024.5

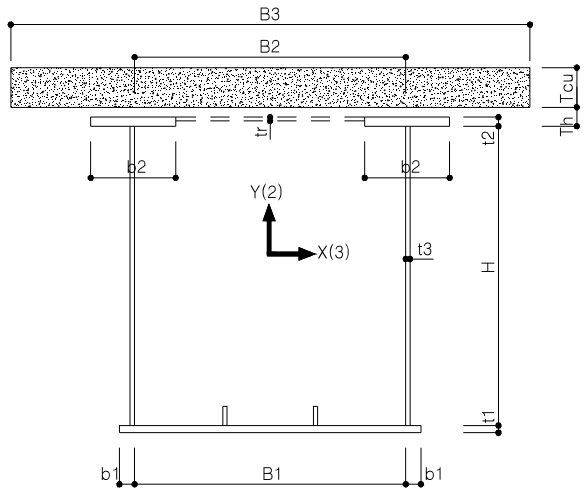
= 7,295,121 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,295,120.7² / {2x(3,024.5 / 12.0) + 2,412.0/37.022 + 2,412.0/(0.0+12.0) }

= 2.7638E+11 mm4

◎ 단면 < 단면2 > 단면위치 : 57,3/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	24
t2	26
t3	12
tr	0.837
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 26	26000	1513.00	3.934E+07	5.952E+10	1.465E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 24	62400	-1512.00	-9.435E+07	1.427E+11	2.995E+06
TOTAL		164000		-6.014E+07	2.095E+11	5.401E+10

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 209484029600 + 54011209867 = 263495239467 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= -60140800 / 164000 = -366.71 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 263495239467 - 164000 x -366.712 ² = 241440874682 mm⁴

I22 = (b2³ ×t2/12×2)+((B1+b1×2)³ ×t1/12)+((H×t3³ /12×2)+[(b2×t2+H×t3)×(B1/2+t3/2)²]×2

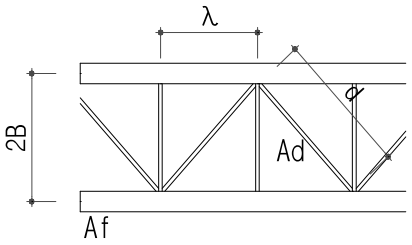
= (500³ × 26 / 12 × 2) + (2600³ × 24 / 12) + ((3000 × 12³ / 12) + [(500 × 26) + (3000 × 12) × (2400 / 2 + 12 / 2)²] × 2 = 177860672667 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1200 mm

d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 26.0 = 13000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 13000}$ = 0.837mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 7265954 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10849 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.412}{0.024}$ + $\frac{2.412}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.025}{0.01200}$ = 3485.461

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7265953.746\ \text{^2}}{3485.46}$ = 6.059E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.640E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.779E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.414E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 6.059E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 26	26000	3037.00	7.896E+07	9.187E+10	1.465E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3024.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1524.00	1.097E+08	9.682E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	99.00	3.564E+05	4.032E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 24	62400	12.00	7.488E+05	8.185E+10	2.995E+06
TOTAL		164000	1157.29	1.898E+08	1.874E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3184.00	6.877E+08	1.653E+11	1.037E+09
강형		164000	1157.29	1.898E+08	2.177E+11	2.414E+11
TOTAL		380000	2309.31	8.775E+08	3.829E+11	2.425E+11

- 도심 : ysv = 877539200/380000 = 2309.314 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 382911283393 + 242477674682 = 625388958076 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x TcI / 12 / n

= 177860672667 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 892280672667 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.038/2 + 24.0/2

= 3,030.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 × 3,030.5

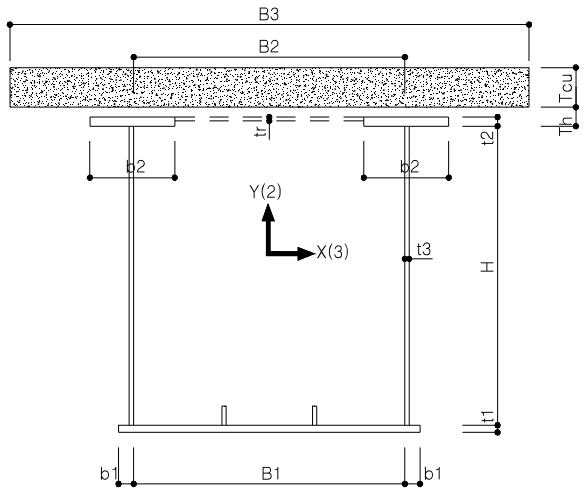
= 7,309,612 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,309,611.7² / {2x(3,030.5 / 12.0) + 2,412.0/37.038 + 2,412.0/(0.0+24.0) }

= 3.1865E+11 mm4

◎ 단면 < 단면3 > 단면위치 : 58,3/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	24
t2	30
t3	12
tr	0.847
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	600

보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0	X 0	X	0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150	X 12	X	2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 600 X 30	36000	1515.00	5.454E+07	8.263E+10	2.700E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 24	62400	-1512.00	-9.435E+07	1.427E+11	2.995E+06
TOTAL		174000		-4.494E+07	2.326E+11	5.401E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 232593735600 + 54012445200 = 286606180800 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -44938800 / 174000 = -258.27 mm

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

= 286606180800 - 174000 x -258.269 ² = 274999883412 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

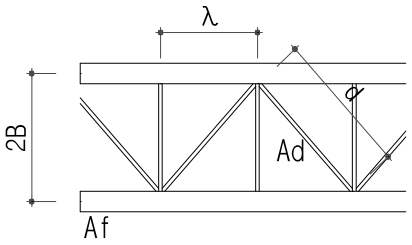
= $(600^3 \times 30 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 24 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(600 \times 30) +$
$(3000 \times 12) \times (2400 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 192799006000 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1200 mm

d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 600 x 30.0 = 18000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 18000}$ = 0.847mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 7265966 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10849 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.412}{0.024} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{3.027}{0.01200}$ = 3451.313

· $K = \frac{4 \times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7265965.979\ \text{^2}}{3451.31}$ = 6.119E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.740E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.928E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.750E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 6.119E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 600 X 30	36000	3039.00	1.094E+08	1.132E+11	2.700E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3024.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1524.00	1.097E+08	4.803E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	99.00	3.564E+05	4.901E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 24	62400	12.00	7.488E+05	9.808E+10	2.995E+06
TOTAL		174000	1265.73	2.202E+08	2.210E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3184.00	6.877E+08	1.582E+11	1.037E+09
강형		174000	1265.73	2.202E+08	1.964E+11	2.750E+11
TOTAL		390000	2328.16	9.080E+08	3.546E+11	2.760E+11

- 도심 : ysv = 907981200/390000 = 2328.157 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 354615238184 + 276036683412 = 630651921596 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x TcI / 12 / n

= 192799006000 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 907219006000 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.048/2 + 24.0/2

= 3,030.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 × 3,030.5

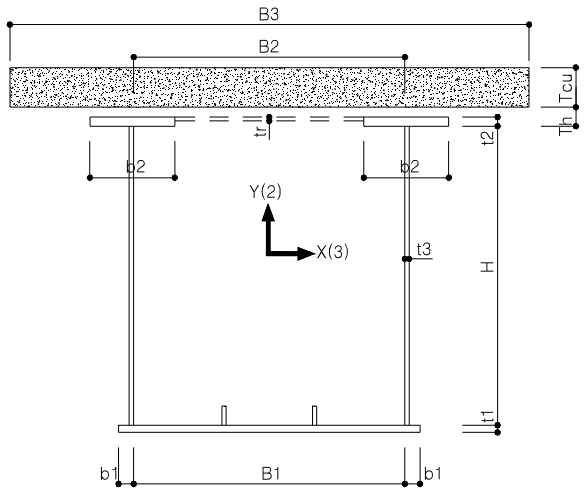
= 7,309,624 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,309,623.9² / {2x(3,030.5 / 12.0) + 2,412.0/37.048 + 2,412.0/(0.0+24.0) }

= 3.1866E+11 mm4

◎ 단면 < 단면4 > 단면위치 : 61,1/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	32
t2	36
t3	12
tr	0.852
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	600

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 600 X 36	43200	1518.00	6.558E+07	9.955E+10	4.666E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 32	83200	-1516.00	-1.261E+08	1.912E+11	7.100E+06
TOTAL		202000		-6.568E+07	2.981E+11	5.402E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 298071946000 + 54018515333 = 352090461333 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -65683600 / 202000 = -325.17 mm

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

= 352090461333 - 202000 x -325.166 ² = 330732365744 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

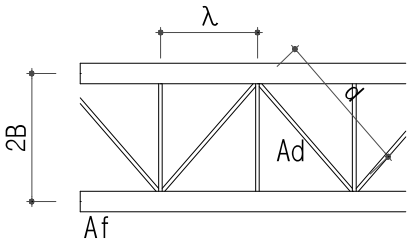
= $(600^3 \times 36 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 32 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(600 \times 36) + (3000 \times 12) \times (2400 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 215100339333 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1200 mm

d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 600 x 36.0 = 21600 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 21600}$ = 0.852mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 7275619 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10857 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.412}{0.032} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{3.034}{0.01200}$ = 3412.413

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7275619.372\ \text{^2}}{3412.41}$ = 6.205E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 2.020E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 2.151E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 3.307E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 6.205E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 600 X 36	43200	3050.00	1.318E+08	1.468E+11	4.666E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3032.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1532.00	1.103E+08	7.613E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	107.00	3.852E+05	4.355E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 32	83200	16.00	1.331E+06	1.180E+11	7.100E+06
TOTAL		202000	1206.83	2.438E+08	2.767E+11	5.402E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3192.00	6.895E+08	1.988E+11	1.037E+09
강형		202000	1206.83	2.438E+08	2.126E+11	3.307E+11
TOTAL		418000	2232.66	9.333E+08	4.114E+11	3.318E+11

- 도심 : ysv = 933252400/418000 = 2232.661 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 411360552821 + 331769165744 = 743129718565 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 215100339333 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 929520339333 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.052/2 + 32.0/2

= 3,034.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 × 3,034.5

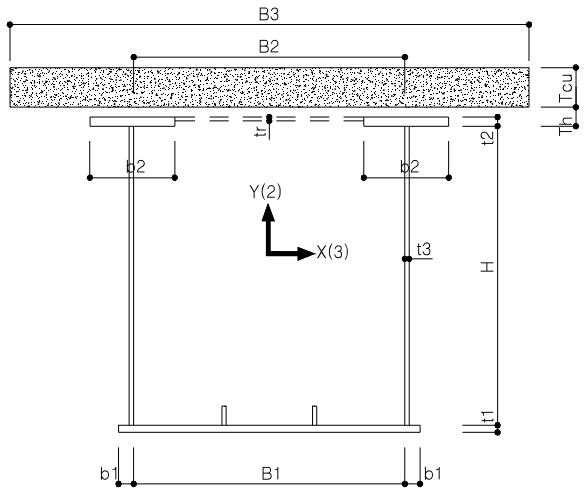
= 7,319,277 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,319,277.3² / {2x(3,034.5 / 12.0) + 2,412.0/37.052 + 2,412.0/(0.0+32.0) }

= 3.3160E+11 mm4

◎ 단면 < 단면5 > 단면위치 : 62,3/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	26
t2	30
t3	12
tr	0.847
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	600

보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0	X	0	X 0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150	X	12	X 2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 600 X 30	36000	1515.00	5.454E+07	8.263E+10	2.700E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 26	67600	-1513.00	-1.023E+08	1.547E+11	3.808E+06
TOTAL		179200		-5.287E+07	2.447E+11	5.401E+10

Is′ = ∑AsY² + ∑Io

= 244686174400 + 54013258133 = 298699432533 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= -52868800 / 179200 = -295.03 mm

I33 = Is′ - ∑As x δs²

= 298699432533 - 179200 x -295.027 ² = 283101720405 mm⁴

I22 = (b2³ ×t2/12×2)+((B1+b1×2)³ ×t1/12)+((H×t3³ /12×2)+[(b2×t2+H×t3)×(B1/2+t3/2)²]×2

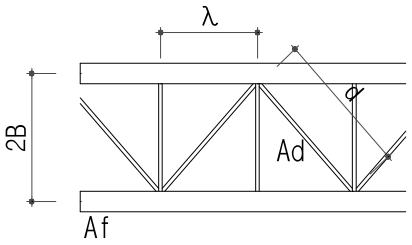
= (600³ × 30 / 12 × 2) + (2600³ × 26 / 12) + ((3000 × 12³ / 12) + [(600 × 30) + (3000 × 12) × (2400 / 2 + 12 / 2)²] × 2 = 195728339333 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1200 mm

d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 600 x 30.0 = 18000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 18000}$ = 0.847mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10851 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.412}{0.026}$ + $\frac{2.412}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.028}{0.01200}$ = 3443.749

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7268377.979\ \text{^2}}{3443.75}$ = 6.136E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.792E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.957E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.831E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 6.136E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 600 X 30	36000	3041.00	1.095E+08	1.179E+11	2.700E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3026.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1526.00	1.099E+08	6.267E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	101.00	3.636E+05	4.597E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 26	67600	13.00	8.788E+05	1.003E+11	3.808E+06
TOTAL		179200	1230.97	2.206E+08	2.291E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3186.00	6.882E+08	1.697E+11	1.037E+09
강형		179200	1230.97	2.206E+08	2.046E+11	2.831E+11
TOTAL		395200	2299.51	9.088E+08	3.744E+11	2.841E+11

- 도심 : ysv = 908766400/395200 = 2299.510 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 374352074888 + 284138520405 = 658490595293 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x TcI / 12 / n

= 195728339333 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 910148339333 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.048/2 + 26.0/2

= 3,031.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 × 3,031.5

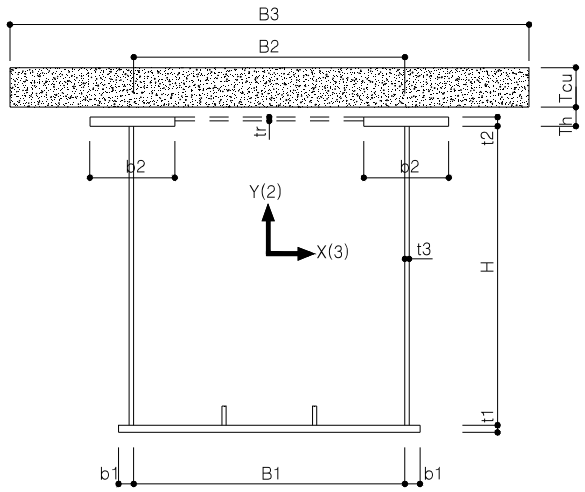
= 7,312,036 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,312,035.9² / {2x(3,031.5 / 12.0) + 2,412.0/37.048 + 2,412.0/(0.0+26.0) }

= 3.2251E+11 mm4

◎ 단면 < 단면6 > 단면위치 : 64,1/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	18
t2	20
t3	14
tr	0.827
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 20	20000	1510.00	3.020E+07	4.560E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 14	84000				6.300E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	-1509.00	-7.062E+07	1.066E+11	1.264E+06
TOTAL		154400		-4.555E+07	1.595E+11	6.301E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 159479640800 + 63008680267 = 222488321067 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -45551200 / 154400 = -295.02 mm

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

= 222488321067 - 154400 x -295.021 ² = 209049773000 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

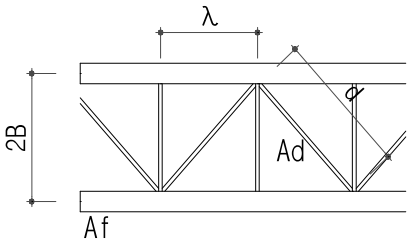
= $(500^3 \times 20 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 18 / 12) + ((3000 \times 14^3 / 12) + [(500 \times 20) +$
$(3000 \times 14) \times (2400 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2$ = 177964104667 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1200 mm

d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 20.0 = 10000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 10000}$ = 0.827mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10847 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.414}{0.018} + \frac{2.414}{0.001} + 2 \times \frac{3.019}{0.01400}$ = 3485.851

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7264723.687\ \text{^2}}{3485.85}$ = 6.056E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.544E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 8.400E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.780E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.090E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 6.056E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 20	20000	3028.00	6.056E+07	6.516E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3018.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 14	84000	1518.00	1.275E+08	7.311E+09	6.300E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	93.00	3.348E+05	4.597E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	9.00	4.212E+05	6.897E+10	1.264E+06
TOTAL		154400	1222.98	1.888E+08	1.460E+11	6.301E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3178.00	6.864E+08	1.435E+11	1.037E+09
강형		154400	1222.98	1.888E+08	2.007E+11	2.090E+11
TOTAL		370400	2363.06	8.753E+08	3.441E+11	2.101E+11

- 도심 : ysv = 875276000/370400 = 2363.056 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 344138134898 + 210086573000 = 554224707899 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 177964104667 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 892384104667 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.027/2 + 18.0/2

= 3,027.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 × 3,027.5

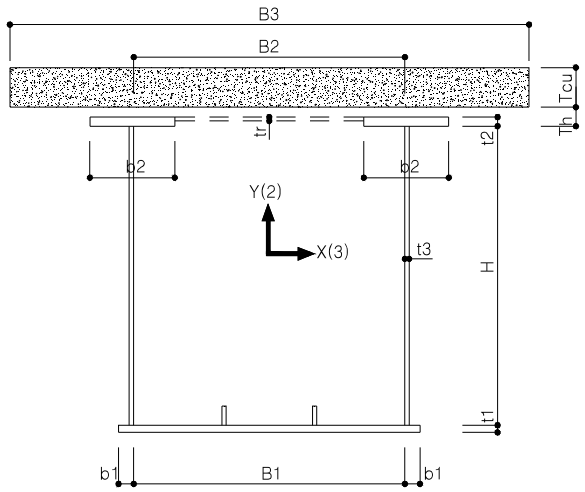
= 7,308,418 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,308,417.8² / {2x(3,027.5 / 14.0) + 2,414.0/37.027 + 2,414.0/(0.0+18.0) }

= 3.3816E+11 mm4

◎ 단면 < 단면17 > 단면위치 : 80,2/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2500
t1	12
t2	18
t3	12
tr	0.822
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	1259.00	2.266E+07	2.853E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1250.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2500 X 12	60000				3.125E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1175.00	-4.230E+06	4.970E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 12	31200	-1256.00	-3.919E+07	4.922E+10	3.744E+05
TOTAL		112800		-2.076E+07	8.272E+10	3.126E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 82720831200 + 31257610400 = 113978441600 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -20755200 / 112800 = -184.00 mm

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

= 113978441600 - 112800 x -184.000 ² = 110159484800 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

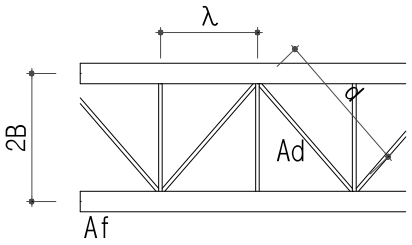
= $(500^3 \times 18 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 12 / 12) + ((2500 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 18) +$
$(2500 \times 12) \times (2400 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 131144630000 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1200 mm

d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 18.0 = 9000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 9000}$ = 0.822mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6045463 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 9837 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.412}{0.012}$ + $\frac{2.412}{0.001}$ + 2 x $\frac{2.515}{0.01200}$ = 3556.131

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6045462.772\ \text{^2}}{3556.13}$ = 4.111E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.128E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 6.000E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.311E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.102E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 4.111E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	2521.00	4.538E+07	3.748E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2512.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2500 X 12	60000	1262.00	7.572E+07	2.031E+09	3.125E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	87.00	3.132E+05	3.535E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2600 X 12	31200	6.00	1.872E+05	3.585E+10	3.744E+05
TOTAL		112800	1078.00	1.216E+08	7.890E+10	3.126E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	2672.00	5.772E+08	6.459E+10	1.037E+09
강형		112800	1078.00	1.216E+08	1.237E+11	1.102E+11
TOTAL		328800	2125.15	6.988E+08	1.883E+11	1.112E+11

- 도심 : ysv = 698750400/328800 = 2125.153 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 188281511474 + 111196284800 = 299477796274 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 131144630000 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 845564630000 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,500.0 + 37.022/2 + 12.0/2

= 2,524.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 × 2,524.5

= 6,089,121 mm2

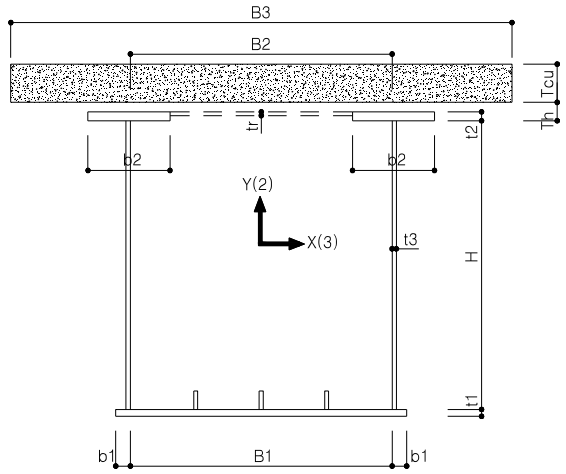
K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,089,120.7² / {2x(2,524.5 / 12.0) + 2,412.0/37.022 + 2,412.0/(0.0+12.0) }

= 2.1591E+11 mm4

2) 교번구간

◎ 단면 < 단면7 > : 단면위치 : 67,1/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3088
t1	18
t2	20
t3	16
tr	0.827
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	180 X 16 X 4	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 20	20000	1554.00	3.108E+07	4.830E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1544.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3088 X 16	98816				7.852E+10
LOWER RIB	4 - 180 X 16	11520	-1454.00	-1.675E+07	2.435E+10	3.110E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	-1553.00	-7.268E+07	1.129E+11	1.264E+06
TOTAL		177136		-5.835E+07	1.855E+11	7.856E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 185525597520 + 78556707525 = 264082305045 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -58350480 / 177136 = -329.41 mm

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

= 264082305045 - 177136 x -329.411 ² = 244861037114 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

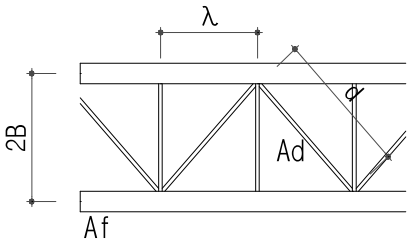
= $(500^3 \times 20 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 18 / 12) + ((3088 \times 16^3 / 12) + [(500 \times 20) + (3088 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 199812510165 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm
Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 20.0 = 10000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 10000}$ = 0.827mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 7483351 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 11026.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.416}{0.018} + \frac{2.416}{0.001} + 2 \times \frac{3.107}{0.01600}$ = 3445.471

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7483350.513\ \text{^2}}{3445.47}$ = 6.501E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.771.E+05 mm2
· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 9.882.E+04 mm2
· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.998.E+11 mm⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.449.E+11 mm⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 6.501.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 20	20000	3116.00	6.232E+07	7.094E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3106.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3088 X 16	98816	1562.00	1.544E+08	1.072E+10	7.852E+10
LOWER RIB	4 - 180 X 16	11520	108.00	1.244E+06	1.457E+10	3.110E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	9.00	4.212E+05	7.007E+10	1.264E+06
TOTAL		177136	1232.59	2.183E+08	1.663E+11	7.856E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3266.00	7.055E+08	1.813E+11	1.037E+09
강형		177136	1232.59	2.183E+08	2.211E+11	2.449E+11
TOTAL		393136	2349.80	9.238E+08	4.024E+11	2.459E+11

- 도심 : ysv = 923791952/393136 = 2349.802 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io
= 402409241459 + 245897837114 = 648307078573 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n
= 199812510165 + 6300.000 ³
x 240.0 / 12 / 7 = 914232510165 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,088.0 + 37.027/2 + 18.0/2

= 3,115.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,115.5

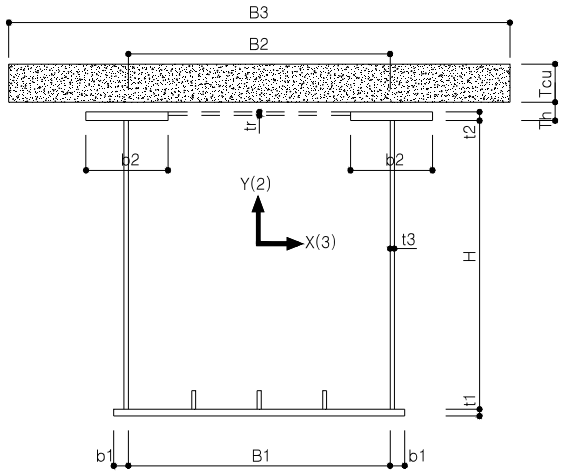
= 7,527,081 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,527,080.8² / {2x(3,115.5 / 16.0) + 2,416.0/37.027 + 2,416.0/(0.0+18.0) }

= 3.8483E+11 mm4

◎ 단면 < 단면8 > : 단면위치 : 68,1/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3202
t1	18
t2	20
t3	16
tr	0.827
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	985	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 20 X 4	하부플랜지	2583	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 20	20000	1611.00	3.222E+07	5.191E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1601.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3202 X 16	102464				8.755E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 20	16000	-1501.00	-2.402E+07	3.605E+10	5.333E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	-1610.00	-7.535E+07	1.213E+11	1.264E+06
TOTAL		185264		-6.714E+07	2.093E+11	8.760E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 209264716000 + 87600539355 = 296865255355 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -67144000 / 185264 = -362.42 mm

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

= 296865255355 - 185264 x -362.423 ² = 272530701766 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12 \times 2)+((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12)+((H \times t3^3/12 \times 2)+[(b2 \times t2+H \times t3) \times (B1/2+t3/2)^2] \times 2$

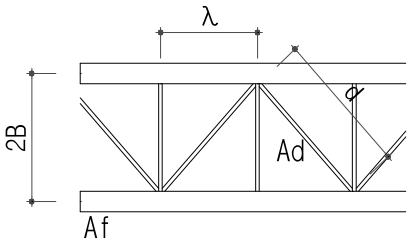
= $(500^3 \times 20 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 18 / 12) + ((3202 \times 16^3 / 12) + [(500 \times 20) + (3202 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 205158212395 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1200 mm

d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 20.0 = 10000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 10000}$ = 0.827mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 7758775 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 11254.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.416}{0.018}$ + $\frac{2.416}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.221}{0.01600}$ = 3459.721

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7758774.513\ \text{^2}}{3459.72}$ = 6.960E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.853.E+05 mm2

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 1.025.E+05 mm2

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 2.052.E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.725.E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 6.960.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 20	20000	3230.00	6.460E+07	7.789E+10	6.667E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3220.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3202 X 16	102464	1619.00	1.659E+08	1.346E+10	8.755E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 20	16000	118.00	1.888E+06	2.074E+10	5.333E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	9.00	4.212E+05	7.284E+10	1.264E+06
TOTAL		185264	1256.58	2.328E+08	1.849E+11	8.760E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3380.00	7.301E+08	2.076E+11	1.037E+09
강형		185264	1256.58	2.328E+08	2.421E+11	2.725E+11
TOTAL		401264	2399.61	9.629E+08	4.497E+11	2.736E+11

- 도심 : ysv = 962878416/401264 = 2399.613 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 449663636277 + 273567501766 = 723231138043 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 205158212395 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 919578212395 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,202.0 + 37.027/2 + 18.0/2

= 3,229.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,229.5

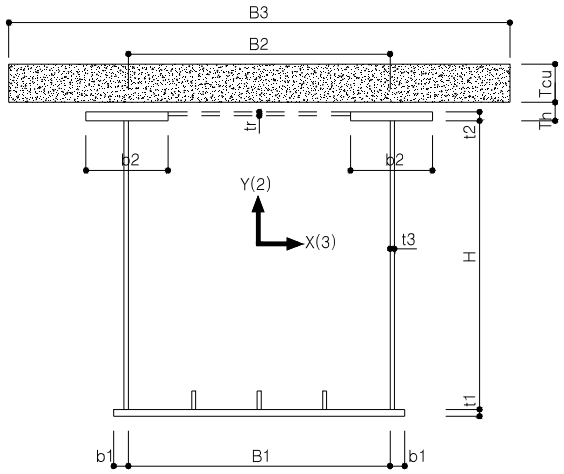
= 7,802,505 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,802,504.8² / {2x(3,229.5 / 16.0) + 2,416.0/37.027 + 2,416.0/(0.0+18.0) }

= 4.0373E+11 mm4

◎ 단면 < 단면9 > : 단면위치 : 68,J지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3320
t1	22
t2	24
t3	16
tr	0.797
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	2878	상부바닥판	6139	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	220 X 20 X 4	하부플랜지	2578	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 24	69600	1672.00	1.164E+08	1.946E+11	3.341E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1660.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3320 X 16	106240				9.758E+10
LOWER RIB	4 - 220 X 20	17600	-1550.00	-2.728E+07	4.228E+10	7.099E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	-1671.00	-9.558E+07	1.597E+11	2.307E+06
TOTAL		250640		-6.490E+06	3.966E+11	9.766E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 396572831600 + 97661615867 = 494234447467 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -6490000 / 250640 = -25.89 mm

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

= 494234447467 - 250640 x -25.894 ² = 494066397275 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

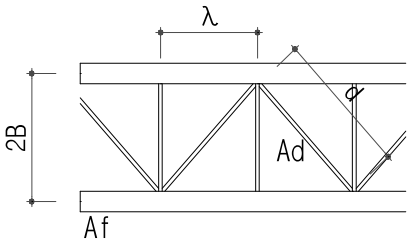
= $(2900^3 \times 24 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 22 / 12) + ((3320 \times 16^3 / 12) + [(2900 \times 24) +$
$(3320 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 336330127147 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1200 mm

d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 250 x 24.0 = 6000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 6000}$ = 0.797mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 8048659 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 11494.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.416}{0.022}$ + $\frac{2.416}{0.024}$ + 2 x $\frac{3.343}{0.01600}$ = 628.360

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 8048659.009\ \text{^2}}{628.36}$ = 4.124E+11 mm⁴

· 단면적(A) ····· 2.506.E+05 mm2

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 1.062.E+05 mm2

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 3.363.E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 4.941.E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 4.124.E+11 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 24	69600	3354.00	2.334E+08	2.006E+11	3.341E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3342.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3320 X 16	106240	1682.00	1.787E+08	7.123E+07	9.758E+10
LOWER RIB	4 - 220 X 20	17600	132.00	2.323E+06	4.088E+10	7.099E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	11.00	6.292E+05	1.548E+11	2.307E+06
TOTAL		250640	1656.11	4.151E+08	3.964E+11	9.766E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3502.00	7.564E+08	2.123E+11	1.037E+09
강형		250640	1656.11	4.151E+08	1.830E+11	4.941E+11
TOTAL		466640	2510.54	1.172E+09	3.953E+11	4.951E+11

- 도심 : ysv = 1171518480/466640 2510.540 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 395307951777 + 495103197275 = 890411149052 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x TcI / 12 / n

= 336330127147 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 1050750127147 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,320.0 + 36.998/2 + 22.0/2

= 3,349.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,349.5

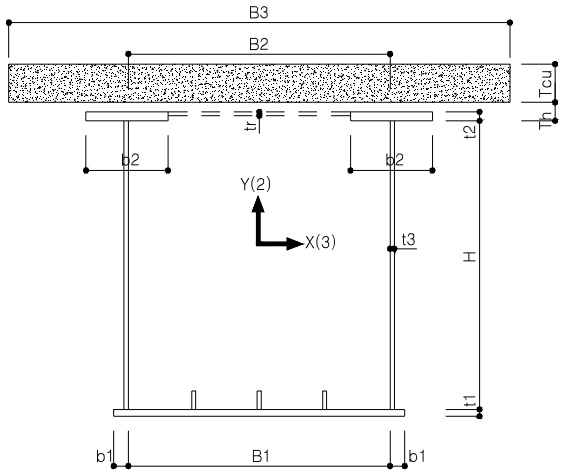
= 8,092,389 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 8,092,389.3² / {2x(3,349.5 / 16.0) + 2,416.0/36.998 + 2,416.0/(0.0+22.0) }

= 4.4113E+11 mm4

◎ 단면 < 단면14 > : 단면위치 : 73,J지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2833
t1	22
t2	28
t3	16
tr	0.840
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	1010	상부바닥판	6198	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	220 X 20 X 4	하부플랜지	2574	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 28	28000	1430.50	4.005E+07	5.730E+10	1.829E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1416.50	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2833 X 16	90656				6.063E+10
LOWER RIB	4 - 220 X 20	17600	-1306.50	-2.299E+07	3.004E+10	7.099E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	-1427.50	-8.165E+07	1.166E+11	2.307E+06
TOTAL		193456		-6.459E+07	2.039E+11	6.071E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 203899088100 + 60708039165 = 264607127265 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -64593400 / 193456 = -333.89 mm

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

= 264607127265 - 193456 x -333.892 ² = 243039911343 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12 \times 2)+((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12)+((H \times t3^3/12 \times 2)+[(b2 \times t2+H \times t3) \times (B1/2+t3/2)^2] \times 2$

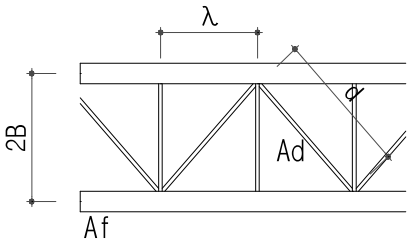
= $(500^3 \times 28 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 22 / 12) + ((2833 \times 16^3 / 12) + [(500 \times 28) + (2833 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 205489957845 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm
Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 28.0 = 14000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 14000}$ = 0.840mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6872119 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10520.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.416}{0.022} + \frac{2.416}{0.001} + 2 \times \frac{2.858}{0.01600}$ = 3343.759

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6872118.544\ \text{^2}}{3343.76}$ = 5.649E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.935.E+05 mm2
· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 9.066.E+04 mm2
· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 2.055.E+11 mm⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.430.E+11 mm⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.649.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 28	28000	2869.00	8.033E+07	8.717E+10	1.829E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2855.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2833 X 16	90656	1438.50	1.304E+08	1.011E+10	6.063E+10
LOWER RIB	4 - 220 X 20	17600	132.00	2.323E+06	1.665E+10	7.099E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	11.00	6.292E+05	6.841E+10	2.307E+06
TOTAL		193456	1104.61	2.137E+08	1.823E+11	6.071E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3015.00	6.512E+08	1.760E+11	1.037E+09
강형		193456	1104.61	2.137E+08	1.965E+11	2.430E+11
TOTAL		409456	2112.40	8.649E+08	3.725E+11	2.441E+11

- 도심 : ysv = 864933056/409456 = 2112.396 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io
= 372454882517 + 244076711343 = 616531593859 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x TcI / 12 / n
= 205489957845 + 6300.000 ³
x 240.0 / 12 / 7 = 919909957845 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,833.0 + 37.040/2 + 22.0/2

= 2,862.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 2,862.5

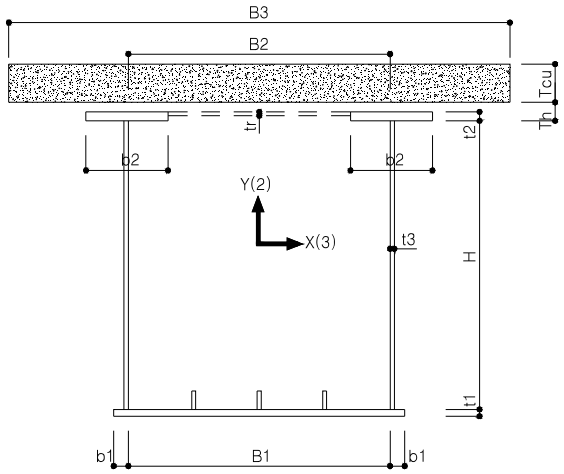
= 6,915,849 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,915,848.9² / {2x(2,862.5 / 16.0) + 2,416.0/37.040 + 2,416.0/(0.0+22.0) }

= 3.5904E+11 mm4

◎ 단면 < 단면15 > : 단면위치 : 74,3/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2680
t1	18
t2	28
t3	14
tr	0.840
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 20 X 4	하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 28	28000	1354.00	3.791E+07	5.133E+10	1.829E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1340.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2680 X 14	75040				4.491E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 20	16000	-1240.00	-1.984E+07	2.460E+10	5.333E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	-1349.00	-6.313E+07	8.517E+10	1.264E+06
TOTAL		165840		-4.506E+07	1.611E+11	4.497E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 161101134800 + 44970367600 = 206071502400 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -45061200 / 165840 = -271.71 mm

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

= 206071502400 - 165840 x -271.715 ² = 193827702681 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

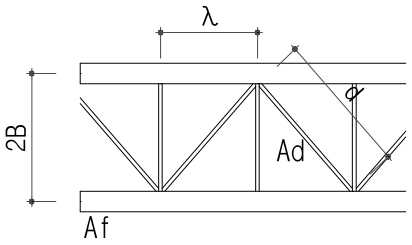
= $(500^3 \times 28 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 18 / 12) + ((2680 \times 14^3 / 12) + [(500 \times 28) + (2680 \times 14) \times (2400 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2$ = 176643841280 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1200 mm
d = 3466 mm
Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 28.0 = 14000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 14000}$ = 0.840mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6492260 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10206.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.414}{0.018} + \frac{2.414}{0.001} + 2 \times \frac{2.703}{0.01400}$ = 3394.563

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6492259.704\ \text{^2}}{3394.56}$ = 4.967E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.658.E+05 mm2
· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.504.E+04 mm2
· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.766.E+11 mm⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.938.E+11 mm⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 4.967.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 28	28000	2712.00	7.594E+07	7.400E+10	1.829E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2698.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2680 X 14	75040	1358.00	1.019E+08	5.540E+09	4.491E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 20	16000	118.00	1.888E+06	1.500E+10	5.333E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 18	46800	9.00	4.212E+05	5.431E+10	1.264E+06
TOTAL		165840	1086.29	1.801E+08	1.489E+11	4.497E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	2858.00	6.173E+08	1.279E+11	1.037E+09
강형		165840	1086.29	1.801E+08	1.666E+11	1.938E+11
TOTAL		381840	2088.51	7.975E+08	2.945E+11	1.949E+11

- 도심 : ysv = 797477520/381840 = 2088.512 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io
= 294475587522 + 194864502681 = 489340090203 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n
= 176643841280 + 6300.000 ³
x 240.0 / 12 / 7 = 891063841280 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,680.0 + 37.040/2 + 18.0/2

= 2,707.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,414.0 + 2,414.0) / 2 × 2,707.5

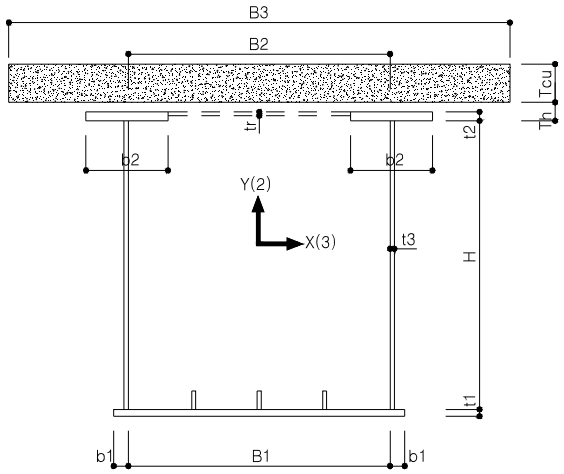
= 6,535,954 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,535,953.8² / {2x(2,707.5 / 14.0) + 2,414.0/37.040 + 2,414.0/(0.0+18.0) }

= 2.9156E+11 mm4

◎ 단면 < 단면16 > : 단면위치 : 76,1/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2514
t1	14
t2	18
t3	12
tr	0.822
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)				유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0			상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	180 X 16 X 4			하부플랜지	2600	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	1266.00	2.279E+07	2.885E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1257.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2514 X 12	60336				3.178E+10
LOWER RIB	4 - 180 X 16	11520	-1167.00	-1.344E+07	1.569E+10	3.110E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 14	36400	-1264.00	-4.601E+07	5.816E+10	5.945E+05
TOTAL		126256		-3.667E+07	1.027E+11	3.181E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 102694703680 + 31810130021 = 134504833701 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -36665440 / 126256 = -290.41 mm

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

= 134504833701 - 126256 x -290.406 ² = 123856987338 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12 \times 2) + ((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12) + ((H \times t3^3 /12 \times 2) + [(b2 \times t2 + H \times t3) \times (B1/2 + t3/2)^2] \times 2$

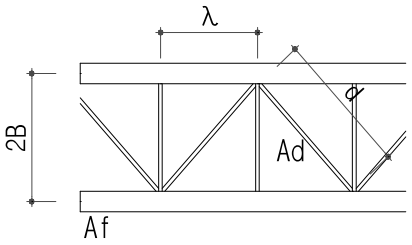
= $(500^3 \times 18 / 12 \times 2) + (2600^3 \times 14 / 12) + ((2514 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 18) + (2514 \times 12) \times (2400 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 134587011861 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1200 mm

d = 3466 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 18.0 = 9000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1200}{3466^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 9000}$ = 0.822mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6081643 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 9866.82 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.412}{0.014} + \frac{2.412}{0.001} + 2 \times \frac{2.530}{0.01200}$ = 3529.917

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6081642.772\ \text{^2}}{3529.92}$ = 4.191E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.263.E+05 mm2

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 6.034.E+04 mm2

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.346.E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.239.E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 4.191.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	2537.00	4.567E+07	4.360E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2528.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2514 X 12	60336	1271.00	7.669E+07	5.088E+09	3.178E+10
LOWER RIB	4 - 180 X 16	11520	104.00	1.198E+06	8.852E+09	3.110E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 14	36400	7.00	2.548E+05	3.450E+10	5.945E+05
TOTAL		126256	980.59	1.238E+08	9.205E+10	3.181E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	2688.00	5.806E+08	8.569E+10	1.037E+09
강형		126256	980.59	1.238E+08	1.466E+11	1.239E+11
TOTAL		342256	2058.15	7.044E+08	2.323E+11	1.249E+11

- 도심 : ysv = 704413936/342256 = 2058.149 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 232288693761 + 124893787338 = 357182481100 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 134587011861 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 849007011861 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,514.0 + 37.022/2 + 14.0/2

= 2,539.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,412.0 + 2,412.0) / 2 × 2,539.5

= 6,125,301 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

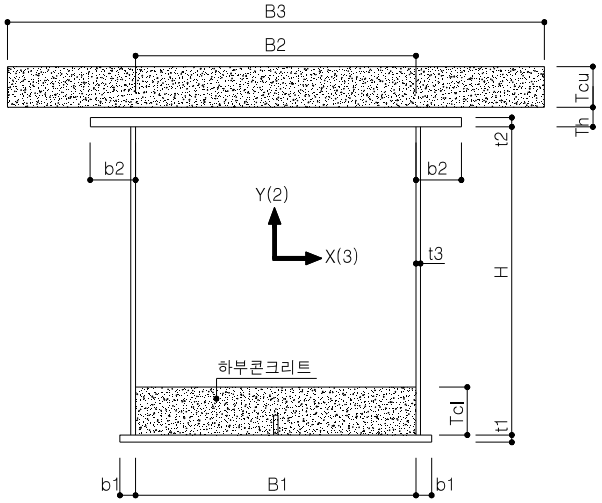
= 4 × 6,125,300.7² / {2x(2,539.5 / 12.0) + 2,412.0/37.022 + 2,412.0/(0.0+14.0) }

= 2.2715E+11 mm4

3) 이중합성부

- 폐합단면

◎ 단면 < 단면10 > : 단면위치 : 69,3/4지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3466
t1	22
t2	24
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	40
Tcl	490
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120 X 12 X 2	상부플랜지	2854	상부바닥판	6045	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	220 X 20 X 1	하부플랜지	2554	하부바닥판	2354	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 24	69600	1745.00	1.215E+08	2.119E+11	3.341E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1673.00	4.818E+06	8.061E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3466 X 16	110912				1.110E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	-1623.00	-7.141E+06	1.159E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	-1744.00	-9.976E+07	1.740E+11	2.307E+06
TOTAL		244992		1.937E+07	4.056E+11	1.111E+11

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

$= 405560682320 + 111060447056 = 516621129376\ mm^4$

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

$= 19372240 / 244992 = 79.07\ mm$

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

$= 516621129376 - 244992 \times 79.073^2 = 515089309224\ mm^4$

$I22 = ((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

$= (2900^3 \times 24 / 12) + (2600^3 \times 22 / 12) + ((3466 \times 16^3 / 12) + [(3466 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2 = 242870668224\ mm^4$

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,466.0 + 24.0 / 2 + 22.0 / 2

= 3,489.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,489.0

= 8,429,424 mm^2

K = $4 \cdot F^2$ / ($\oint ds/t$) = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)}

= 4 × 8,429,424.0² / {2x(3,489.0 / 16.0) + 2,400.0/22.000 + 2,400.0/24.0 }

= 4.4050E+11 mm^4

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 24	69600	3500.00	2.436E+08	1.932E+11	3.341E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3428.00	9.873E+06	7.317E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3466 X 16	110912	1755.00	1.947E+08	6.935E+08	1.110E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	132.00	5.808E+05	1.275E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	11.00	6.292E+05	1.901E+11	2.307E+06
TOTAL		244992	1834.07	4.493E+08	4.040E+11	1.111E+11

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
하부슬래브	1 - 2400 X 490	1176000				2.353E+10
환산		168000	267.00	4.486E+07	1.452E+11	3.361E+09
강형		244992	1834.07	4.493E+08	9.956E+10	5.151E+11
TOTAL		412992	1196.61	4.942E+08	2.447E+11	5.185E+11

- 도심 : ysv = 494189200/412992 = 1196.607 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 244736065358 + 518450709224 = 763186774582 mm^4

Iv22 = I22 + $B1^3$ x Tcl / 12 / n

= 242870668224 + 2400.000 ^{3}

x 490.0 / 12 / 7 = 323510668224 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 490 × 13,239 / 79,000 = 82.1 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,466.0 + 24.0/2 + (82.1 + 22.0)/2

= 3,530.1 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,530.1

= 8,528,619 mm^2

K = $4 \cdot F^2$ / ($\oint ds/t$) = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 8,528,619.5² / {2x(3,530.1 / 16.0) + 2,416.0/24.000 + 2,416.0/(82.1+22.0) }

= 5.1484E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3648.00	7.880E+08	5.596E+11	1.037E+09
단일합성		412992	1196.61	4.942E+08	2.927E+11	7.632E+11
TOTAL		628992	2038.43	1.282E+09	8.523E+11	7.642E+11

- 도심 : ysv = 1282157200/628992 2038.432 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 852267802047 + 764223574582 = 1616491376629 mm⁴

Iv22 = I22 + B3³ x Tcu / 12 / n

= 323510668224 + 6300.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 1037930668224 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 490 × 13,239 / 79,000 = 82.1 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,466.0 + (36.2+24.0)/2 + (82.1 + 22.0)/2

= 3,548.2 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,548.2

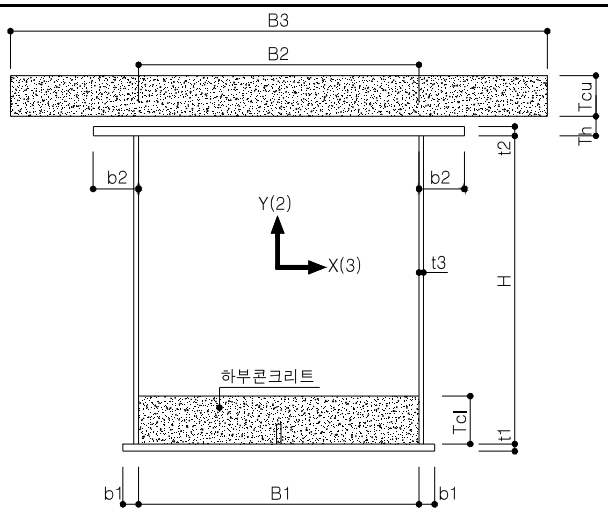
= 8,572,350 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 8,572,349.8² / {2x(3,548.2 / 16.0) + 2,416.0/(36.2+24.0) + 2,416.0/(82.1+22.0) }

= 5.7993E+11 mm^4

◎ 단면 < 단면11 > : 단면위치 : 17,J지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3700
t1	28
t2	40
t3	18
tr	0
Tcu	240
Th	40
Tcl	600
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120 X 12 X 2	상부플랜지	2793	상부바닥판	5888	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	280 X 20 X 1	하부플랜지	2493	하부바닥판	2293	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 40	116000	1870.00	2.169E+08	4.056E+11	1.547E+07
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1790.00	5.155E+06	9.228E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3700 X 18	133200				1.520E+11
LOWER RIB	1 - 280 X 20	5600	-1710.00	-9.576E+06	1.637E+10	3.659E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 28	72800	-1864.00	-1.357E+08	2.529E+11	4.756E+06
TOTAL		330480		7.680E+07	6.842E+11	1.520E+11

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 684186476800 + 152019265600 = 836205742400 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 76800000 / 330480 = 232.39 mm

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

= 836205742400 - 330480 x 232.389 ² = 818358247847 mm⁴

I22 = $((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

= $(2900^3 \times 40 / 12) + (2600^3 \times 28 / 12) + ((3700 \times 18^3 / 12) + [(3700 \times 18) \times (2400 / 2 + 18 / 2)^2] \times 2$ = 317043425600 mm⁴

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,700.0 + 40.0 / 2 + 28.0 / 2

= 3,734.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,418.0 + 2,418.0) / 2 × 3,734.0

= 9,028,812 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 9,028,812.0² / {2x(3,734.0 / 18.0) + 2,400.0/28.000 + 2,400.0/40.0 }

= 5.8166E+11 mm^4

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2900 X 40	116000	3748.00	4.348E+08	3.111E+11	1.547E+07
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3668.00	1.056E+07	6.987E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3700 X 18	133200	1878.00	2.501E+08	7.193E+09	1.520E+11
LOWER RIB	1 - 280 X 20	5600	168.00	9.408E+05	2.113E+10	3.659E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 28	72800	14.00	1.019E+06	3.199E+11	4.756E+06
TOTAL		330480	2110.39	6.974E+08	6.663E+11	1.520E+11

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2400 X 600	1440000				4.320E+10
환산		205714	328.00	6.747E+07	2.483E+11	6.171E+09
강형		330480	2110.39	6.974E+08	1.545E+11	8.184E+11
TOTAL		536194	1426.56	7.649E+08	4.028E+11	8.245E+11

- 도심 : ysv = 764915726/536194 = 1426.564 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 402802875332 + 824529676418 = 1227332551750 mm^4

Iv22 = I22 + $B1^3$ x Tcl / 12 / n

= 317043425600 + 2400.000^3

x 600.0 / 12 / 7 = 415786282743 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 600 × 13,239 / 79,000 = 100.5 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,700.0 + 40.0/2 + (100.5 + 28.0)/2

= 3,784.3 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,418.0 + 2,418.0) / 2 × 3,784.3

= 9,150,376 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 9,150,376.4² / {2x(3,784.3 / 18.0) + 2,418.0/40.000 + 2,418.0/(100.5+28.0) }

= 6.7019E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3888.00	8.398E+08	6.650E+11	1.037E+09
단일합성		536194	1426.56	7.649E+08	2.679E+11	1.227E+12
TOTAL		752194	2133.39	1.605E+09	9.329E+11	1.228E+12

- 도심 : ysv = 1604723726/752194 2133.390 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 932873652559 + 1228369351750 = 2161243004309 mm^4

Iv22 = $I22 + B3^3 \times Tcu / 12 / n$

= 415786282743 + 6300.000 ^{3}

x 240.0 / 12 / 7 = 1130206282743 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 600 × 13,239 / 79,000 = 100.5 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,700.0 + (36.2+40.0)/2 + (100.5 + 28.0)/2

= 3,802.4 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,418.0 + 2,418.0) / 2 × 3,802.4

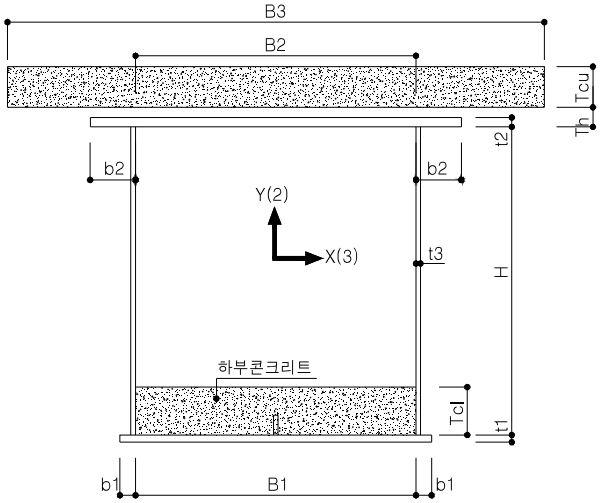
= 9,194,143 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 9,194,142.9² / {2x(3,802.4 / 18.0) + 2,418.0/(36.2+40.0) + 2,418.0/(100.5+28.0) }

= 7.1482E+11 mm^4

◎ 단면 < 단면12 > : 단면위치 : 72,1/4지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3468
t1	22
t2	28
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	40
Tcl	530
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)					유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120	X	12	X 2	상부플랜지	2828	상부바닥판	6005	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	220	X	20	X 1	하부플랜지	2528	하부바닥판	2328	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 28	81200	1748.00	1.419E+08	2.481E+11	5.305E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1674.00	4.821E+06	8.071E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3468 X 16	110976				1.112E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	-1624.00	-7.146E+06	1.160E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	-1745.00	-9.981E+07	1.742E+11	2.307E+06
TOTAL		256656		3.980E+07	4.420E+11	1.113E+11

Is´ = ∑AsY² + ∑Io

= 441957364080 + 111254732752 = 553212096832 mm⁴

δs = ∑AsY / ∑As

= 39799120 / 256656 = 155.07 mm

I33 = Is´ - ∑As x δs²

= 553212096832 - 256656 x 155.068 ² = 547040528847 mm⁴

I22 = ((B2+b2×2)³ ×t2/12)+((B1+b1×2)³ ×t1/12)+((H×t3³ /12×2)+[(H×t3)×(B1/2+t3/2)²]×2

= (2900³ × 28 / 12) + (2600³ × 22 / 12) + ((3468 × 16³ / 12) + [(3468 × 16)

× (2400 / 2 + 16 / 2)²] × 2 = 251093729152 mm⁴

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,468.0 + 28.0 / 2 + 22.0 / 2

= 3,493.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,493.0

= 8,439,088 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 8,439,088.0² / {2x(3,493.0 / 16.0) + 2,400.0/22.000 + 2,400.0/28.0 }

= 4.5115E+11 mm^4

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2900 X 28	81200	3504.00	2.845E+08	2.060E+11	5.305E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3430.00	9.878E+06	6.645E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3468 X 16	110976	1756.00	1.949E+08	2.669E+09	1.112E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	132.00	5.808E+05	1.393E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	11.00	6.292E+05	2.065E+11	2.307E+06
TOTAL		256656	1911.07	4.905E+08	4.358E+11	1.113E+11

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2400 X 530	1272000				2.978E+10
환산		181714	287.00	5.215E+07	1.643E+11	4.254E+09
강형		256656	1911.07	4.905E+08	1.163E+11	5.470E+11
TOTAL		438370	1237.86	5.426E+08	2.806E+11	5.513E+11

- 도심 : ysv = 542639056/438370 = 1237.855 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 280612993406 + 551294157418 = 831907150825 mm^4

Iv22 = $I22 + B1^3 \times Tcl / 12 / n$

= 251093729152 + 2400.000^3

x 530.0 / 12 / 7 = 338316586295 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 530 × 13,239 / 79,000 = 88.8 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,468.0 + 28.0/2 + (88.8 + 22.0)/2

= 3,537.4 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,537.4

= 8,546,381 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 8,546,381.1² / {2x(3,537.4 / 16.0) + 2,416.0/28.000 + 2,416.0/(88.8+22.0) }

= 5.3095E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3650.00	7.884E+08	5.640E+11	1.037E+09
단일합성		438370	1237.86	5.426E+08	2.779E+11	8.319E+11
TOTAL		654370	2034.08	1.331E+09	8.419E+11	8.329E+11

- 도심 : ysv = 1331039056/654370 2034.076 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 841933793787 + 832943950825 = 1674877744612 mm^4

Iv22 = I22 + $B3^3$ x Tcu / 12 / n

= 338316586295 + 6300.000 ^{3}

x 240.0 / 12 / 7 = 1052736586295 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 530 × 13,239 / 79,000 = 88.8 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,468.0 + (36.2+28.0)/2 + (88.8 + 22.0)/2

= 3,555.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,555.5

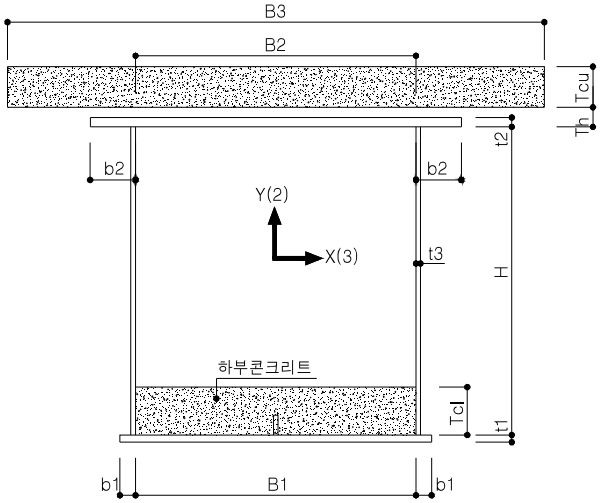
= 8,590,111 mm^2

K = $4 \cdot F^2$ / ($\oint$ ds/t) = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 8,590,111.4² / {2x(3,555.5 / 16.0) + 2,416.0/(36.2+28.0) + 2,416.0/(88.8+22.0) }

= 5.8578E+11 mm^4

◎ 단면 < 단면13 > : 단면위치 : 72,J지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3109
t1	22
t2	28
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	40
Tcl	470
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	2847	상부바닥판	6088	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	220 X 20 X 1	하부플랜지	2547	하부바닥판	2347	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2900 X 28	81200	1568.50	1.274E+08	1.998E+11	5.305E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1554.50	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3109 X 16	99488				8.014E+10
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	-1444.50	-6.356E+06	9.181E+09	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	-1565.50	-8.955E+07	1.402E+11	2.307E+06
TOTAL		242288		3.146E+07	3.491E+11	8.016E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 349133766100 + 80161956211 = 429295722311 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 31459800 / 242288 = 129.84 mm

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

= 429295722311 - 242288 x 129.845 ² = 425210835663 mm⁴

I22 = $((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

= $(2900^3 \times 28 / 12) + (2600^3 \times 22 / 12) + ((3109 \times 16^3 / 12) + [(3109 \times 16) \times (2400 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$

= 234329459243 mm⁴

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,109.0 + 28.0 / 2 + 22.0 / 2

= 3,134.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,134.0

= 7,571,744 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 7,571,744.0² / {2x(3,134.0 / 16.0) + 2,400.0/22.000 + 2,400.0/28.0 }

= 3.9097E+11 mm^4

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2900 X 28	81200	3145.00	2.554E+08	1.681E+11	5.305E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3131.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3109 X 16	99488	1576.50	1.568E+08	1.677E+09	8.014E+10
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	132.00	5.808E+05	1.091E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2600 X 22	57200	11.00	6.292E+05	1.644E+11	2.307E+06
TOTAL		242288	1706.34	4.134E+08	3.450E+11	8.016E+10

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2400 X 470	1128000				2.076E+10
환산		161143	257.00	4.141E+07	1.221E+11	2.966E+09
강형		242288	1706.34	4.134E+08	8.120E+10	4.252E+11
TOTAL		403431	1127.43	4.548E+08	2.033E+11	4.282E+11

- 도심 : ysv = 454840546/403431 = 1127.431 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 203290551370 + 428177207092 = 631467758462 mm^4

Iv22 = $I22 + B1^3 \times Tcl / 12 / n$

= 234329459243 + 2400.000^3

x 470.0 / 12 / 7 = 311678030671 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 470 × 13,239 / 79,000 = 78.8 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,109.0 + 28.0/2 + (78.8 + 22.0)/2

= 3,173.4 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,173.4

= 7,666,891 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 7,666,890.7² / {2x(3,173.4 / 16.0) + 2,416.0/28.000 + 2,416.0/(78.8+22.0) }

= 4.6382E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 6300 X 240	1512000				7.258E+09
환산		216000	3291.00	7.109E+08	4.289E+11	1.037E+09
단일합성		403431	1127.43	4.548E+08	2.296E+11	6.315E+11
TOTAL		619431	1881.88	1.166E+09	6.585E+11	6.325E+11

- 도심 : ysv = 1165696546/619431 1881.883 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 658523741787 + 632504558462 = 1291028300249 mm^4

Iv22 = I22 + $B3^3$ x Tcu / 12 / n

= 311678030671 + 6300.000 ^{3}

x 240.0 / 12 / 7 = 1026098030671 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 470 × 13,239 / 79,000 = 78.8 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,109.0 + (36.2+28.0)/2 + (78.8 + 22.0)/2

= 3,191.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,416.0 + 2,416.0) / 2 × 3,191.5

= 7,710,621 mm^2

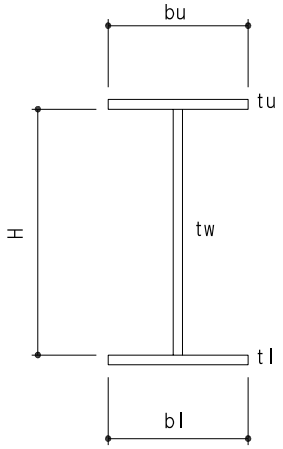
K = $4 \cdot F^2$ / ($\oint$ ds/t) = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,710,621.0² / {2x(3,191.5 / 16.0) + 2,416.0/(36.2+28.0) + 2,416.0/(78.8+22.0) }

= 5.1638E+11 mm^4

3) 가로보

◎ 가로보 단면 < 1 >



bu =	400.0	mm
bl =	400.0	mm
H =	2,400.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	16.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,206.0	5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	1.843E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,206.0	-5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
합 계		48,000.0	-	0.000E+00	1.396E+10	1.843E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	8.192E+05
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		48,000.0	-	-	-	1.288E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 13,962,585,600.0 + 18,432,115,200.0 = 3.239E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 128,819,200.0 = 1.288E+08 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

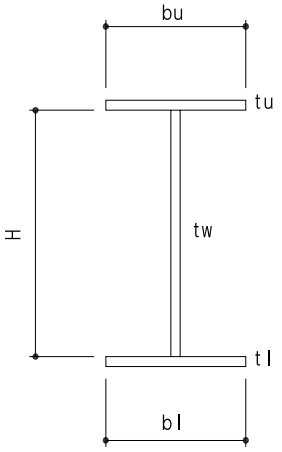
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (400.0 × 12.0^3 + 2,400.0 × 16.0^3 + 400.0 × 12.0^3) / 3 = 3.738E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 2 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	2,400.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	16.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	1,206.0	4.342E+06	5.236E+09	4.320E+04
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	1.843E+10
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-1,206.0	-4.342E+06	5.236E+09	4.320E+04
합 계		45,600.0	-	0.000E+00	1.047E+10	1.843E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	8.192E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		45,600.0	-	-	-	5.482E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 10,471,939,200.0 + 18,432,086,400.0 = 2.890E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,819,200.0 = 5.482E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

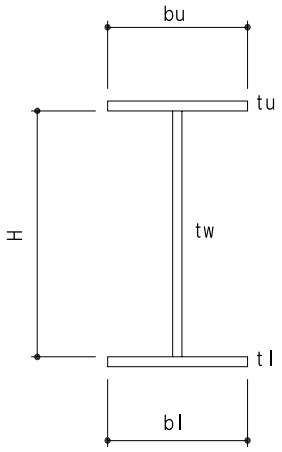
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0^3 + 2,400.0 × 16.0^3 + 300.0 × 12.0^3) / 3 = 3.622E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 3 >



bu	=	300.0 mm
bl	=	300.0 mm
H	=	1,800.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	12.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	906.0	3.262E+06	2.955E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-906.0	-3.262E+06	2.955E+09	4.320E+04
합 계		28,800.0	-	0.000E+00	5.910E+09	5.832E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	2.592E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		28,800.0	-	-	-	5.426E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 5,910,019,200.0 + 5,832,086,400.0 = 1.174E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,259,200.0 = 5.426E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

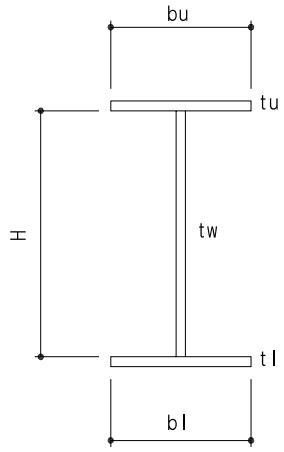
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0^3 + 1,800.0 × 12.0^3 + 300.0 × 12.0^3) / 3 = 1.382E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 4 >



bu =	300.0	mm
bl =	300.0	mm
H =	2,200.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	16.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	1,106.0	3.982E+06	4.404E+09	4.320E+04
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	1.420E+10
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-1,106.0	-3.982E+06	4.404E+09	4.320E+04
합 계		42,400.0	-	0.000E+00	8.807E+09	1.420E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	7.509E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		42,400.0	-	-	-	5.475E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 8,807,299,200.0 + 14,197,419,733.3 = 2.300E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,750,933.3 = 5.475E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

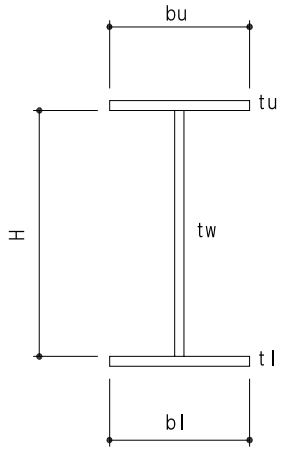
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0^3 + 2,200.0 × 16.0^3 + 300.0 × 12.0^3) / 3 = 3.349E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 5 >



bu	=	400.0	mm
bl	=	400.0	mm
H	=	2,600.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	18.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,306.0	6.269E+06	8.187E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,600.0 × 18.0	46,800.0	-	-	-	2.636E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,306.0	-6.269E+06	8.187E+09	5.760E+04
합 계		56,400.0	-	0.000E+00	1.637E+10	2.636E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,600.0 × 18.0	46,800.0	-	-	-	1.264E+06
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		56,400.0	-	-	-	1.293E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 16,374,105,600.0 + 26,364,115,200.0 = 4.274E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 129,263,600.0 = 1.293E+08 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

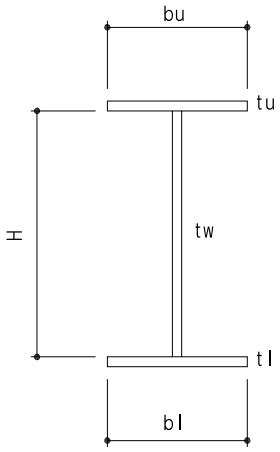
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (400.0 × 12.0^3 + 2,600.0 × 18.0^3 + 400.0 × 12.0^3) / 3 = 5.515E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 6 >



bu	=	400.0	mm
bl	=	400.0	mm
H	=	2,900.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	22.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,456.0	6.989E+06	1.018E+10	5.760E+04
WEB	1 - 2,900.0 × 22.0	63,800.0	-	-	-	4.471E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,456.0	-6.989E+06	1.018E+10	5.760E+04
합 계		73,400.0	-	0.000E+00	2.035E+10	4.471E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,900.0 × 22.0	63,800.0	-	-	-	2.573E+06
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		73,400.0	-	-	-	1.306E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 20,351,385,600.0 + 44,713,281,866.7 = 6.506E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 130,573,266.7 = 1.306E+08 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

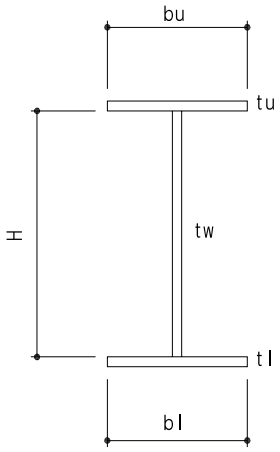
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (400.0 × 12.0^3 + 2,900.0 × 22.0^3 + 400.0 × 12.0^3) / 3 = 1.075E+07 mm^4

◎ 가로보 단면 < 7 >



bu	=	400.0 mm
bl	=	400.0 mm
H	=	2,400.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	18.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,206.0	5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,400.0 × 18.0	43,200.0	-	-	-	2.074E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,206.0	-5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
합 계		52,800.0	-	0.000E+00	1.396E+10	2.074E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,400.0 × 18.0	43,200.0	-	-	-	1.166E+06
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		52,800.0	-	-	-	1.292E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 13,962,585,600.0 + 20,736,115,200.0 = 3.470E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 129,166,400.0 = 1.292E+08 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

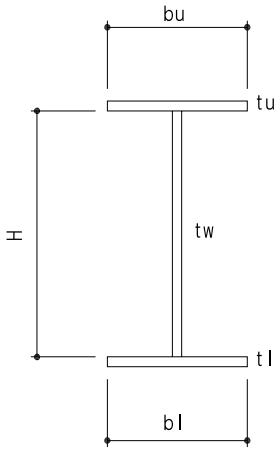
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (400.0 × 12.0^3 + 2,400.0 × 18.0^3 + 400.0 × 12.0^3) / 3 = 5.126E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 8 >



bu	=	300.0 mm
bl	=	300.0 mm
H	=	1,900.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	14.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	956.0	3.442E+06	3.290E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,900.0 × 14.0	26,600.0	-	-	-	8.002E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-956.0	-3.442E+06	3.290E+09	4.320E+04
합 계		33,800.0	-	0.000E+00	6.580E+09	8.002E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,900.0 × 14.0	26,600.0	-	-	-	4.345E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		33,800.0	-	-	-	5.443E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 6,580,339,200.0 + 8,002,253,066.7 = 1.458E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,434,466.7 = 5.443E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

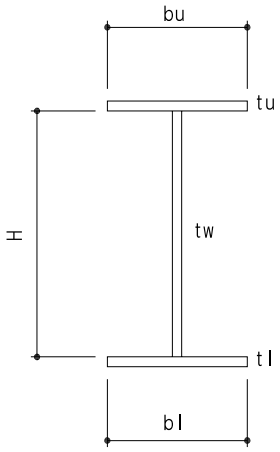
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0^3 + 1,900.0 × 14.0^3 + 300.0 × 12.0^3) / 3 = 2.083E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 9 >



bu	=	300.0 mm
bl	=	300.0 mm
H	=	1,600.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	12.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	806.0	2.902E+06	2.339E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	4.096E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-806.0	-2.902E+06	2.339E+09	4.320E+04
합 계		26,400.0	-	0.000E+00	4.677E+09	4.096E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	2.304E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		26,400.0	-	-	-	5.423E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 4,677,379,200.0 + 4,096,086,400.0 = 8.773E+09 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,230,400.0 = 5.423E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

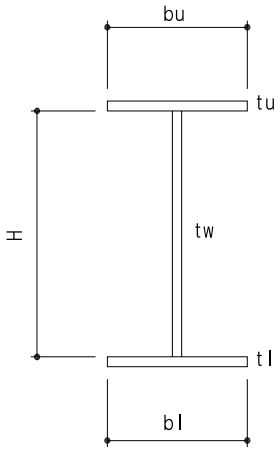
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0^3 + 1,600.0 × 12.0^3 + 300.0 × 12.0^3) / 3 = 1.267E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 10 >



bu	=	300.0	mm
bl	=	300.0	mm
H	=	1,500.0	mm
tu	=	12.0	mm
tw	=	12.0	mm
tl	=	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	756.0	2.722E+06	2.058E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,500.0 × 12.0	18,000.0	-	-	-	3.375E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-756.0	-2.722E+06	2.058E+09	4.320E+04
합 계		25,200.0	-	0.000E+00	4.115E+09	3.375E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,500.0 × 12.0	18,000.0	-	-	-	2.160E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		25,200.0	-	-	-	5.422E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 4,115,059,200.0 + 3,375,086,400.0 = 7.490E+09 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,216,000.0 = 5.422E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

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

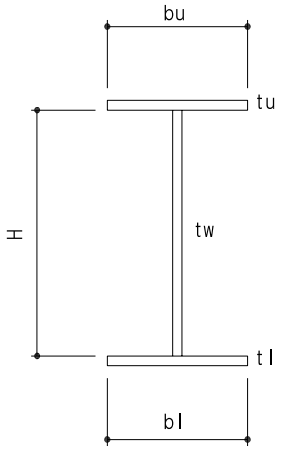
- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0^3 + 1,500.0 × 12.0^3 + 300.0 × 12.0^3) / 3 = 1.210E+06 mm^4

4) 세로보

◎ 세로보 단면 < 1 >



bu =	300.0	mm
bl =	300.0	mm
H =	1,000.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	12.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	506.0	1.822E+06	9.217E+08	4.320E+04
WEB	1 - 1,000.0 × 12.0	12,000.0	-	-	-	1.000E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-506.0	-1.822E+06	9.217E+08	4.320E+04
합 계		19,200.0	-	0.000E+00	1.843E+09	1.000E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,000.0 × 12.0	12,000.0	-	-	-	1.440E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		19,200.0	-	-	-	5.414E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 1,843,459,200.0 + 1,000,086,400.0 = 2.844E+09 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,144,000.0 = 5.414E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

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

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

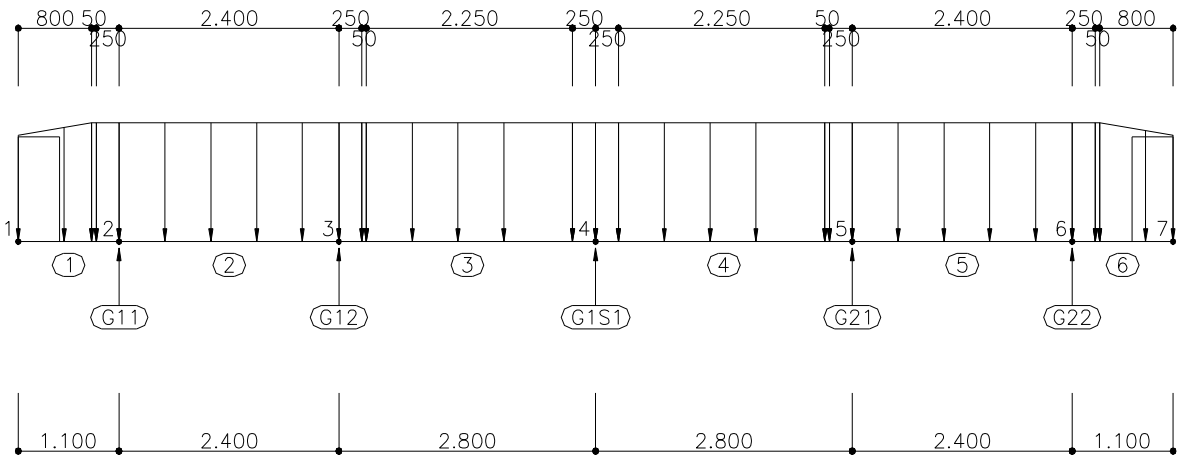
= (300.0 × 12.0^3 + 1,000.0 × 12.0^3 + 300.0 × 12.0^3) / 3 = 9.216E+05 mm^4

4.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

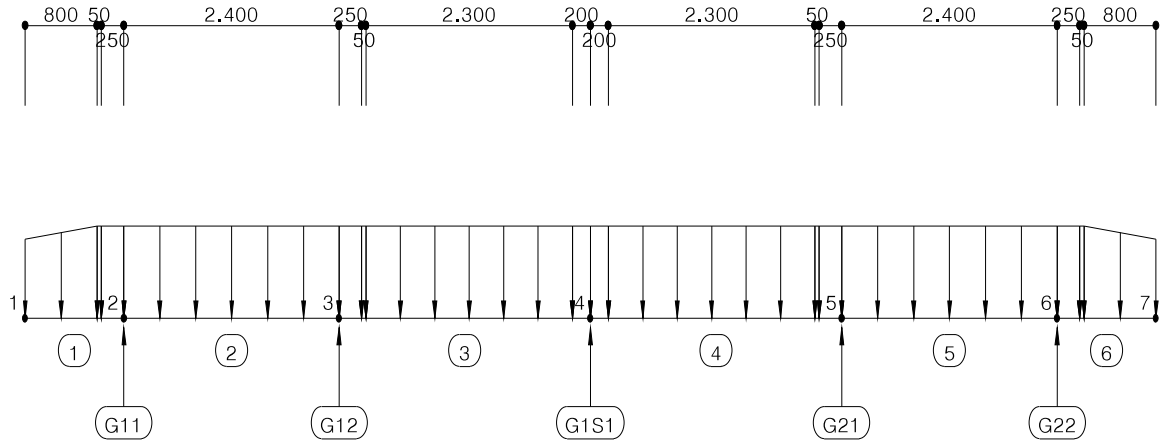
1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)

(1) 슬래브자중(STA. 1K+175.830, STA. 1K+431.250)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-11.000	0.800	-12.000	분포하중
W2	1	0.800	-11.550	0.850	-11.550	분포하중
W3	1	0.850	-11.550	1.100	-11.550	분포하중
W4	2	0.000	-11.550	2.400	-11.550	분포하중
W5	3	0.000	-11.550	0.250	-11.550	분포하중
W6	3	0.250	-11.550	0.300	-11.550	분포하중
W7	3	0.300	-11.550	2.600	-11.550	분포하중
W8	3	2.600	-11.550	2.800	-11.550	분포하중
W9	4	0.000	-11.550	0.200	-11.550	분포하중
W10	4	0.200	-11.550	2.500	-11.550	분포하중
W11	4	2.500	-11.550	2.550	-11.550	분포하중
W12	4	2.550	-11.550	2.800	-11.550	분포하중
W13	5	0.000	-11.550	2.400	-11.550	분포하중
W14	6	0.000	-11.550	0.250	-11.550	분포하중
W15	6	0.250	-11.550	0.300	-11.550	분포하중
W16	6	0.300	-12.000	1.100	-11.000	분포하중

(2) 슬래브자중(STA. 1K+179.000 ~ STA. 1K+428.000)

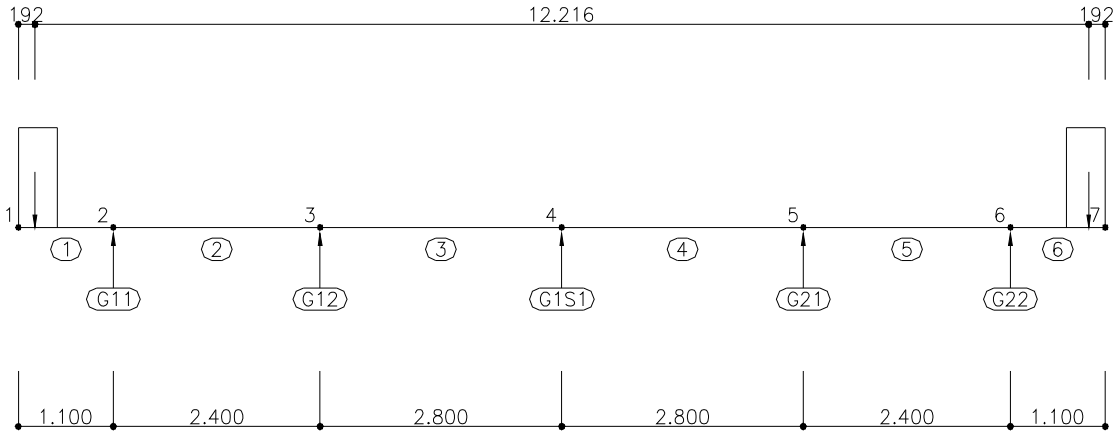


하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-6.000	0.800	-7.000	분포하중
W2	1	0.800	-7.000	0.850	-7.000	분포하중
W3	1	0.850	-6.000	1.100	-6.000	분포하중
W4	2	0.000	-6.300	2.400	-6.300	분포하중
W5	3	0.000	-6.300	0.250	-6.300	분포하중
W6	3	0.250	-6.300	0.300	-6.300	분포하중
W7	3	0.300	-6.300	2.600	-6.300	분포하중
W8	3	2.600	-6.300	2.800	-6.300	분포하중
W9	4	0.000	-6.300	0.200	-6.300	분포하중
W10	4	0.200	-6.300	2.500	-6.300	분포하중
W11	4	2.500	-6.300	2.550	-6.300	분포하중
W12	4	2.550	-6.300	2.800	-6.300	분포하중
W13	5	0.000	-6.300	2.400	-6.300	분포하중
W14	6	0.000	-6.000	0.250	-6.000	분포하중
W15	6	0.250	-7.000	0.300	-7.000	분포하중
W16	6	0.300	-7.000	1.100	-6.000	분포하중

* Rib Deck의 Rib 하중은 0.3kN/m² 로 적용됨.

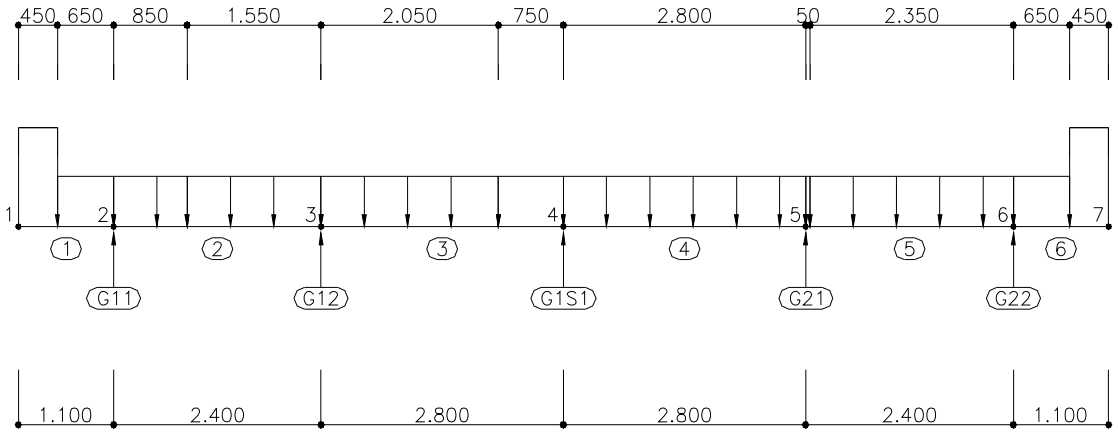
2) 합성후 고정하중

(1) 방호벽(STA. 1K+175.730)



하중명	재하 부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
P1	1	0.192	-9.839	-	-	집중하중
P2	6	0.908	-9.839	-	-	집중하중

(2) 아스콘(STA. 1K+175.730)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.450	-1.175	1.100	-1.175	분포하중
W2	2	0.000	-1.175	0.850	-1.175	분포하중
W3	2	0.850	-1.175	2.400	-1.175	분포하중
W4	3	0.000	-1.175	2.050	-1.175	분포하중
W5	3	2.050	-1.175	2.800	-1.175	분포하중
W6	4	0.000	-1.175	2.800	-1.175	분포하중
W7	5	0.000	-1.175	0.050	-1.175	분포하중
W8	5	0.050	-1.175	2.400	-1.175	분포하중
W9	6	0.000	-1.175	0.650	-1.175	분포하중

3) 활하중

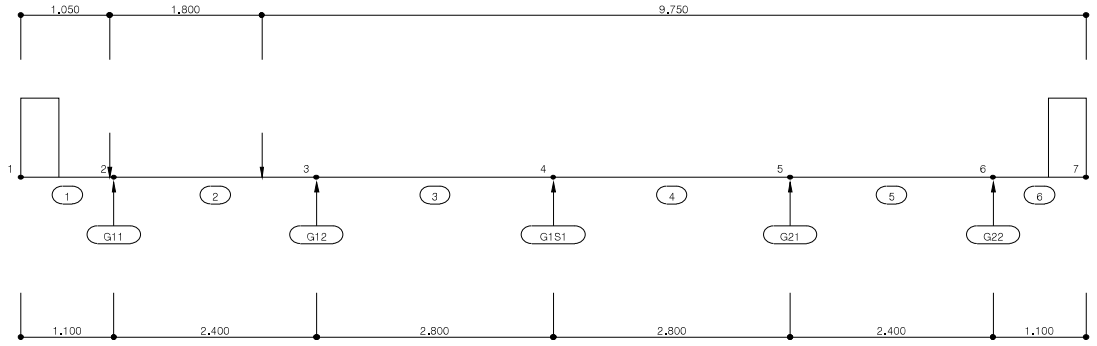
연석간의 교폭 Wc = 11.700 m (STA. 1K+175.730)

∴ 설계 차로수 N = 3 (☞ 도.설 2.1.3)

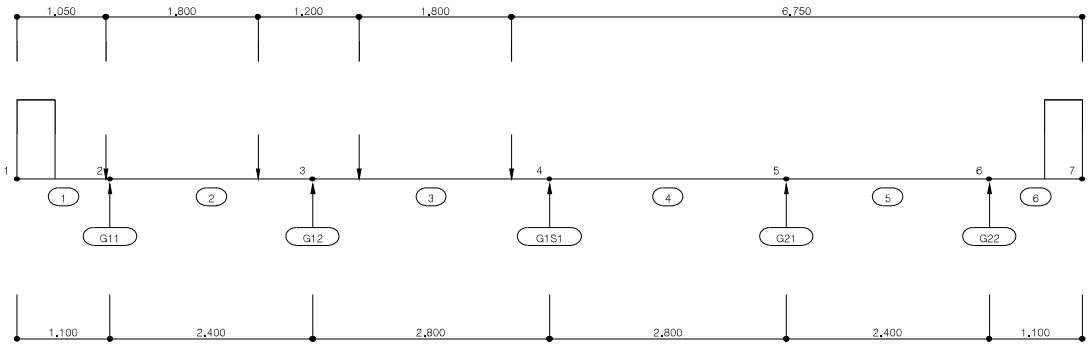
설계 차로폭 W = Wc / N = 11.700 / 3 = 3.900 > 3.6 m ⇒ W = 3.600 m

☞ 곡선교와 같이 차량의 편심재하에 대한 설계가 중요한 교량에서는 표준차로폭이나 설계차로폭에 관계없이 DB하중이나 DL하중을 표준점유폭인 3m마다 연속시켜서 설계차선수 이내로 최대의 편심효과가 일어날 수 있도록 재하한다. 설계차로폭 W = 3.0 m

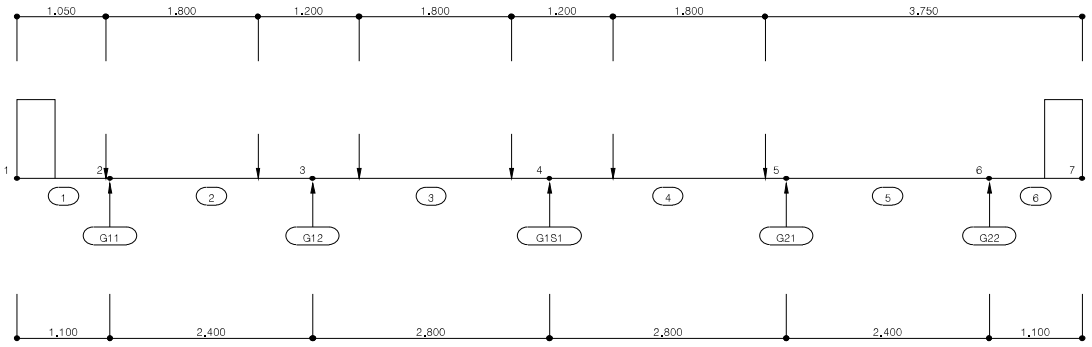
< G1 Max DB 1선 >



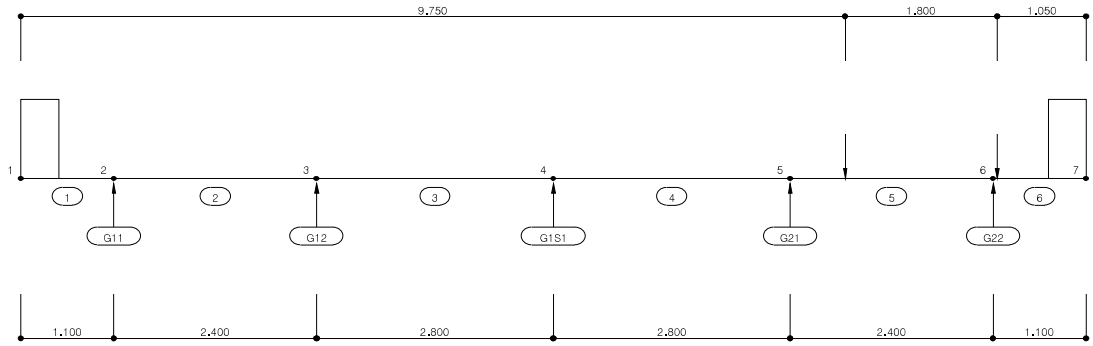
< G1 Max DB 2선 >



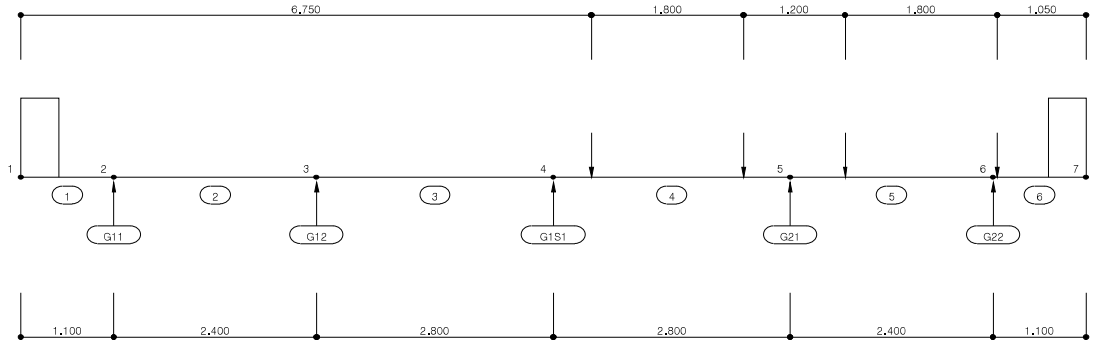
< G1 Max DB 3선 >



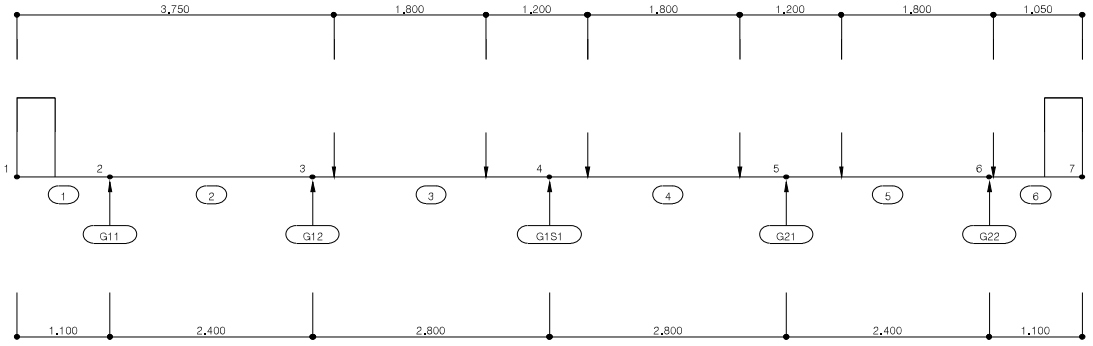
< G2 Max DB 1선 >



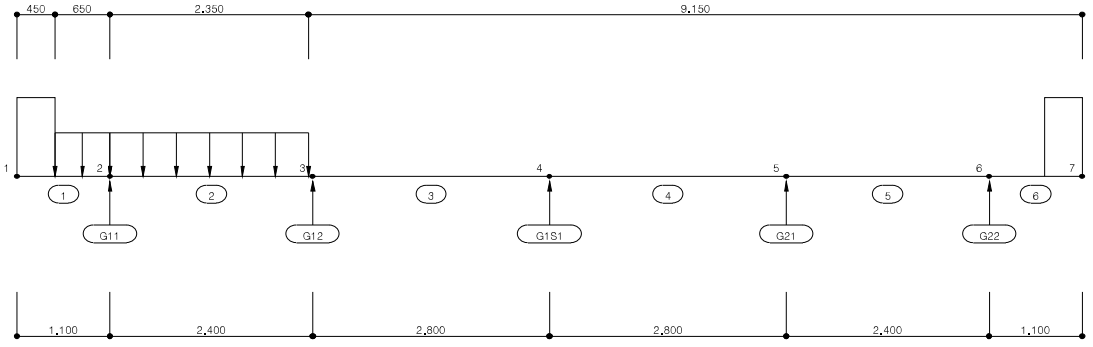
< G2 Max DB 2선 >



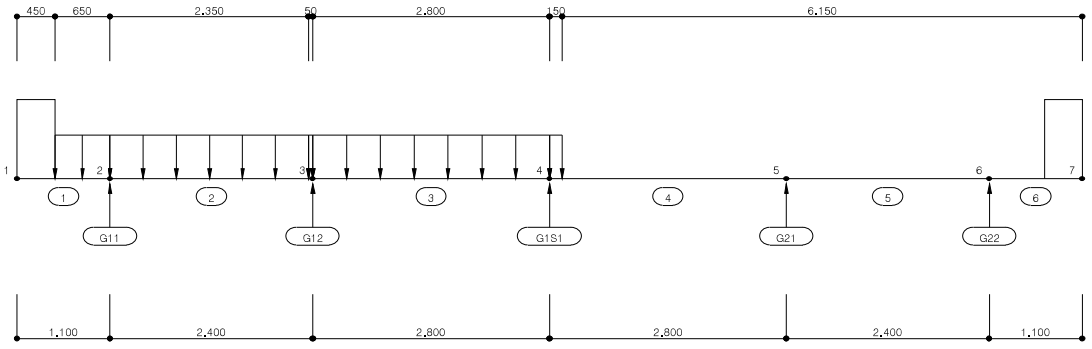
< G2 Max DB 3선 >



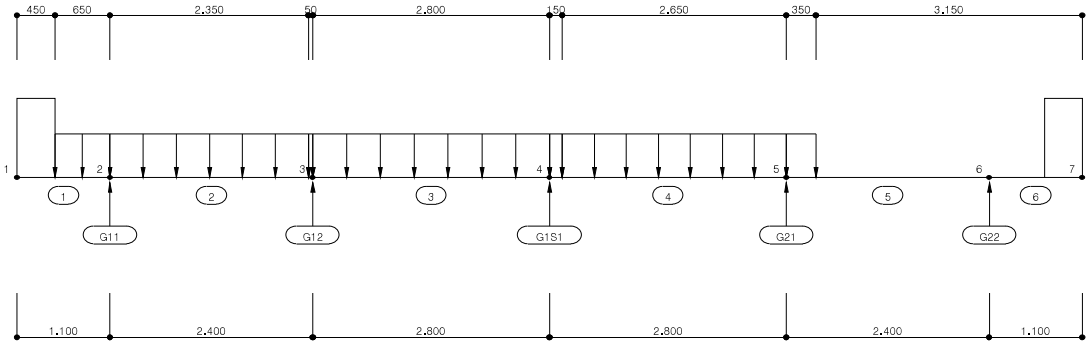
< G1 Max DL 1선 >



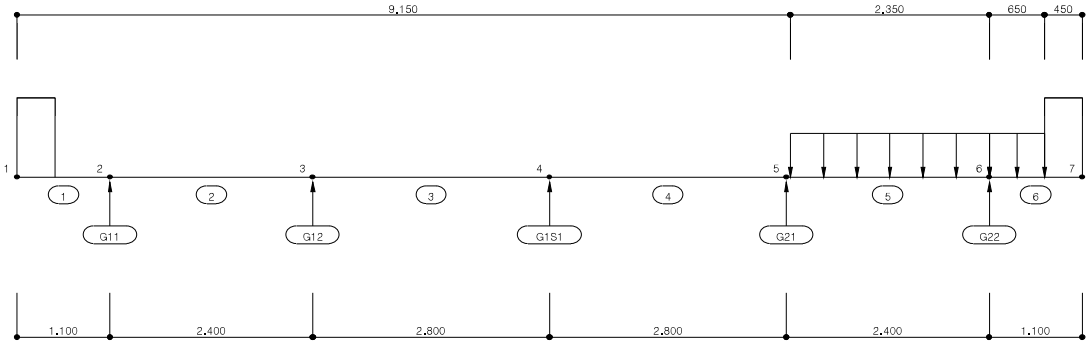
< G1 Max DL 2선 >



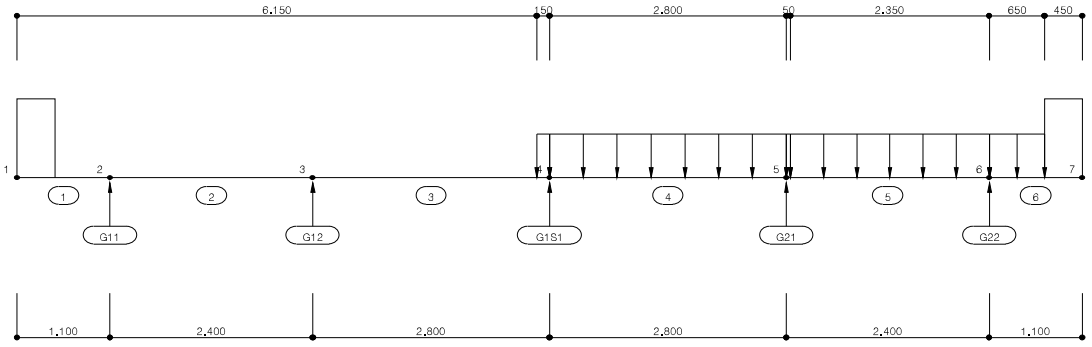
< G1 Max DL 3선 >



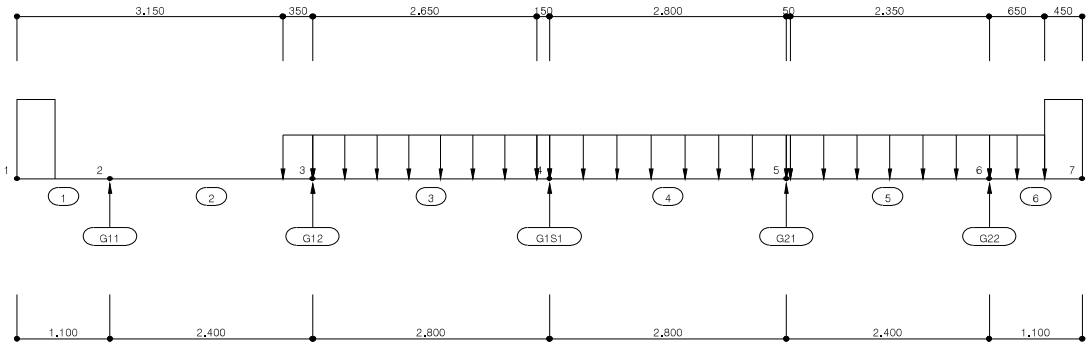
< G2 Max DL 1선 >



< 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) 활하중 충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

지간장 (L) = 81.300 + 93.000 + 81.320 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

$$i = \frac{15}{40 + 81.3} = 0.124 < 0.3 \Rightarrow 0.124$$

◁ 제2 지간

$$i = \frac{15}{40 + 93} = 0.113 < 0.3 \Rightarrow 0.113$$

◁ 제3 지간

$$i = \frac{15}{40 + 81.32} = 0.124 < 0.3 \Rightarrow 0.124$$

◁ 제1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (81.300 + 93.000) / 2} = 0.118 < 0.3 \Rightarrow 0.118$$

◁ 제2 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (93.000 + 81.320) / 2} = 0.118 < 0.3 \Rightarrow 0.118$$

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.124 를 적용함.

6) 원심하중 (☞ 도.설 2.1.17)

곡선교에 적용되는 원심하중은 설계차로에 재하된 DB하중의 백분율로서 다음의 값을 사용한다.

◁ 원심하중의 백분율

$$CF = \frac{0.79\ V^2}{R} = \frac{0.790 \times 60\text{^}2}{300} = 9.5\ \%$$

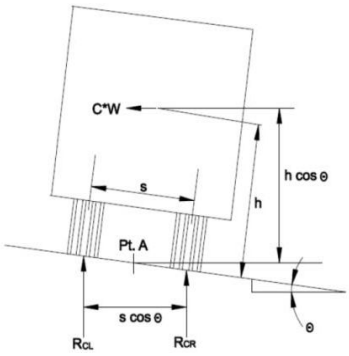
여기서, V = 60 km/h

R = 300 m

◁ 횡분배를 위한 차륜의 분배계수 산정

① 원심하중에 의한 차륜의 반력

$$R_{CL} = -R_{CR} = CF \times W = 0.095\ W$$



② 편구배에 의한 차륜의 반력

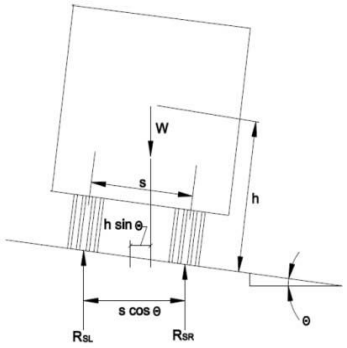
S = **0.06** (slop) s = **1800**

θ = 3.43 ° h = **1800**

$$R_{SR} = \frac{[s/2\cos\theta + h\sin\theta]W}{s \times \cos\theta} = \frac{[\ 1800\ /(2\ \times 0.998\ ) + 1800\ \times\ 0.06\ ]W}{1800\ \times\ 0.998}$$

$$= 0.562\ W$$

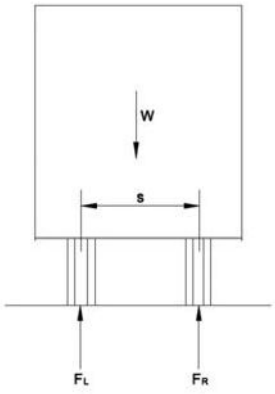
$$R_{SL} = 1.0W - 0.562W = 0.438\ W$$



③ 원심하중과 편구배를 고려한 좌우측 차륜의 하중분배계수

FL = 2.0 (Rcl + Rsl)/W = 1.07

FR = 2.0 (Rcr + Rsr)/W = 0.93



7) 풍하중 (☞ 도.설 2.1.11)

다음의 계산은 활하중 비재하시의 값으로 활하중 재하시에는 산정된 값의 1/2을 적용한다.

< A1 - 위치 : Sta 1+175.73 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

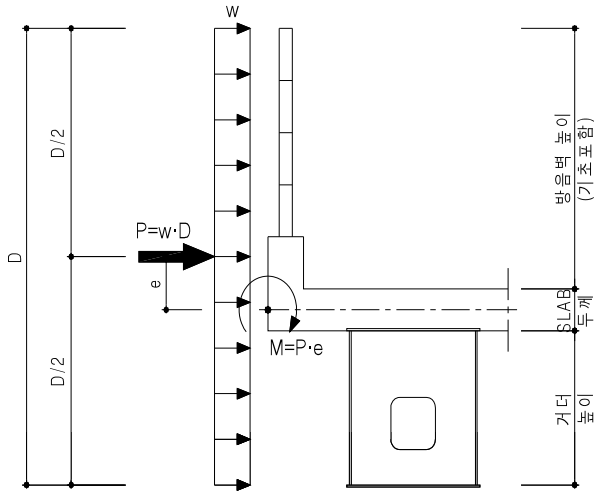
= 3.000 + 0.280 + 1.320 = 4.600 m

B / D = 12.600 / 4.600 = 2.739

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 4.600)] × 4.600 = 15.880 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 15.880 kN/m

w = 3452.2 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.339 N·m/m

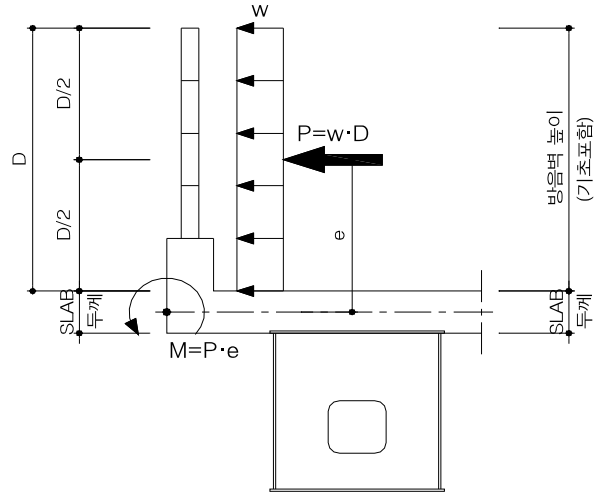
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921

8 ≤ B / D 이므로 P = 2.4 ·D = 3.0 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.775 m

M = 4.650 N·m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

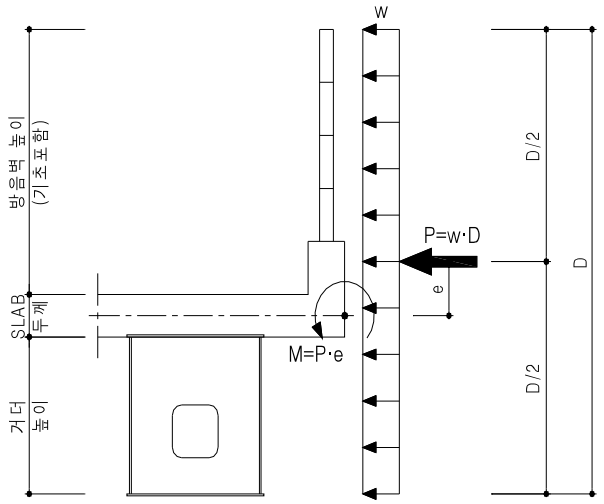
= 3.000 + 0.280 + 1.320 = 4.600 m

B / D = 12.600 / 4.600 = 2.739

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 4.600)] × 4.600 = 15.9 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 15.880 kN/m

w = 3452.2 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.339 N·m/m

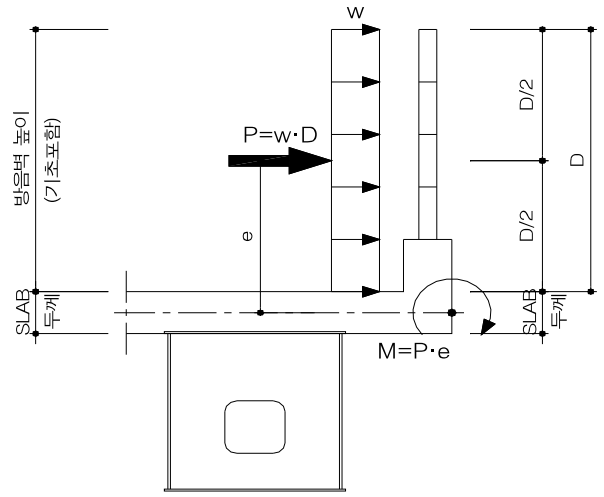
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921

8 ≤ B / D 이므로 P = 2.4 ·D = 3.0 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.775 m

M = 4.650 N·m/m

< P1 - 위치 : Sta 1+257.03 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

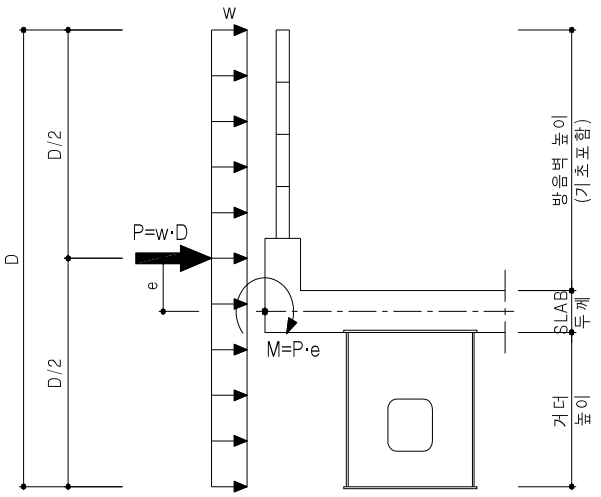
= 3.700 + 0.280 + 1.320 = 5.300 m

B / D = 12.600 / 5.300 = 2.377

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 5.300)] × 5.300 = 18.7 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 18.680 kN/m

w = 3524.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -22.229 N·m/m

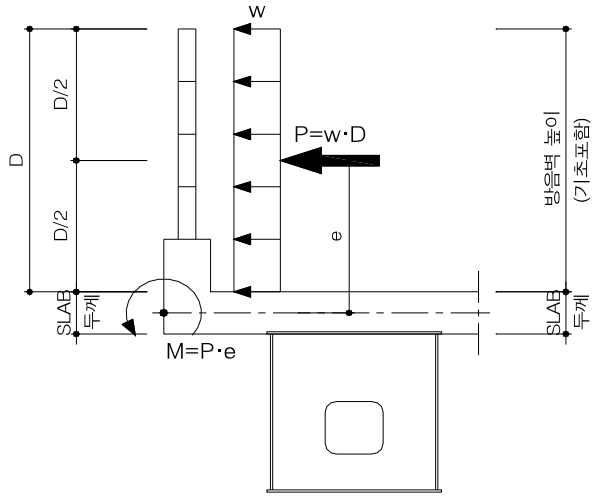
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921

8 ≤ B / D 이므로 P = 2.4 ·D = 3.0 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.775 m

M = 4.650 N·m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

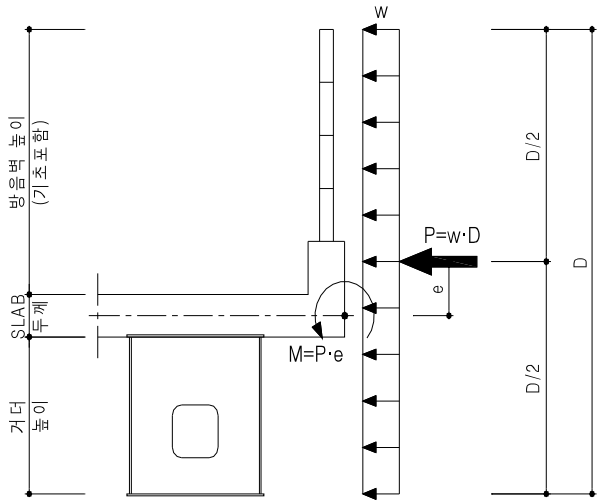
= 3.700 + 0.280 + 1.320 = 5.300 m

B / D = 12.600 / 5.300 = 2.377

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 5.300)] × 5.300 = 18.7 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 18.680 kN/m

w = 3524.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -22.229 N·m/m

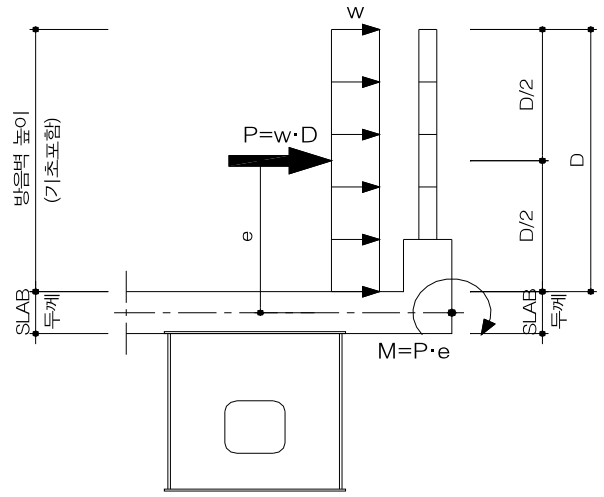
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921

8 ≤ B / D 이므로 P = 2.4 ·D = 3.0 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.775 m

M = 4.650 N·m/m

< P2 - 위치 : Sta 1+350.03 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

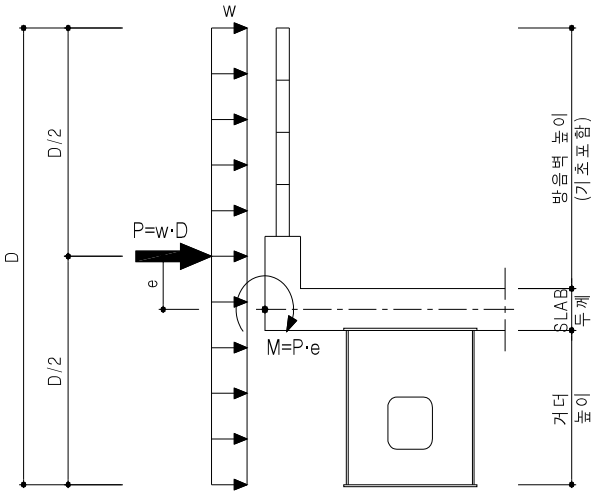
= 3.700 + 0.280 + 1.320 = 5.300 m

B / D = 12.600 / 5.300 = 2.377

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 5.300)] × 5.300 = 18.7 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 18.680 kN/m

w = 3524.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -22.229 N·m/m

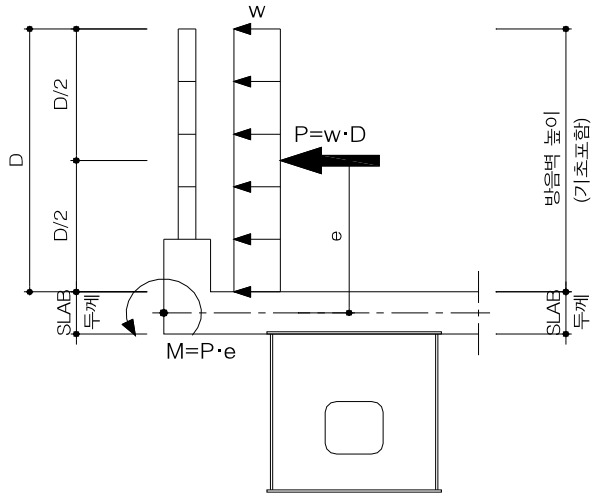
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921

8 ≤ B / D 이므로 P = 2.4 ·D = 3.0 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.775 m

M = 4.650 N·m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

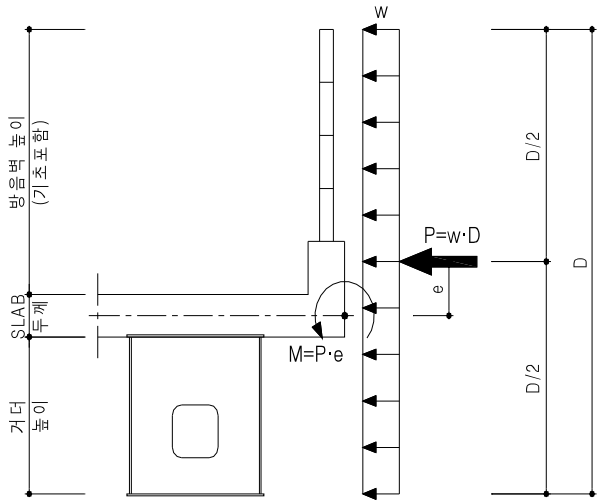
= 3.700 + 0.280 + 1.320 = 5.300 m

B / D = 12.600 / 5.300 = 2.377

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 5.300)] × 5.300 = 18.7 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 18.680 kN/m

w = 3524.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -22.229 N·m/m

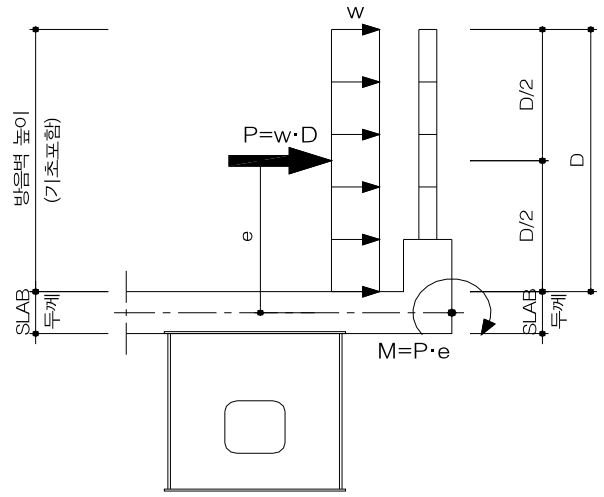
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921

8 ≤ B / D 이므로 P = 2.4 ·D = 3.0 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.775 m

M = 4.650 N·m/m

< A2 - 위치 : Sta 1+431.35 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

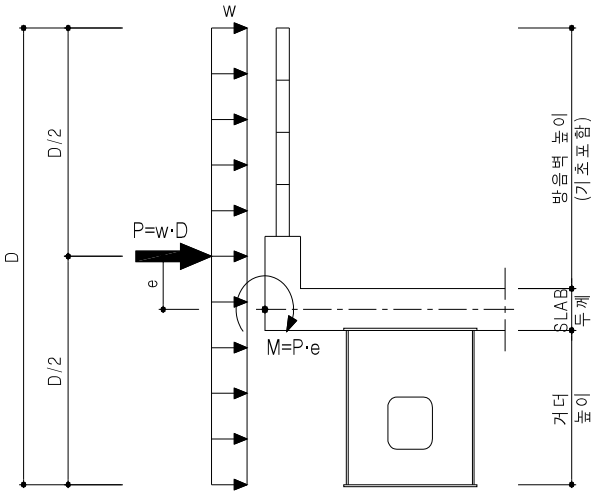
= 3.000 + 0.280 + 1.320 = 4.600 m

B / D = 12.600 / 4.600 = 2.739

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 4.600)] × 4.600 = 15.9 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 15.880 kN/m

w = 3452.2 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.339 N·m/m

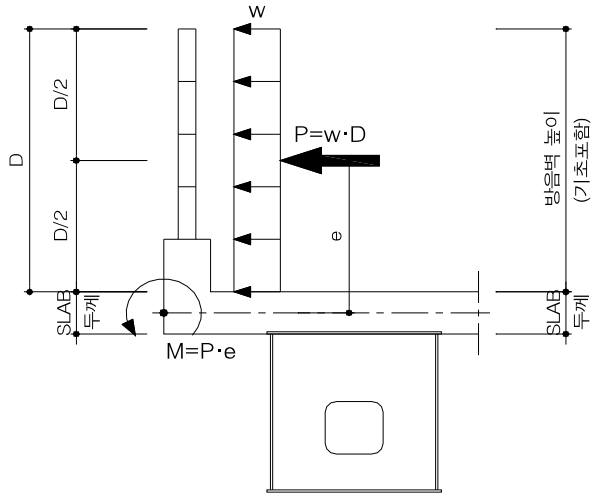
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921

8 ≤ B / D 이므로 P = 2.4 ·D = 3.0 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.775 m

M = 4.650 N·m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

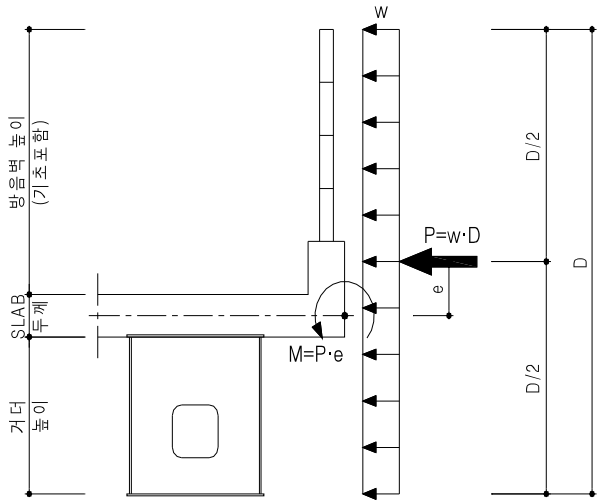
= 3.000 + 0.280 + 1.320 = 4.600 m

B / D = 12.600 / 4.600 = 2.739

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (12.600 / 4.600)] × 4.600 = 15.9 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 15.880 kN/m

w = 3452.2 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.339 N·m/m

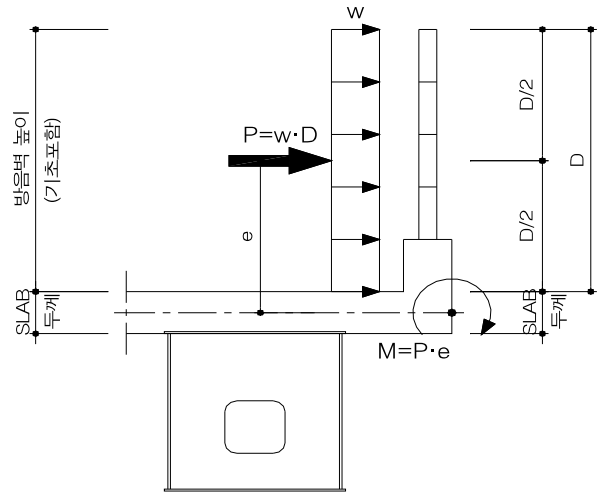
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 12.600 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 12.600 / 1.270 = 9.921

8 ≤ B / D 이므로 P = 2.4 ·D = 3.0 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.775 m

M = 4.650 N·m/m

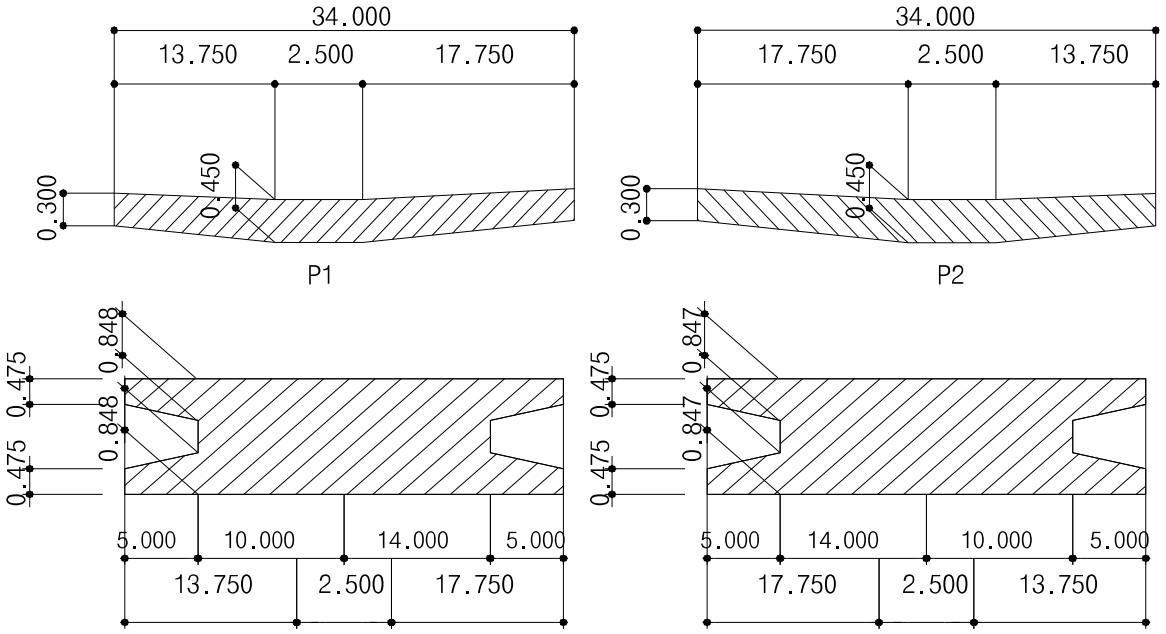
나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중 29.307 % 할증적용

총강재중량 / 모델링 강재중량 = 12161.300 kN / 9404.960 kN = 1.29307

· 단 면 - 1	:	0.120	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	12.181	kN/m
· 단 면 - 2	:	0.125	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	12.668	kN/m
· 단 면 - 3	:	0.164	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	16.647	kN/m
· 단 면 - 4	:	0.174	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	17.662	kN/m
· 단 면 - 5	:	0.202	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	20.504	kN/m
· 단 면 - 6	:	0.179	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	18.190	kN/m
· 단 면 - 7	:	0.191	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	19.408	kN/m
· 단 면 - 8	:	0.154	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	15.673	kN/m
· 단 면 - 9	:	0.167	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	16.960	kN/m
· 단 면 - 10		0.169	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	17.116	kN/m
· 단 면 - 11		0.190	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	19.263	kN/m
· 단 면 - 12		0.254	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	25.807	kN/m
· 단 면 - 13		0.341	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	34.663	kN/m
· 단 면 - 14		0.348	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	35.324	kN/m
· 단 면 - 15		0.340	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	34.476	kN/m
· 단 면 - 16		0.259	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	26.299	kN/m
· 단 면 - 17		0.193	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	19.640	kN/m
· 단 면 - 18		0.165	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	16.723	kN/m
· 단 면 - 19		0.162	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	16.407	kN/m
· 단 면 - 20		0.126	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	12.782	kN/m
· 단 면 - 21		0.121	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	12.254	kN/m
· 단 면 - 22		0.113	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	11.450	kN/m
· 단 면 - 23		0.199	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	20.168	kN/m
· 단 면 - 24		0.264	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	26.827	kN/m
· 가로보 - 1	:	0.048	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	4.872	kN/m
· 가로보 - 2	:	0.046	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	4.629	kN/m
· 가로보 - 3	:	0.029	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	2.923	kN/m
· 가로보 - 4	:	0.042	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	4.304	kN/m
· 가로보 - 5	:	0.056	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	5.725	kN/m
· 가로보 - 6	:	0.076	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	7.674	kN/m
· 가로보 - 7	:	0.078	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	7.897	kN/m
· 가로보 - 8	:	0.073	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	7.451	kN/m
· 가로보 - 9	:	0.053	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	5.360	kN/m
· 가로보 - 10	:	0.034	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	3.431	kN/m
· 가로보 - 11	:	0.026	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	2.680	kN/m
· 가로보 - 12	:	0.025	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	2.558	kN/m
· 가로보 - 13	:	0.075	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	7.562	kN/m
· 세로보 - 1	:	0.019	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.29307 =	1.949	kN/m

2) 하부슬래브 콘크리트 자중

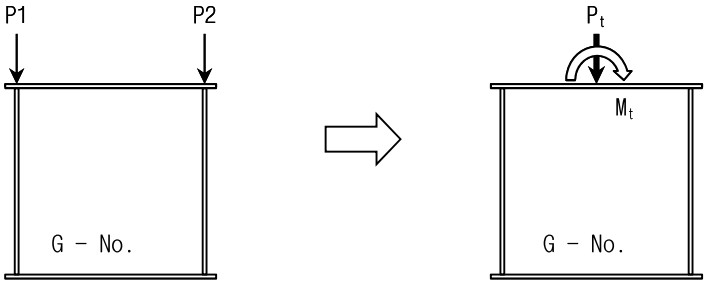


W1 = 0.300 × 0.950 × 25.0 = 7.125 kN/m

~ W2 = 0.355 × 2.400 × 25.0 = 21.300 kN/m

~ W3 = 0.450 × 2.400 × 25.0 = 27.000 kN/m

3) 단일합성후 고정하중



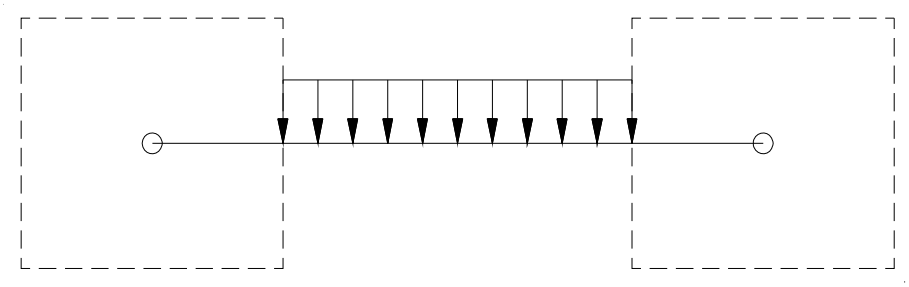
< STA. 1K+175.730, STA. 1K+431.250 >

거더 No.	거더폭(m)	슬래브 자중				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN·m/m)	
G - 1	2.400	26.848	28.953	55.801	2.526	
G - 2	2.400	28.953	26.848	55.801	-2.526	
ST - 1		33.848		33.848		

< STA. 1K+179.000 ~ STA. 1K+428.000 >

거더 No.	거더폭(m)	슬래브 자중				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN·m/m)	
G - 1	2.400	14.783	15.733	30.516	1.140	
G - 2	2.400	15.733	14.783	30.516	-1.140	
ST - 1		18.488		18.488		

* 가로보 하중 작용위치



4) 이중합성후 고정하중

< Sta 1+175.73 >

거더 No.	거더폭(m)	Pavement 및 방호벽, 중분대				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	
G - 1	2.400	16.530	-2.718	13.812	-23.097	
G - 2	2.400	-2.718	16.530	13.812	23.097	
ST - 1	2.400	5.802		5.802		

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 평균폭(m) / 총거더수

W = 0.50 × 12.600 / 2 = 3.150 kN/m

4) 활하중

< DB-24 G1 MAX > : 원심하중에 의한 분배계수를 적용한 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	1.154	0.938	2.092	-0.259	-0.124	
	G - 2	2.400	0.030	-0.006	0.024	-0.043	-1.785	
	ST - 1		-0.117		-0.117			
2 차선	G - 1	2.400	1.048	1.961	3.009	1.096	0.364	
	G - 2	2.400	-0.117	0.023	-0.094	0.167	-1.785	
	ST - 1		1.085		1.085			
3 차선	G - 1	2.400	1.075	1.824	2.899	0.899	0.310	
	G - 2	2.400	1.200	-0.074	1.126	-1.529	-1.358	
	ST - 1		1.975		1.975			

< DB-24 G2 MAX > : 원심하중에 의한 분배계수를 적용한 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	-0.005	0.026	0.021	0.037	1.785	
	G - 2	2.400	0.807	1.271	2.079	0.557	0.268	
	ST - 1		-0.100		-0.100			
2 차선	G - 1	2.400	0.023	-0.115	-0.093	-0.165	1.785	
	G - 2	2.400	1.937	1.159	3.095	-0.934	-0.302	
	ST - 1		0.997		0.997			
3 차선	G - 1	2.400	-0.076	1.105	1.029	1.417	1.377	
	G - 2	2.400	1.785	1.188	2.973	-0.716	-0.241	
	ST - 1		1.998		1.998			

< DL-24 G1 MAX > : 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	1.811	1.325	3.137	-0.583	-0.186	
	G - 2	2.400	0.045	-0.009	0.036	-0.064	-1.785	
	ST - 1		-0.172		-0.172			
2 차선	G - 1	2.400	1.639	2.947	4.586	1.569	0.342	
	G - 2	2.400	-0.183	0.036	-0.147	0.263	-1.785	
	ST - 1		1.562		1.562			
3 차선	G - 1	2.400	1.683	2.722	4.405	1.247	0.283	
	G - 2	2.400	1.735	-0.122	1.613	-2.228	-1.381	
	ST - 1		2.982		2.982			

< DL-24 G2 MAX > : 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.400	-0.009	0.045	0.036	0.064	1.785	
	G - 2	2.400	1.325	1.811	3.137	0.583	0.186	
	ST - 1		-0.172		-0.172			
2 차선	G - 1	2.400	0.036	-0.183	-0.147	-0.263	1.785	
	G - 2	2.400	2.947	1.639	4.586	-1.569	-0.342	
	ST - 1		1.562		1.562			
3 차선	G - 1	2.400	-0.122	1.735	1.613	2.228	1.381	
	G - 2	2.400	2.722	1.683	4.405	-1.247	-0.283	
	ST - 1		2.982		2.982			

- 풍하중

< A1 - 위치 : Sta. 1+175.830 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.588	1.588	kN/m
	P2			
	Pt	-1.588	1.588	
	Mt	0.000	0.000	kN·m/m
수 평 하 중	H	-15.880	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.793	-1.793	kN/m
	P2			
	Pt	1.793	-1.793	
	Mt	0.000	0.000	kN·m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.588	-1.588	kN/m
	P2			
	Pt	1.588	-1.588	
	Mt	0.000	0.000	kN·m/m
수 평 하 중	H	15.880	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.793	1.793	kN/m
	P2			
	Pt	-1.793	1.793	
	Mt	0.000	0.000	kN·m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< P1 - 위치 : Sta. 1+257.03 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.868	1.868	kN/m
	P2			
	Pt	-1.868	1.868	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-18.680	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	2.055	-2.055	kN/m
	P2			
	Pt	2.055	-2.055	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.868	-1.868	kN/m
	P2			
	Pt	1.868	-1.868	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	18.680	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-2.055	2.055	kN/m
	P2			
	Pt	-2.055	2.055	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< P2 - 위치 : Sta. 1+350.03 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.868	1.868	kN/m
	P2			
	Pt	-1.868	1.868	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-18.680	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	2.055	-2.055	kN/m
	P2			
	Pt	2.055	-2.055	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.868	-1.868	kN/m
	P2			
	Pt	1.868	-1.868	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	18.680	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-2.055	2.055	kN/m
	P2			
	Pt	-2.055	2.055	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< A2 - 위치 : Sta. 1+431.35 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.588	1.588	kN/m
	P2			
	Pt	-1.588	1.588	
	Mt	0.000	0.000	kN·m/m
수 평 하 중	H	-15.880	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.793	-1.793	kN/m
	P2			
	Pt	1.793	-1.793	
	Mt	0.000	0.000	kN·m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

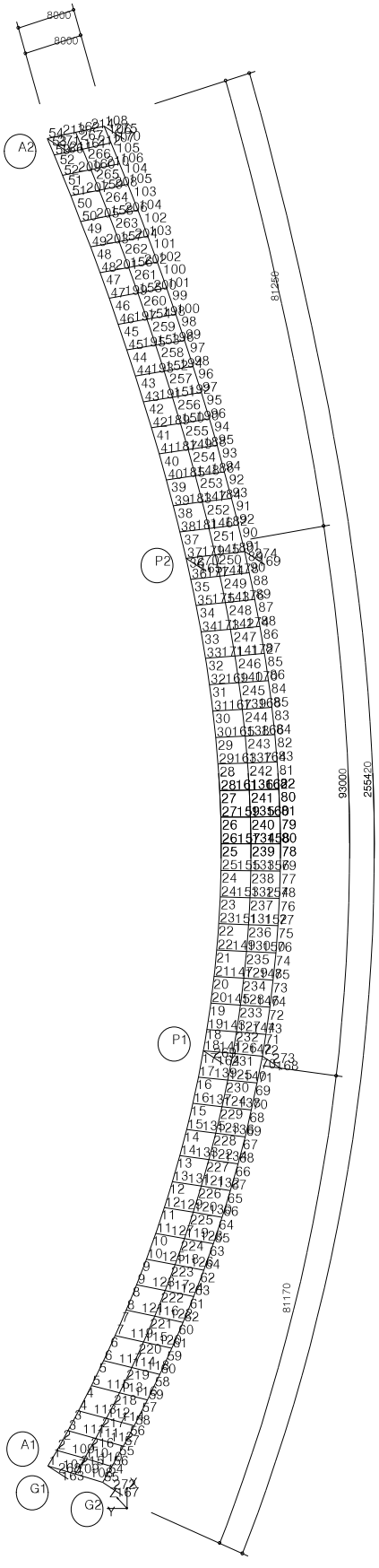
RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	1.588	-1.588	kN/m
	P2			
	Pt	1.588	-1.588	
	Mt	0.000	0.000	kN·m/m
수 평 하 중	H	15.880	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-1.793	1.793	kN/m
	P2			
	Pt	-1.793	1.793	
	Mt	0.000	0.000	kN·m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

4.4 모델링 및 단면제원

1) 모델링



2) 단면 제정수

- 주형 (합성전)

구	분	A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성전	1.200E+05	1.431E+11	1.422E+11	9.733E+10	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성전	1.248E+05	1.681E+11	1.492E+11	1.064E+11	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성전	1.640E+05	2.414E+11	1.784E+11	1.059E+11	
	절점번호	4, 51, 58, 105				
FRM.SEC-4	합성전	1.740E+05	2.750E+11	1.891E+11	1.078E+11	
	절점번호	5, 50, 59, 104				
FRM.SEC-5	합성전	2.020E+05	3.307E+11	2.106E+11	7.869E+10	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-6	합성전	1.792E+05	2.831E+11	1.921E+11	7.761E+10	
	절점번호	10, 45, 64, 99				
FRM.SEC-7	합성전	1.912E+05	2.931E+11	2.097E+11	7.979E+10	
	절점번호	11, 44, 65, 98				
FRM.SEC-8	합성전	1.544E+05	2.090E+11	1.785E+11	7.635E+10	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-9	합성전	1.671E+05	2.247E+11	1.830E+11	7.681E+10	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-10	합성전	1.686E+05	2.344E+11	1.852E+11	7.941E+10	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-11	합성전	1.898E+05	2.826E+11	2.144E+11	1.218E+11	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-12	합성전	2.542E+05	5.033E+11	2.417E+11	4.153E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-13	합성전	3.415E+05	7.897E+11	3.145E+11	5.451E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				
FRM.SEC-14	합성전	3.480E+05	8.806E+11	3.240E+11	5.805E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-15	합성전	3.396E+05	7.651E+11	3.118E+11	5.352E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-16	합성전	2.591E+05	4.636E+11	2.400E+11	3.901E+11	
	절점번호	20, 74				
FRM.SEC-17	합성전	1.935E+05	2.432E+11	2.105E+11	3.448E+11	
	절점번호	21, 75				
FRM.SEC-18	합성전	1.647E+05	1.875E+11	1.801E+11	6.138E+10	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-19	합성전	1.616E+05	1.702E+11	1.751E+11	5.668E+10	
	절점번호	23, 32, 77, 86				

- 주형 (합성전)

구	분	A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-20	합성전	1.259E+05	1.223E+11	1.374E+11	5.212E+10	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-21	합성전	1.207E+05	1.171E+11	1.345E+11	5.155E+10	
	절점번호	25, 30, 79, 84				
FRM.SEC-22	합성전	1.128E+05	1.102E+11	1.317E+11	5.155E+10	
	절점번호	26, 27, 28, 29, 80, 81, 82, 83				
FRM.SEC-23	합성전	1.987E+05	2.494E+11	2.135E+11	1.028E+11	
	절점번호	34, 88				
FRM.SEC-24	합성전	2.643E+05	4.774E+11	2.429E+11	3.964E+11	
	절점번호	35, 89				

- 주형 (단일합성후)

구	분	A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성전	1.200E+05	1.431E+11	1.422E+11	9.733E+10	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성전	1.248E+05	1.681E+11	1.492E+11	1.064E+11	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성전	1.640E+05	2.414E+11	1.784E+11	1.059E+11	
	절점번호	4, 51, 58, 105				
FRM.SEC-4	합성전	1.740E+05	2.750E+11	1.891E+11	1.078E+11	
	절점번호	5, 50, 59, 104				
FRM.SEC-5	합성전	2.020E+05	3.307E+11	2.106E+11	7.869E+10	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-6	합성전	1.792E+05	2.831E+11	1.921E+11	7.761E+10	
	절점번호	10, 45, 64, 99				
FRM.SEC-7	합성전	1.912E+05	2.931E+11	2.097E+11	7.979E+10	
	절점번호	11, 44, 65, 98				
FRM.SEC-8	합성전	1.544E+05	2.090E+11	1.785E+11	7.635E+10	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-9	합성전	1.671E+05	2.247E+11	1.830E+11	7.681E+10	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-10	합성전	1.686E+05	2.344E+11	1.852E+11	7.941E+10	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-11	합성전	1.898E+05	2.826E+11	2.144E+11	1.218E+11	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-12	합성전	3.822E+05	6.895E+11	3.038E+11	4.819E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-13	합성전	4.875E+05	1.083E+12	3.857E+11	6.225E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				

- 주형 (단일합성후)

구 분		A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-14	합성전	5.112E+05	1.227E+12	4.034E+11	6.625E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-15	합성전	4.892E+05	1.050E+12	3.846E+11	6.124E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-16	합성전	3.887E+05	6.430E+11	3.028E+11	4.578E+11	
	절점번호	20, 74				
FRM.SEC-17	합성전	3.003E+05	3.031E+11	2.630E+11	5.886E+10	
	절점번호	21, 75				
FRM.SEC-18	합성전	1.648E+05	1.875E+11	1.801E+11	6.138E+10	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-19	합성전	1.616E+05	1.702E+11	1.751E+11	5.668E+10	
	절점번호	23, 32, 77, 86				
FRM.SEC-20	합성전	1.259E+05	1.223E+11	1.374E+11	5.212E+10	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-21	합성전	1.207E+05	1.171E+11	1.345E+11	5.155E+10	
	절점번호	25, 30, 79, 84				
FRM.SEC-22	합성전	1.128E+05	1.102E+11	1.317E+11	5.155E+10	
	절점번호	26, 27, 28, 29, 80, 81, 82, 83				
FRM.SEC-23	합성전	3.003E+05	3.031E+11	2.630E+11	5.886E+10	
	절점번호	34, 88				
FRM.SEC-24	합성전	3.887E+05	6.430E+11	3.028E+11	4.578E+11	
	절점번호	35, 89				

- 주형 (이중합성후)

구 분		A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성후	5.520E+05	4.673E+11	1.639E+12	2.661E+11	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성후	3.768E+05	4.523E+11	1.043E+12	2.804E+11	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성후	4.160E+05	6.431E+11	1.084E+12	3.239E+11	
	절점번호	4, 51, 58, 105				
FRM.SEC-4	합성후	4.260E+05	6.475E+11	1.097E+12	3.239E+11	
	절점번호	5, 50, 59, 104				
FRM.SEC-5	합성후	4.540E+05	7.654E+11	1.125E+12	3.372E+11	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-6	합성후	4.312E+05	6.769E+11	1.101E+12	3.278E+11	
	절점번호	10, 45, 64, 99				
FRM.SEC-7	합성후	4.432E+05	6.940E+11	1.122E+12	3.691E+11	
	절점번호	11, 44, 65, 98				

- 주형 (이중합성후)

구	분	A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-8	합성후	4.064E+05	5.692E+11	1.081E+12	3.440E+11	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-9	합성후	4.191E+05	6.372E+11	1.089E+12	3.455E+11	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-10	합성후	4.206E+05	6.620E+11	1.092E+12	3.537E+11	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-11	합성후	4.418E+05	7.400E+11	1.126E+12	4.053E+11	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-12	합성후	5.982E+05	1.431E+12	1.018E+12	5.446E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-13	합성후	7.035E+05	1.866E+12	1.100E+12	6.656E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				
FRM.SEC-14	합성후	7.272E+05	2.124E+12	1.118E+12	7.065E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-15	합성후	7.052E+05	1.818E+12	1.099E+12	6.553E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-16	합성후	6.047E+05	1.271E+12	1.017E+12	5.093E+11	
	절점번호	20, 74				
FRM.SEC-17	합성후	5.163E+05	9.347E+11	9.775E+11	4.245E+11	
	절점번호	21, 75				
FRM.SEC-18	합성후	4.167E+05	4.873E+11	1.086E+12	2.914E+11	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-19	합성후	4.136E+05	4.457E+11	1.080E+12	2.753E+11	
	절점번호	23, 32, 77, 86				
FRM.SEC-20	합성후	3.779E+05	3.608E+11	1.032E+12	2.293E+11	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-21	합성후	3.727E+05	3.377E+11	1.027E+12	2.195E+11	
	절점번호	25, 30, 79, 84				
FRM.SEC-22	합성후	3.648E+05	3.049E+11	1.022E+12	2.195E+11	
	절점번호	26, 27, 28, 29, 80, 81, 82, 83				
FRM.SEC-23	합성후	5.163E+05	9.347E+11	9.775E+11	4.245E+11	
	절점번호	34, 88				
FRM.SEC-24	합성후	6.047E+05	1.271E+12	1.017E+12	5.093E+11	
	절점번호	35, 89				

- 가로보 및 세로보

구	분	A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	단면제원	4.800E+04	3.239E+10	1.288E+08	3.738E+06	
	부재번호	107, 108, 213, 214				
FRM.SEC-2	단면제원	4.560E+04	2.890E+10	5.482E+07	3.622E+06	
	부재번호	109, 110, 211, 212				
FRM.SEC-3	단면제원	2.880E+04	1.174E+10	5.426E+07	1.382E+06	
	부재번호	111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210				
FRM.SEC-4	단면제원	4.240E+04	2.300E+10	5.475E+07	3.349E+06	
	부재번호	135, 136, 185, 186				
FRM.SEC-5	단면제원	5.640E+04	4.274E+10	1.293E+08	5.515E+06	
	부재번호	137, 138, 183, 184				
FRM.SEC-6	단면제원	7.560E+04	7.127E+10	1.307E+08	1.111E+07	
	부재번호	139, 140, 181, 182				
FRM.SEC-7	단면제원	7.780E+04	7.786E+10	1.308E+08	1.146E+07	
	부재번호	141, 142, 179, 180				
FRM.SEC-8	단면제원	7.340E+04	6.506E+10	1.306E+08	1.075E+07	
	부재번호	143, 144				
FRM.SEC-9	단면제원	5.280E+04	3.470E+10	1.292E+08	5.126E+06	
	부재번호	145, 146, 175, 176				
FRM.SEC-10	단면제원	3.380E+04	1.458E+10	5.443E+07	2.083E+06	
	부재번호	147, 148, 173, 174				
FRM.SEC-11	단면제원	2.640E+04	8.773E+09	5.423E+07	1.267E+06	
	부재번호	149, 150, 171, 172				
FRM.SEC-12	단면제원	2.520E+04	7.490E+09	5.422E+07	1.210E+06	
	부재번호	151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170				
FRM.SEC-13	단면제원	7.450E+04	6.812E+10	1.306E+08	1.093E+07	
	부재번호	177, 178				
FRM.SEC-14	단면제원	1.920E+04	2.844E+09	5.414E+07	9.216E+05	
	부재번호	215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267				

3) 하 중 조 합

(1) CASE 1 : 합성전 고정하중 (단면 : Steel)

① STEEL 자중

② 중간지점부 하부콘크리트

(2) CASE 2 : 단일합성후 고정하중 (단면 : Steel + 하부콘크리트)

① 상부 바닥판 자중

(3) CASE 3 : 이중합성후 고정하중 (단면 : Steel + 하부콘크리트 + 상부바닥판)

① 포장, 보도, 방음벽 및 방호책 등 합성후 고정하중

② 점검로 등의 부속설비 하중(500 N/m^2)

(4) CASE 4 : 활하중 및 풍하중 (단면 : Steel + 하부콘크리트 + 상부바닥판)

- 단위하중을 재하하여 나온 횡분배된 결과를 기준으로 각 거더별 가중치를 산정
  SAP2000 Program의 BRIDGE 기능을 이용 거더별로 산정한 가중치를 곱하여 단면력을 산정

① DB-24 하중 : 표준트럭하중을 연행하중으로 적용하였으며, 뒷바퀴간의 간격을 4.2~9.0m로 적용

② DL-24 하중 : 차선하중은 SAP BRIDGE에서 재하하였으며, Ps 및 Pm 하중은 재하경간내에서 검토단면에 최대단면력을 발생시키는 위치에 재하

(5) CASE 5 : 지점침하 (단면 : Steel + 하부콘크리트 + 상부바닥판

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

4.5 주거더의 부재력 집계

1) 주거더 부재력 집계

[BENDING MOMENT]

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
1	2.649	-0.125	4.220	1.527	8.539	-4.720	0.736	-0.736	0.059	-0.060	I지점
1	481.342	-9.440	919.653	422.396	753.883	-123.940	30.561	-30.561	7.095	-4.842	1/4지점
1	952.292	-18.755	1799.962	832.589	1483.183	-246.066	60.641	-60.641	14.206	-9.624	2/4지점
1	1415.420	-28.071	2646.788	1232.105	2190.002	-368.159	89.632	-89.632	21.317	-14.406	3/4지점
1	1870.651	-37.386	3470.992	1620.944	2874.982	-490.291	117.530	-117.530	28.429	-19.189	J지점
2	1879.486	-37.763	3485.090	1626.270	2880.129	-496.032	116.973	-116.973	28.489	-19.381	I지점
2	2449.088	-50.748	4493.562	2124.279	3698.268	-675.373	126.107	-126.107	37.923	-26.439	1/4지점
2	3005.991	-63.733	5469.172	2605.283	4506.644	-854.912	133.498	-133.498	47.357	-33.497	2/4지점
2	3550.193	-76.718	6411.922	3069.281	5289.167	-1034.202	139.142	-139.142	56.791	-40.555	3/4지점
2	4081.695	-89.703	7321.812	3516.275	6041.430	-1213.624	143.035	-143.035	66.225	-47.613	J지점
3	4091.388	-90.127	7337.125	3522.544	6047.774	-1220.007	141.160	-141.160	66.298	-47.842	I지점
3	4596.777	-103.149	8181.085	3948.234	6742.875	-1403.925	143.975	-143.975	75.818	-55.094	1/4지점
3	5088.470	-116.171	8992.393	4356.919	7433.483	-1587.752	145.035	-145.035	85.337	-62.346	2/4지점
3	5565.470	-129.193	9771.255	4748.601	8105.418	-1771.513	144.336	-144.336	94.856	-69.598	3/4지점
3	6026.778	-142.214	10517.880	5123.279	8752.064	-1955.312	141.876	-141.876	104.376	-76.850	J지점
4	6036.638	-142.670	10533.090	5129.877	8759.160	-1962.284	139.501	-139.501	104.447	-77.107	I지점
4	6564.903	-158.732	11357.900	5560.176	9483.772	-2194.002	141.880	-141.880	116.346	-86.248	1/4지점
4	7066.708	-174.793	12132.840	5963.921	10192.860	-2425.649	141.502	-141.502	128.245	-95.389	2/4지점
4	7541.657	-190.855	12858.070	6341.110	10876.420	-2658.820	138.843	-138.843	140.144	-104.530	3/4지점
4	7989.352	-206.917	13533.760	6691.743	11525.110	-2890.575	135.160	-135.160	152.043	-113.672	J지점
5	7998.072	-207.356	13546.750	6698.080	11532.080	-2898.488	132.757	-132.757	152.091	-113.935	I지점
5	8387.370	-222.740	14099.060	7004.359	12098.610	-3131.509	137.054	-137.054	163.986	-123.062	1/4지점
5	8747.896	-238.124	14602.220	7284.075	12649.600	-3364.473	138.383	-138.383	175.882	-132.188	2/4지점
5	9078.535	-253.509	15056.460	7537.228	13180.790	-3597.507	136.739	-136.739	187.777	-141.314	3/4지점
5	9378.179	-268.893	15462.020	7763.817	13675.010	-3830.512	132.116	-132.116	199.673	-150.440	J지점
6	9383.937	-269.227	15470.160	7768.284	13680.590	-3838.130	130.193	-130.193	199.668	-150.662	I지점
6	9629.239	-284.157	15768.780	7950.463	14098.550	-4070.241	134.406	-134.406	211.567	-159.760	1/4지점
6	9842.430	-299.087	16018.950	8106.076	14497.940	-4302.469	135.630	-135.630	223.466	-168.857	2/4지점
6	10023.510	-314.017	16220.690	8235.124	14879.280	-4534.708	133.858	-133.858	235.365	-177.955	3/4지점
6	10172.470	-328.947	16373.990	8337.605	15227.830	-4766.911	129.082	-129.082	247.264	-187.052	J지점
7	10175.680	-329.189	16378.070	8339.987	15231.660	-4773.123	127.717	-127.717	247.196	-187.223	I지점
7	10286.140	-344.473	16447.630	8399.067	15503.080	-5004.960	132.033	-132.033	259.156	-196.319	1/4지점
7	10364.480	-359.756	16468.750	8431.585	15752.300	-5236.814	133.338	-133.338	271.117	-205.415	2/4지점
7	10410.720	-375.039	16441.440	8437.538	15988.940	-5468.624	131.625	-131.625	283.078	-214.511	3/4지점
7	10424.850	-390.322	16365.700	8416.930	16196.210	-5700.479	126.887	-126.887	295.038	-223.606	J지점
8	10425.860	-390.482	16366.320	8417.218	16198.300	-5705.224	126.110	-126.110	294.899	-223.720	I지점
8	10403.140	-406.311	16208.500	8353.942	16325.650	-5937.864	130.285	-130.285	306.986	-232.862	1/4지점
8	10348.310	-422.139	16002.250	8264.103	16431.700	-6170.383	131.426	-131.426	319.073	-242.005	2/4지점
8	10261.360	-437.968	15747.550	8147.698	16523.890	-6402.905	129.525	-129.525	331.161	-251.148	3/4지점
8	10142.310	-453.796	15444.430	8004.728	16593.400	-6635.484	124.576	-124.576	343.248	-260.290	J지점
9	10141.090	-453.867	15441.620	8002.863	16593.540	-6638.454	124.415	-124.415	343.020	-260.339	I지점
9	9983.740	-470.299	15053.040	7817.182	16578.450	-6872.273	128.268	-128.268	355.292	-269.571	1/4지점
9	9795.187	-486.732	14615.790	7604.939	16541.720	-7106.160	129.065	-129.065	367.565	-278.802	2/4지점
9	9576.336	-503.165	14129.620	7366.134	16492.660	-7339.998	126.800	-126.800	379.838	-288.034	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
9	9328.094	-519.598	13594.300	7100.767	16422.780	-7573.890	121.465	-121.465	392.110	-297.265	J지점
10	9324.872	-519.566	13588.540	7097.078	16421.050	-7574.796	121.953	-121.953	391.799	-297.241	I지점
10	9041.848	-536.902	12964.970	6788.323	16269.640	-8010.189	125.364	-125.364	404.331	-306.651	1/4지점
10	8729.851	-554.239	12291.970	6452.995	16093.320	-8252.681	125.696	-125.696	416.864	-316.062	2/4지점
10	8388.402	-571.575	11569.560	6091.096	15906.590	-8599.551	122.943	-122.943	429.397	-325.472	3/4지점
10	8017.028	-588.912	10797.730	5702.623	15698.990	-8845.005	117.098	-117.098	441.929	-334.882	J지점
11	8011.867	-588.768	10789.200	5697.237	15695.290	-8843.750	118.244	-118.244	441.510	-334.779	I지점
11	7600.511	-606.927	9922.449	5264.987	15407.040	-9090.380	120.368	-120.368	454.452	-344.420	1/4지점
11	7160.228	-625.086	9005.910	4806.178	15090.310	-9337.009	119.392	-119.392	467.393	-354.061	2/4지점
11	6692.481	-643.245	8039.175	4320.810	14764.310	-9684.899	115.311	-115.311	480.335	-363.702	3/4지점
11	6198.731	-661.404	7021.841	3808.884	14420.110	-9934.147	108.118	-108.118	493.276	-373.343	J지점
12	6192.299	-661.155	7011.666	3802.562	14414.750	-9930.295	109.828	-109.828	492.766	-373.161	I지점
12	5671.486	-681.218	5904.319	3249.567	13995.210	-10184.060	108.975	-108.975	506.693	-383.357	1/4지점
12	5125.616	-701.282	4745.945	2670.000	13547.910	-10437.870	104.999	-104.999	520.620	-393.554	2/4지점
12	4554.184	-721.346	3536.544	2063.860	13091.070	-10691.710	100.963	-100.963	534.546	-403.750	3/4지점
12	3956.687	-741.409	2276.116	1431.147	12617.480	-10945.550	94.027	-94.027	548.473	-413.947	J지점
13	3949.571	-741.070	2265.215	1424.486	12610.510	-10938.800	95.655	-95.655	547.879	-413.690	I지점
13	3317.853	-763.300	903.064	748.530	12054.330	-11285.870	94.857	-94.857	563.069	-424.619	1/4지점
13	2659.521	-785.531	-510.085	46.017	11470.750	-11543.930	91.127	-91.127	578.258	-435.548	2/4지점
13	1974.512	-807.761	-1974.233	-683.054	10878.210	-11802.000	84.458	-84.458	593.448	-446.477	3/4지점
13	1262.765	-829.991	-3489.379	-1438.683	10269.810	-12060.070	74.844	-74.844	608.637	-457.407	J지점
14	1255.085	-829.542	-3500.711	-1444.879	10261.230	-12050.050	76.908	-76.908	607.966	-457.077	I지점
14	488.748	-853.517	-5149.790	-2248.278	9559.972	-12306.180	71.361	-71.361	624.677	-468.936	1/4지점
14	-305.241	-877.492	-6849.729	-3078.246	8841.936	-12564.530	62.863	-62.863	641.388	-480.795	2/4지점
14	-1127.721	-901.467	-8600.367	-3934.783	8176.354	-12854.810	51.407	-51.407	658.100	-492.654	3/4지점
14	-1979.535	-925.443	-10401.540	-4817.891	7593.404	-13209.990	36.985	-36.985	674.811	-504.513	J지점
15	-1989.543	-924.720	-10415.530	-4823.561	7582.730	-13198.310	39.135	-39.135	674.061	-504.112	I지점
15	-2976.615	-953.140	-12459.810	-5768.652	7015.692	-13828.830	46.351	-46.351	693.263	-517.541	1/4지점
15	-3996.413	-999.998	-14554.460	-6740.305	6527.526	-14626.440	73.394	-73.394	712.465	-530.970	2/4지점
15	-5051.499	-1071.989	-16699.460	-7738.519	6126.717	-15527.780	103.631	-103.631	731.666	-544.398	3/4지점
15	-6144.435	-1175.807	-18894.830	-8763.294	5798.518	-16523.940	137.067	-137.067	750.868	-557.827	J지점
16	-6156.978	-1174.702	-18911.250	-8768.461	5791.418	-16514.380	134.795	-134.795	750.116	-557.411	I지점
16	-7406.699	-1313.343	-21355.960	-9873.686	5454.260	-17686.210	182.296	-182.296	773.495	-573.460	1/4지점
16	-8700.312	-1493.102	-23850.400	-11005.480	5189.583	-18940.140	233.007	-233.007	796.874	-589.509	2/4지점
16	-10041.290	-1716.564	-26393.930	-12163.840	4989.273	-20272.440	286.934	-286.934	820.254	-605.558	3/4지점
16	-11433.090	-1986.314	-28985.910	-13348.770	4825.418	-21683.970	344.084	-344.084	843.633	-621.608	J지점
17	-11446.050	-1984.869	-29001.810	-13354.080	4820.920	-21677.970	344.637	-344.637	843.036	-621.260	I지점
17	-12967.200	-2309.442	-31814.120	-14638.770	4704.469	-23358.590	459.937	-459.937	875.237	-642.804	1/4지점
17	-14542.880	-2684.748	-34674.210	-15950.010	4703.555	-25122.010	578.467	-578.467	907.438	-664.348	2/4지점
17	-16173.360	-3112.665	-37582.090	-17287.810	4763.498	-26980.060	727.820	-727.820	939.639	-685.892	3/4지점
17	-17858.880	-3595.073	-40537.750	-18652.180	4860.830	-28918.260	902.591	-902.591	971.840	-707.436	J지점
18	-17867.770	-3593.638	-40547.700	-18656.330	4857.216	-28916.720	900.452	-900.452	971.571	-707.271	I지점
18	-16839.240	-3093.384	-38488.620	-17682.240	4651.476	-27341.000	751.491	-751.491	938.730	-681.187	1/4지점
18	-15845.910	-2628.538	-36460.130	-16725.140	4458.656	-25799.270	618.986	-618.986	905.890	-655.103	2/4지점
18	-14887.560	-2198.425	-34462.220	-15785.050	4289.169	-24301.940	519.391	-519.391	873.049	-629.019	3/4지점
18	-13963.990	-1802.367	-32494.910	-14861.960	4148.083	-22853.410	421.873	-421.873	840.209	-602.936	J지점
19	-13969.750	-1801.002	-32500.590	-14866.610	4145.859	-22856.630	420.037	-420.037	840.333	-602.997	I지점
19	-12906.700	-1364.428	-30208.050	-13793.160	4049.159	-21294.800	358.891	-358.891	808.995	-576.511	1/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
19	-11894.420	-978.001	-27963.790	-12746.280	4003.226	-19798.020	300.987	-300.987	777.658	-550.026	2/4지점
19	-10929.730	-639.726	-25768.270	-11725.950	3980.046	-18383.600	246.325	-246.325	746.321	-523.540	3/4지점
19	-10009.420	-347.604	-23621.990	-10732.190	4022.288	-17053.880	194.905	-194.905	714.983	-497.055	J지점
20	-10012.400	-346.308	-23622.890	-10735.940	4021.447	-17062.180	196.138	-196.138	715.330	-497.233	I지점
20	-9161.598	-105.858	-21618.620	-9808.870	4042.197	-15875.880	160.877	-160.877	689.809	-474.451	1/4지점
20	-8349.386	92.415	-19664.080	-8908.369	4094.499	-14748.810	128.856	-128.856	664.287	-451.668	2/4지점
20	-7573.156	250.507	-17759.280	-8034.438	4205.321	-13677.440	100.074	-100.074	638.765	-428.886	3/4지점
20	-6830.300	370.417	-15904.210	-7187.079	4354.084	-12663.250	74.531	-74.531	613.243	-406.103	J지점
21	-6831.015	371.399	-15902.110	-7189.129	4355.105	-12671.260	76.676	-76.676	613.638	-406.291	I지점
21	-6145.015	449.440	-14210.170	-6395.272	4450.749	-11746.030	51.882	-51.882	590.643	-385.142	1/4지점
21	-5488.630	497.412	-12567.950	-5627.980	4579.399	-10878.710	30.324	-30.324	567.648	-363.992	2/4지점
21	-4860.720	521.423	-10975.460	-4887.251	4755.393	-10068.980	17.499	-17.499	544.653	-342.843	3/4지점
21	-4260.142	527.580	-9432.686	-4173.087	4966.324	-9316.318	24.063	-24.063	521.658	-321.694	J지점
22	-4259.791	528.162	-9429.694	-4173.491	4967.334	-9322.837	22.446	-22.446	522.012	-321.855	I지점
22	-3715.162	523.425	-8027.370	-3510.101	5130.687	-8648.677	33.678	-33.678	500.722	-301.782	1/4지점
22	-3196.596	518.689	-6674.764	-2873.272	5328.853	-8032.253	41.945	-41.945	479.432	-281.709	2/4지점
22	-2703.970	513.952	-5371.877	-2263.005	5571.578	-7566.501	47.248	-47.248	458.142	-261.636	3/4지점
22	-2237.160	509.215	-4118.709	-1679.300	5847.266	-7151.457	51.616	-51.616	436.853	-241.563	J지점
23	-2236.475	509.572	-4115.253	-1678.589	5847.262	-7150.735	49.259	-49.259	437.156	-241.696	I지점
23	-1819.665	505.432	-2983.816	-1141.491	6075.548	-6774.939	61.367	-61.367	416.972	-222.288	1/4지점
23	-1427.130	501.291	-1902.502	-630.956	6336.521	-6444.927	70.247	-70.247	396.789	-205.043	2/4지점
23	-1057.451	497.150	-871.713	-146.984	6636.763	-6161.508	75.901	-75.901	376.606	-197.543	3/4지점
23	-709.207	493.009	108.149	310.426	7035.688	-5934.236	78.327	-78.327	356.423	-190.043	J지점
24	-708.460	493.283	111.468	311.681	7036.073	-5938.007	76.229	-76.229	356.663	-190.108	I지점
24	-402.601	490.752	975.604	723.849	7464.772	-5905.806	85.029	-85.029	337.273	-183.003	1/4지점
24	-116.557	488.220	1788.400	1109.449	7875.047	-5870.843	90.605	-90.605	317.883	-175.897	2/4지점
24	149.880	485.689	2549.855	1468.480	8275.404	-5835.691	92.958	-92.958	298.493	-168.791	3/4지점
24	396.916	483.158	3259.969	1800.943	8655.499	-5734.752	92.086	-92.086	279.102	-161.685	J지점
25	397.623	483.379	3262.908	1802.297	8655.537	-5737.066	90.282	-90.282	279.298	-161.722	I지점
25	607.361	481.903	3865.270	2090.975	8947.988	-5704.925	96.875	-96.875	260.404	-154.851	1/4지점
25	798.221	480.427	4416.294	2353.086	9221.077	-5614.789	100.247	-100.247	241.509	-147.980	2/4지점
25	970.517	478.951	4915.979	2588.629	9483.207	-5601.330	100.400	-100.400	222.614	-141.110	3/4지점
25	1124.564	477.475	5364.327	2797.606	9724.885	-5587.789	97.333	-97.333	203.720	-134.239	J지점
26	1125.079	477.607	5366.291	2798.587	9724.611	-5588.896	96.047	-96.047	203.867	-134.244	I지점
26	1244.273	476.840	5709.179	2964.456	9882.851	-5577.986	101.329	-101.329	185.262	-127.512	1/4지점
26	1345.538	476.073	6000.743	3103.764	10021.270	-5566.993	103.395	-103.395	166.657	-120.780	2/4지점
26	1428.874	475.306	6240.983	3216.513	10147.900	-5555.967	102.247	-102.247	148.052	-114.048	3/4지점
26	1494.281	474.540	6429.899	3302.701	10254.240	-5544.877	97.883	-97.883	129.446	-107.316	J지점
27	1494.526	474.573	6430.627	3303.156	10253.680	-5544.561	97.153	-97.153	129.559	-107.293	I지점
27	1525.441	474.253	6513.946	3345.901	10276.820	-5535.658	101.785	-101.785	111.053	-100.623	1/4지점
27	1538.421	473.933	6545.926	3362.078	10279.660	-5526.822	103.205	-103.205	97.696	-96.289	2/4지점
27	1533.469	473.614	6526.569	3351.688	10270.390	-5517.969	101.413	-101.413	116.286	-103.043	3/4지점
27	1510.582	473.294	6455.873	3314.731	10240.830	-5509.015	96.408	-96.408	134.877	-109.797	J지점
28	1510.516	473.222	6455.229	3314.542	10240.010	-5507.290	96.295	-96.295	134.755	-109.812	I지점
28	1453.130	473.331	6278.929	3234.057	10127.600	-5500.969	100.166	-100.166	153.453	-116.629	1/4지점
28	1377.817	473.439	6051.311	3127.015	9994.873	-5494.680	100.829	-100.829	172.150	-123.446	2/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
28	1284.577	473.548	5772.373	2993.416	9850.453	-5488.320	98.286	-98.286	190.847	-130.264	3/4지점
28	1173.410	473.656	5442.116	2833.259	9686.246	-5481.973	92.536	-92.536	209.544	-137.081	J지점
29	1173.072	473.487	5440.251	2832.554	9685.194	-5478.902	93.035	-93.035	209.388	-137.067	I지점
29	1027.012	474.228	5004.386	2629.012	9438.398	-5476.206	95.607	-95.607	228.365	-144.016	1/4지점
29	862.708	474.969	4517.194	2398.908	9171.187	-5473.474	94.975	-94.975	247.342	-150.964	2/4지점
29	679.845	475.711	3978.676	2142.243	8893.172	-5470.720	91.139	-91.139	266.319	-157.912	3/4지점
29	478.107	476.452	3388.831	1859.017	8595.816	-5467.928	84.100	-84.100	285.296	-164.861	J지점
30	477.619	476.212	3386.221	1858.051	8594.689	-5463.793	85.147	-85.147	285.104	-164.818	I지점
30	238.544	477.817	2688.172	1530.483	8210.665	-5484.774	85.491	-85.491	304.510	-171.961	1/4지점
30	-19.931	479.423	1938.787	1176.349	7806.502	-5503.587	82.635	-82.635	323.916	-179.103	2/4지점
30	-298.011	481.028	1138.067	795.650	7392.530	-5521.741	76.578	-76.578	343.321	-186.246	3/4지점
30	-595.903	482.633	286.012	388.384	6960.218	-5544.460	67.321	-67.321	362.727	-193.388	J지점
31	-596.442	482.346	283.041	387.472	6959.056	-5539.263	68.842	-68.842	362.495	-193.319	I지점
31	-936.282	485.356	-684.271	-65.714	6593.020	-5757.644	65.938	-65.938	382.528	-200.760	1/4지점
31	-1297.555	488.366	-1702.504	-545.459	6300.067	-6095.091	59.837	-59.837	402.560	-208.201	2/4지점
31	-1681.680	491.376	-2771.256	-1051.764	6047.246	-6465.124	53.397	-53.397	422.593	-225.520	3/4지점
31	-2090.076	494.385	-3890.124	-1584.627	5826.553	-6904.042	45.935	-45.935	442.625	-244.705	J지점
32	-2090.562	494.065	-3893.083	-1585.116	5827.000	-6900.641	47.209	-47.209	442.352	-244.590	I지점
32	-2548.365	498.042	-5131.457	-2165.389	5559.420	-7410.277	45.365	-45.365	463.176	-264.243	1/4지점
32	-3031.974	502.019	-6419.529	-2772.212	5324.524	-7976.687	40.673	-40.673	483.999	-283.895	2/4지점
32	-3541.512	505.996	-7757.299	-3405.586	5133.917	-8599.758	33.134	-33.134	504.822	-303.548	3/4지점
32	-4077.103	509.973	-9144.768	-4065.510	4977.159	-9279.839	22.748	-22.748	525.645	-323.201	J지점
33	-4077.410	509.599	-9147.382	-4065.195	4977.006	-9275.198	24.370	-24.370	525.334	-323.062	I지점
33	-4669.775	507.053	-10670.360	-4776.830	4772.364	-10034.010	26.686	-26.686	547.326	-343.453	1/4지점
33	-5289.664	486.662	-12243.040	-5515.013	4601.458	-10848.740	45.756	-45.756	569.319	-363.844	2/4지점
33	-5938.423	442.325	-13865.410	-6279.746	4477.320	-11719.960	68.014	-68.014	591.311	-384.235	3/4지점
33	-6617.402	367.935	-15537.470	-7071.028	4385.022	-12648.050	93.462	-93.462	613.303	-404.626	J지점
34	-6617.293	367.406	-15539.720	-7069.744	4384.931	-12642.870	91.361	-91.361	612.967	-404.469	I지점
34	-7362.402	252.433	-17373.840	-7915.374	4237.011	-13665.310	118.221	-118.221	636.458	-425.840	1/4지점
34	-8141.688	99.302	-19257.660	-8787.557	4127.556	-14735.560	148.267	-148.267	659.950	-447.211	2/4지점
34	-8957.756	-93.981	-21191.180	-9686.292	4073.010	-15860.330	181.499	-181.499	683.441	-468.583	3/4지점
34	-9813.214	-329.413	-23174.400	-10611.580	4048.880	-17043.270	217.918	-217.918	706.932	-489.954	J지점
35	-9812.150	-330.169	-23175.540	-10609.530	4049.979	-17038.370	216.226	-216.226	706.608	-489.789	I지점
35	-10743.750	-619.030	-25311.780	-11601.430	3994.047	-18359.400	269.718	-269.718	733.676	-513.428	1/4지점
35	-11720.320	-954.027	-27497.230	-12619.870	4002.439	-19758.970	326.393	-326.393	760.744	-537.066	2/4지점
35	-12744.880	-1337.154	-29731.420	-13664.870	4032.052	-21230.990	386.251	-386.251	787.812	-560.705	3/4지점
35	-13820.400	-1770.409	-32013.850	-14736.410	4128.829	-22772.890	449.292	-449.292	814.880	-584.344	J지점
36	-13818.270	-1771.193	-32012.920	-14734.330	4130.403	-22771.710	449.542	-449.542	814.671	-584.236	I지점
36	-14764.720	-2160.415	-33969.590	-15652.610	4266.844	-24185.370	549.351	-549.351	841.341	-606.268	1/4지점
36	-15745.920	-2583.667	-35956.840	-16587.880	4427.614	-25647.910	651.195	-651.195	868.012	-628.300	2/4지점
36	-16762.070	-3041.626	-37974.640	-17540.140	4607.477	-27155.580	774.137	-774.137	894.682	-650.332	3/4지점
36	-17813.390	-3534.967	-40023.020	-18509.380	4791.975	-28698.230	927.140	-927.140	921.352	-672.364	J지점
37	-17816.630	-3538.686	-40044.170	-18511.850	4810.553	-28725.290	850.382	-850.382	919.582	-672.184	I지점
37	-16170.950	-3063.426	-37206.680	-17177.750	4742.449	-26849.920	718.723	-718.723	893.467	-654.691	1/4지점
37	-14580.300	-2642.624	-34416.940	-15870.200	4710.632	-25051.910	601.574	-601.574	867.353	-637.198	2/4지점
37	-13044.400	-2274.403	-31674.960	-14589.180	4734.692	-23347.730	487.591	-487.591	841.238	-619.705	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
37	-11563.010	-1956.883	-28980.730	-13334.720	4823.949	-21726.480	376.766	-376.766	815.124	-602.212	J지점
38	-11559.100	-1957.459	-28976.190	-13333.620	4828.962	-21731.320	375.600	-375.600	815.232	-602.274	I지점
38	-10207.450	-1689.926	-26470.210	-12162.750	4970.881	-20344.230	319.224	-319.224	795.305	-588.525	1/4지점
38	-8906.580	-1468.643	-24012.640	-11018.430	5182.990	-19036.710	265.992	-265.992	775.378	-574.776	2/4지점
38	-7653.034	-1291.027	-21604.120	-9900.653	5456.710	-17807.540	215.899	-215.899	755.450	-561.027	3/4지점
38	-6443.345	-1154.497	-19245.290	-8809.426	5806.281	-16660.240	168.937	-168.937	735.523	-547.279	J지점
39	-6439.985	-1154.846	-19240.700	-8808.687	5808.371	-16666.210	169.826	-169.826	735.700	-547.371	I지점
39	-5350.487	-1053.488	-17064.340	-7784.015	6137.848	-15671.400	135.705	-135.705	718.911	-535.494	1/4지점
39	-4298.806	-983.930	-14938.290	-6785.882	6544.535	-14771.620	104.700	-104.700	702.121	-523.617	2/4지점
39	-3282.382	-939.484	-12862.560	-5814.287	7039.160	-13974.870	76.805	-76.805	685.331	-511.740	3/4지점
39	-2298.657	-913.460	-10837.150	-4869.231	7612.784	-13292.720	52.013	-52.013	668.542	-499.863	J지점
40	-2296.151	-913.656	-10833.350	-4868.454	7615.206	-13298.140	53.307	-53.307	668.726	-499.957	I지점
40	-1409.181	-893.342	-8989.742	-3979.242	8200.791	-12838.970	29.139	-29.139	653.811	-489.215	1/4지점
40	-551.501	-873.028	-7196.599	-3116.559	8873.368	-12564.640	26.039	-26.039	638.895	-478.474	2/4지점
40	277.730	-852.713	-5454.081	-2280.407	9610.809	-12330.250	34.922	-34.922	623.980	-467.732	3/4지점
40	1079.350	-832.399	-3762.347	-1470.784	10345.900	-12102.010	41.119	-41.119	609.065	-456.990	J지점
41	1081.108	-832.504	-3759.542	-1469.799	10345.730	-12104.680	40.090	-40.090	609.225	-457.062	I지점
41	1831.791	-813.161	-2191.978	-706.707	10981.230	-11865.940	49.458	-49.458	595.302	-446.907	1/4지점
41	2555.753	-793.818	-675.379	29.844	11601.750	-11627.160	56.159	-56.159	581.380	-436.752	2/4지점
41	3253.055	-774.476	790.254	739.855	12213.760	-11388.380	62.684	-62.684	567.458	-426.596	3/4지점
41	3923.759	-755.133	2204.920	1423.324	12798.490	-11149.610	69.633	-69.633	553.536	-416.441	J지점
42	3925.224	-755.202	2207.264	1424.429	12797.900	-11151.000	68.377	-68.377	553.670	-416.492	I지점
42	4554.515	-736.904	3513.237	2063.344	13290.830	-10906.030	79.084	-79.084	540.494	-406.754	1/4지점
42	5157.785	-718.606	4768.269	2675.731	13767.700	-10661.020	86.759	-86.759	527.318	-397.016	2/4지점
42	5735.537	-700.308	5972.358	3261.590	14235.250	-10307.680	91.408	-91.408	514.143	-387.278	3/4지점
42	6288.272	-682.010	7125.506	3820.921	14675.210	-10065.200	93.036	-93.036	500.967	-377.540	J지점
43	6289.431	-682.052	7127.390	3821.934	14674.520	-10065.680	91.999	-91.999	501.071	-377.571	I지점
43	6807.501	-664.774	8181.809	4338.756	15030.670	-9703.379	99.529	-99.529	488.465	-368.149	1/4지점
43	7299.596	-647.497	9185.685	4829.049	15369.740	-9241.675	104.053	-104.053	475.859	-358.727	2/4지점
43	7764.256	-630.219	10139.420	5292.811	15699.880	-8998.978	105.576	-105.576	463.253	-349.305	3/4지점
43	8200.021	-612.942	11043.410	5730.042	16001.460	-8758.710	104.106	-104.106	450.648	-339.882	J지점
44	8200.875	-612.961	11044.860	5730.885	16000.920	-8758.627	103.287	-103.287	450.730	-339.897	I지점
44	8588.969	-595.824	11844.040	6123.662	16215.540	-8520.592	109.557	-109.557	438.304	-330.561	1/4지점
44	8947.182	-578.687	12593.890	6489.907	16410.360	-8282.617	112.846	-112.846	425.877	-321.225	2/4지점
44	9275.990	-561.550	13294.400	6829.622	16595.210	-8044.610	113.161	-113.161	413.451	-311.889	3/4지점
44	9575.871	-544.413	13945.560	7142.805	16755.170	-7806.662	110.509	-110.509	401.025	-302.553	J지점
45	9576.384	-544.410	13946.520	7143.406	16754.770	-7806.110	109.909	-109.909	401.089	-302.554	I지점
45	9834.532	-527.705	14499.860	7412.962	16828.550	-7568.494	115.653	-115.653	388.795	-293.304	1/4지점
45	10063.320	-510.999	15004.100	7655.984	16882.200	-7330.895	118.443	-118.443	376.500	-284.054	2/4지점
45	10261.840	-494.294	15459.470	7872.472	16923.860	-7093.330	118.286	-118.286	364.206	-274.804	3/4지점
45	10429.200	-477.589	15866.220	8062.425	16944.380	-6855.836	115.187	-115.187	351.911	-265.553	J지점
46	10429.330	-477.567	15866.620	8062.703	16944.000	-6854.904	114.845	-114.845	351.958	-265.541	I지점
46	10549.270	-461.049	16174.190	8208.632	16874.270	-6616.857	120.227	-120.227	339.729	-256.312	1/4지점
46	10637.140	-444.530	16433.400	8328.033	16782.060	-6378.792	122.682	-122.682	327.499	-247.083	2/4지점
46	10692.940	-428.012	16644.250	8420.907	16677.230	-6140.675	122.217	-122.217	315.270	-237.854	3/4지점
46	10716.670	-411.493	16806.720	8487.254	16551.360	-5902.619	118.838	-118.838	303.041	-228.625	J지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
47	10716.410	-411.454	16806.520	8487.207	16550.930	-5901.304	118.748	-118.748	303.073	-228.601	I지점
47	10694.810	-395.183	16873.680	8509.959	16340.520	-5663.195	123.993	-123.993	290.901	-219.389	1/4지점
47	10641.140	-378.911	16892.480	8506.185	16100.920	-5425.060	126.339	-126.339	278.729	-210.178	2/4지점
47	10555.400	-362.640	16862.910	8475.884	15849.050	-5186.888	125.790	-125.790	266.557	-200.967	3/4지점
47	10437.600	-346.368	16784.970	8419.058	15576.220	-4948.774	122.354	-122.354	254.385	-191.755	J지점
48	10436.940	-346.314	16784.140	8418.663	15576.050	-4947.147	122.539	-122.539	254.404	-191.720	I지점
48	10272.700	-330.189	16609.530	8317.824	15222.540	-4708.556	127.794	-127.794	242.258	-182.503	1/4지점
48	10076.400	-314.065	16386.560	8190.458	14836.050	-4470.020	130.177	-130.177	230.111	-173.287	2/4지점
48	9848.024	-297.940	16115.220	8036.564	14432.480	-4231.386	129.692	-129.692	217.965	-164.070	3/4지점
48	9587.586	-281.815	15795.510	7856.143	14010.130	-3992.827	126.346	-126.346	205.818	-154.853	J지점
49	9586.494	-281.745	15793.970	7855.451	14010.100	-3990.972	126.796	-126.796	205.825	-154.810	I지점
49	9271.804	-265.349	15365.950	7630.340	13509.500	-3751.814	131.917	-131.917	193.672	-145.573	1/4지점
49	8926.157	-248.953	14889.320	7378.700	12971.340	-3512.603	134.192	-134.192	181.518	-136.336	2/4지점
49	8550.664	-232.557	14363.830	7100.532	12413.700	-3273.377	133.626	-133.626	169.365	-127.099	3/4지점
49	8146.438	-216.161	13789.250	6795.835	11841.110	-3034.188	130.226	-130.226	157.211	-117.862	J지점
50	8144.784	-216.070	13786.760	6794.846	11841.200	-3032.729	130.952	-130.952	157.210	-117.810	I지점
50	7688.511	-199.357	13097.710	6445.909	11185.450	-2795.431	135.049	-135.049	145.062	-108.572	1/4지점
50	7205.005	-182.644	12359.150	6070.437	10494.290	-2556.422	136.325	-136.325	132.914	-99.334	2/4지점
50	6694.662	-165.931	11570.920	5668.430	9776.883	-2319.061	134.787	-134.787	120.766	-90.096	3/4지점
50	6157.880	-149.217	10732.870	5239.888	9045.263	-2081.771	130.442	-130.442	108.619	-80.858	J지점
51	6156.025	-149.124	10729.930	5238.926	9045.428	-2080.316	131.285	-131.285	108.612	-80.808	I지점
51	5689.784	-135.667	9975.569	4864.349	8390.205	-1891.090	131.307	-131.307	98.883	-73.440	1/4지점
51	5207.875	-122.210	9189.012	4472.792	7708.950	-1701.958	129.793	-129.793	89.154	-66.073	2/4지점
51	4711.294	-108.753	8370.056	4064.256	7009.329	-1512.828	130.124	-130.124	79.425	-58.706	3/4지점
51	4201.037	-95.296	7518.495	3638.742	6305.593	-1324.015	128.942	-128.942	69.697	-51.338	J지점
52	4199.194	-95.209	7515.485	3637.824	6305.808	-1322.632	129.476	-129.476	69.689	-51.293	I지점
52	3664.046	-81.823	6600.311	3187.839	5538.921	-1135.383	126.887	-126.887	60.004	-44.022	1/4지점
52	3116.215	-68.437	5652.320	2720.872	4742.576	-948.139	122.794	-122.794	50.318	-36.752	2/4지점
52	2555.701	-55.051	4671.514	2236.923	3919.821	-761.059	117.199	-117.199	40.633	-29.481	3/4지점
52	1982.504	-41.665	3657.892	1735.992	3088.154	-574.008	110.105	-110.105	30.948	-22.210	J지점
53	1980.890	-41.590	3655.223	1735.265	3088.395	-573.001	110.280	-110.280	30.942	-22.173	I지점
53	1498.143	-31.199	2785.607	1318.296	2350.594	-429.802	84.067	-84.067	23.205	-16.633	1/4지점
53	1007.108	-20.807	1892.732	890.124	1590.334	-286.615	56.866	-56.866	15.467	-11.093	2/4지점
53	507.868	-10.416	965.218	450.748	806.941	-143.493	28.680	-28.680	7.730	-5.553	3/4지점
53	0.501	-0.024	0.846	0.169	2.993	-2.125	0.491	-0.491	0.017	-0.012	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
54	2.769	-0.132	3.945	2.683	8.492	-5.389	2.499	-2.499	0.060	-0.065	I지점
54	562.046	-11.938	1057.157	511.884	917.799	-187.431	31.753	-31.753	8.516	-7.118	1/4지점
54	1113.158	-23.744	2073.333	1009.827	1807.274	-372.520	59.952	-59.952	17.045	-14.171	2/4지점
54	1656.023	-35.551	3054.202	1496.512	2674.356	-557.580	87.093	-87.093	25.575	-21.224	3/4지점
54	2190.560	-47.357	4011.219	1971.938	3520.025	-742.671	113.175	-113.175	34.104	-28.276	J지점
55	2198.691	-47.713	4023.180	1979.062	3536.264	-748.319	116.636	-116.636	34.164	-28.461	I지점
55	2809.850	-61.359	5108.208	2516.416	4437.267	-948.521	121.751	-121.751	44.460	-36.312	1/4지점
55	3407.628	-75.004	6158.615	3035.854	5328.919	-1148.736	125.173	-125.173	54.757	-44.162	2/4지점
55	3992.027	-88.650	7174.401	3537.376	6190.785	-1348.924	126.899	-126.899	65.054	-52.012	3/4지점
55	4563.044	-102.296	8155.567	4020.982	7022.516	-1549.131	126.925	-126.925	75.351	-59.862	J지점
56	4572.335	-102.713	8169.151	4029.434	7042.986	-1556.214	130.654	-130.654	75.428	-60.093	I지점
56	5120.279	-116.495	9088.237	4478.849	7794.069	-1751.053	131.766	-131.766	85.685	-67.781	1/4지점
56	5653.792	-130.277	9972.920	4910.347	8540.001	-1945.944	134.569	-134.569	95.942	-75.469	2/4지점
56	6171.822	-144.059	10823.420	5323.930	9265.806	-2140.817	135.447	-135.447	106.199	-83.157	3/4지점
56	6673.320	-157.841	11639.940	5719.596	9963.751	-2335.717	134.396	-134.396	116.455	-90.845	J지점
57	6682.788	-158.287	11653.680	5728.441	9986.146	-2343.779	137.363	-137.363	116.532	-91.102	I지점
57	7267.456	-175.680	12572.750	6176.505	10755.890	-2584.008	140.989	-140.989	129.317	-100.605	1/4지점
57	7824.230	-193.073	13439.250	6596.574	11514.310	-2824.233	141.590	-141.590	142.102	-110.108	2/4지점
57	8352.693	-210.467	14253.340	6988.649	12240.970	-3064.731	139.159	-139.159	154.886	-119.611	3/4지점
57	8852.425	-227.860	15015.210	7352.731	12930.980	-3304.947	133.690	-133.690	167.671	-129.114	J지점
58	8860.503	-228.271	15026.760	7360.292	12952.050	-3313.018	136.403	-136.403	167.722	-129.367	I지점
58	9322.573	-246.425	15690.660	7677.922	13551.970	-3554.438	139.174	-139.174	180.545	-138.911	1/4지점
58	9754.313	-264.578	16302.740	7967.550	14137.360	-3795.865	138.893	-138.893	193.369	-148.456	2/4지점
58	10154.550	-282.732	16863.250	8229.177	14702.160	-4037.292	135.553	-135.553	206.192	-158.001	3/4지점
58	10522.110	-300.885	17372.450	8462.801	15226.980	-4278.776	129.148	-129.148	219.015	-167.546	J지점
59	10527.710	-301.212	17380.160	8468.219	15244.140	-4286.080	131.331	-131.331	219.018	-167.766	I지점
59	10839.800	-319.745	17772.570	8653.925	15682.000	-4528.069	134.019	-134.019	231.814	-177.323	1/4지점
59	11118.050	-338.278	18113.920	8811.627	16101.290	-4770.084	133.628	-133.628	244.611	-186.880	2/4지점
59	11362.430	-356.812	18404.210	8941.324	16502.900	-5012.104	130.152	-130.152	257.407	-196.436	3/4지점
59	11572.970	-375.345	18643.440	9043.017	16869.390	-5254.021	123.583	-123.583	270.203	-205.993	J지점
60	11576.110	-375.582	18647.320	9045.894	16880.850	-5260.026	125.092	-125.092	270.144	-206.162	I지점
60	11717.820	-393.744	18751.490	9099.456	17155.350	-5502.482	127.836	-127.836	282.872	-215.717	1/4지점
60	11825.690	-411.907	18804.620	9125.027	17409.600	-5744.932	127.476	-127.476	295.600	-225.272	2/4지점
60	11899.720	-430.069	18806.720	9122.606	17651.500	-5987.289	124.003	-124.003	308.328	-234.826	3/4지점
60	11939.920	-448.232	18757.780	9092.193	17862.840	-6229.802	117.413	-117.413	321.056	-244.381	J지점
61	11940.910	-448.388	18758.320	9092.610	17868.420	-6234.310	118.228	-118.228	320.926	-244.492	I지점
61	11910.580	-465.992	18572.650	9013.390	17980.460	-6476.111	120.779	-120.779	333.526	-254.001	1/4지점
61	11846.410	-483.595	18335.930	8906.171	18072.070	-6717.898	120.198	-120.198	346.126	-263.509	2/4지점
61	11748.390	-501.199	18048.160	8770.955	18151.000	-6959.758	116.476	-116.476	358.726	-273.018	3/4지점
61	11616.530	-518.803	17709.350	8607.741	18208.110	-7201.531	109.609	-109.609	371.326	-282.526	J지점
62	11615.410	-518.873	17706.640	8605.762	18207.760	-7204.442	109.740	-109.740	371.112	-282.574	I지점
62	11411.830	-535.673	17229.800	8392.980	18156.790	-7444.096	111.844	-111.844	383.475	-291.956	1/4지점
62	11175.350	-552.473	16701.650	8152.196	18085.370	-7683.730	110.787	-110.787	395.837	-301.338	2/4지점
62	10906.940	-569.273	16121.940	7883.410	18002.740	-7923.383	106.564	-106.564	408.200	-310.720	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
62	10607.540	-586.074	15490.400	7586.621	17900.270	-8162.895	99.168	-99.168	420.562	-320.101	J지점
63	10604.360	-586.042	15484.650	7582.402	17893.840	-8163.898	98.587	-98.587	420.257	-320.077	I지점
63	10243.450	-602.116	14724.810	7238.674	17691.530	-8401.715	100.104	-100.104	432.404	-329.314	1/4지점
63	9852.011	-618.191	13912.910	6866.955	17461.990	-8639.491	98.437	-98.437	444.551	-338.551	2/4지점
63	9429.554	-634.265	13048.950	6467.245	17224.100	-8877.240	93.578	-93.578	456.697	-347.788	3/4지점
63	8975.571	-650.340	12132.940	6039.543	16966.850	-9114.988	85.520	-85.520	468.844	-357.026	J지점
64	8970.695	-650.208	12124.850	6033.443	16954.930	-9113.933	84.227	-84.227	468.444	-356.925	I지점
64	8447.705	-664.782	11073.330	5557.197	16596.090	-9347.906	84.297	-84.297	480.056	-365.838	1/4지점
64	7894.208	-679.356	9969.287	5052.941	16206.860	-9582.049	81.154	-81.154	491.667	-374.751	2/4지점
64	7311.748	-693.929	8812.313	4520.676	15808.840	-9816.072	74.790	-74.790	503.278	-383.664	3/4지점
64	6701.864	-708.503	7601.977	3960.403	15394.850	-10050.110	65.200	-65.200	514.889	-392.576	J지점
65	6695.671	-708.268	7592.325	3952.742	15377.880	-10046.730	63.216	-63.216	514.389	-392.396	I지점
65	6029.234	-721.568	6254.141	3343.663	14860.480	-10278.700	60.006	-60.006	525.155	-400.864	1/4지점
65	5336.398	-734.867	4862.198	2706.589	14313.840	-10510.690	53.559	-53.559	535.920	-409.332	2/4지점
65	4616.633	-748.167	3416.498	2041.521	13758.840	-11023.680	46.252	-46.252	546.686	-417.801	3/4지점
65	3869.408	-761.467	1917.040	1348.458	13188.880	-11262.720	38.860	-38.860	557.452	-426.269	J지점
66	3862.546	-761.137	1907.125	1339.860	13168.170	-11256.660	36.072	-36.072	556.864	-426.011	I지점
66	3053.449	-772.229	277.987	598.211	12484.770	-11636.320	34.784	-34.784	566.293	-433.697	1/4지점
66	2216.294	-783.322	-1404.911	-171.434	11773.390	-11875.810	30.547	-30.547	575.723	-441.383	2/4지점
66	1351.018	-794.415	-3141.570	-969.075	11054.620	-12115.300	23.356	-23.356	585.152	-449.070	3/4지점
66	457.557	-805.508	-4931.989	-1794.711	10322.380	-12486.420	26.229	-26.229	594.581	-456.756	J지점
67	450.283	-805.063	-4941.280	-1803.800	10299.300	-12477.430	29.369	-29.369	593.903	-456.418	I지점
67	-486.108	-814.789	-6832.048	-2673.773	9489.685	-12759.470	46.371	-46.371	601.846	-463.207	1/4지점
67	-1451.638	-824.516	-8776.416	-3571.746	8724.733	-13117.780	66.665	-66.665	609.789	-469.997	2/4지점
67	-2447.195	-834.242	-10774.210	-4497.719	8054.935	-13585.700	90.258	-90.258	617.732	-476.786	3/4지점
67	-3473.664	-843.969	-12825.270	-5451.692	7482.985	-14176.590	117.157	-117.157	625.675	-483.575	J지점
68	-3482.378	-843.284	-12834.990	-5460.355	7471.067	-14177.290	120.707	-120.707	624.947	-483.181	I지점
68	-4497.413	-863.329	-14895.860	-6447.326	6909.340	-14902.350	148.385	-148.385	630.565	-488.536	1/4지점
68	-5546.949	-902.813	-17009.820	-7462.298	6418.038	-15727.520	179.383	-179.383	636.183	-493.891	2/4지점
68	-6633.688	-968.794	-19176.880	-8505.272	6008.672	-16646.010	213.707	-213.707	641.801	-499.246	3/4지점
68	-7760.331	-1068.329	-21397.030	-9576.250	5668.167	-17652.230	251.364	-251.364	647.419	-504.601	J지점
69	-7771.489	-1067.273	-21408.830	-9584.218	5660.589	-17655.390	255.595	-255.595	646.665	-504.180	I지점
69	-8895.177	-1208.909	-23595.910	-10664.530	5293.174	-18753.230	307.351	-307.351	647.780	-506.682	1/4지점
69	-10065.110	-1393.869	-25835.390	-11772.830	4983.439	-19925.850	362.453	-362.453	648.895	-509.184	2/4지점
69	-11284.950	-1624.876	-28126.590	-12909.130	4747.857	-21172.400	420.908	-420.908	650.011	-511.686	3/4지점
69	-12558.340	-1904.653	-30468.840	-14073.430	4547.656	-22496.770	482.720	-482.720	651.126	-514.188	J지점
70	-12570.110	-1903.312	-30481.430	-14079.960	4541.623	-22497.790	486.594	-486.594	650.521	-513.836	I지점
70	-13911.340	-2227.319	-32816.770	-15235.470	4326.610	-23927.120	609.915	-609.915	642.536	-510.666	1/4지점
70	-15310.080	-2604.816	-35202.500	-16418.980	4234.149	-25437.250	736.609	-736.609	634.551	-507.496	2/4지점
70	-16766.580	-3037.784	-37638.600	-17630.500	4201.470	-27040.640	866.683	-866.683	626.566	-504.327	3/4지점
70	-18281.130	-3528.204	-40125.090	-18870.020	4210.359	-28718.750	1034.839	-1034.839	618.581	-501.157	J지점
71	-18289.580	-3526.871	-40134.610	-18873.880	4206.749	-28715.280	1037.910	-1037.910	618.318	-500.996	I지점
71	-17230.620	-3042.851	-38259.270	-17973.130	4116.302	-27318.820	891.223	-891.223	621.295	-496.944	1/4지점
71	-16208.740	-2596.136	-36416.150	-17090.280	4043.274	-26000.180	783.312	-783.312	624.271	-492.891	2/4지점
71	-15223.720	-2186.013	-34605.250	-16225.350	3997.870	-24731.300	677.570	-677.570	627.247	-488.838	3/4지점
71	-14275.330	-1811.769	-32826.590	-15378.340	3979.448	-23530.590	573.999	-573.999	630.223	-484.785	J지점
72	-14281.680	-1810.465	-32835.310	-15379.760	3976.991	-23523.310	572.082	-572.082	630.355	-484.851	I지점
72	-13186.100	-1379.452	-30631.430	-14320.520	3978.357	-22063.310	506.741	-506.741	624.045	-473.465	1/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
72	-12144.040	-1001.301	-28478.440	-13289.270	4010.229	-20682.910	444.793	-444.793	617.736	-462.078	2/4지점
72	-11152.150	-673.909	-26376.830	-12286.010	4060.735	-19365.900	386.236	-386.236	611.427	-450.691	3/4지점
72	-10207.040	-395.170	-24327.120	-11310.760	4187.907	-18104.890	331.071	-331.071	605.117	-439.305	J지점
73	-10211.180	-393.924	-24332.780	-11310.020	4187.991	-18099.860	328.111	-328.111	605.460	-439.483	I지점
73	-9345.798	-154.510	-22359.270	-10360.770	4234.174	-16899.190	289.040	-289.040	593.187	-424.302	1/4지점
73	-8521.091	40.447	-20438.190	-9439.536	4312.121	-15758.570	253.362	-253.362	580.913	-409.122	2/4지점
73	-7734.310	193.051	-18569.520	-8546.306	4447.902	-14674.010	221.077	-221.077	568.640	-393.941	3/4지점
73	-6982.707	305.408	-16753.290	-7681.082	4615.353	-13668.020	192.185	-192.185	556.366	-378.760	J지점
74	-6984.499	306.375	-16755.180	-7678.588	4616.161	-13664.520	189.155	-189.155	556.765	-378.952	I지점
74	-6295.567	388.561	-15017.000	-6850.499	4712.957	-12661.190	161.005	-161.005	541.676	-361.973	1/4지점
74	-5637.851	439.055	-13331.220	-6050.408	4841.604	-11760.640	136.247	-136.247	526.588	-344.994	2/4지점
74	-5010.145	464.295	-11697.840	-5278.315	5019.007	-10938.880	114.881	-114.881	511.499	-328.014	3/4지점
74	-4411.245	470.718	-10116.880	-4534.219	5230.677	-10170.920	96.907	-96.907	496.410	-311.035	J지점
75	-4411.480	471.268	-10116.260	-4530.903	5233.008	-10166.460	93.989	-93.989	496.769	-311.199	I지점
75	-3853.771	475.291	-8635.607	-3831.840	5390.232	-9363.584	73.483	-73.483	480.251	-293.341	1/4지점
75	-3323.530	479.315	-7207.356	-3160.770	5582.120	-8724.045	56.368	-56.368	463.733	-275.482	2/4지점
75	-2820.628	483.338	-5831.506	-2517.694	5821.839	-8140.208	42.644	-42.644	447.216	-257.624	3/4지점
75	-2344.935	487.362	-4508.055	-1902.612	6095.324	-7505.171	32.313	-32.313	430.698	-239.765	J지점
76	-2344.546	487.697	-4505.899	-1899.126	6099.938	-7501.610	29.585	-29.585	430.999	-239.896	I지점
76	-1907.993	490.519	-3288.638	-1329.439	6319.961	-7040.754	14.923	-14.923	413.322	-221.360	1/4지점
76	-1497.023	493.341	-2124.201	-787.747	6573.735	-6576.750	5.142	-5.142	395.645	-206.488	2/4지점
76	-1110.140	496.163	-1013.013	-274.049	6869.720	-6208.752	4.225	-4.225	377.969	-200.231	3/4지점
76	-745.848	498.986	44.503	211.655	7209.607	-5912.488	8.711	-8.711	360.292	-193.975	J지점
77	-745.209	499.261	47.308	214.892	7218.761	-5912.546	11.127	-11.127	360.539	-194.046	I지점
77	-419.821	501.009	985.662	654.180	7657.061	-5861.885	22.161	-22.161	342.151	-187.434	1/4지점
77	-115.314	502.758	1869.911	1065.469	8108.330	-5856.177	29.803	-29.803	323.763	-180.822	2/4지점
77	168.530	504.506	2700.054	1448.760	8550.020	-5849.544	34.053	-34.053	305.376	-174.209	3/4지점
77	431.928	506.254	3476.092	1804.051	8972.290	-5843.479	34.911	-34.911	286.988	-167.597	J지점
78	432.600	506.465	3478.786	1806.690	8980.837	-5845.907	36.855	-36.855	287.179	-167.636	I지점
78	657.223	507.160	4133.247	2114.335	9298.575	-5838.998	45.284	-45.284	268.298	-160.784	1/4지점
78	861.951	507.856	4733.605	2393.982	9597.926	-5831.342	50.322	-50.322	249.416	-153.932	2/4지점
78	1047.116	508.551	5279.861	2645.631	9887.062	-5823.709	51.968	-51.968	230.534	-147.081	3/4지점
78	1213.050	509.247	5772.014	2869.283	10156.120	-5816.370	50.221	-50.221	211.653	-140.229	J지점
79	1213.563	509.375	5773.916	2871.029	10161.300	-5817.384	51.600	-51.600	211.795	-140.236	I지점
79	1341.399	509.498	6145.238	3047.423	10330.050	-5808.844	58.386	-58.386	192.679	-133.278	1/4지점
79	1450.332	509.622	6462.452	3195.817	10479.870	-5799.980	61.779	-61.779	173.562	-126.319	2/4지점
79	1540.364	509.746	6725.557	3316.209	10618.640	-5791.025	61.780	-61.780	154.445	-119.361	3/4지점
79	1611.493	509.870	6934.553	3408.600	10737.510	-5782.300	58.389	-58.389	135.329	-112.403	J지점
80	1611.745	509.903	6935.294	3409.320	10738.810	-5781.964	59.159	-59.159	135.436	-112.381	I지점
80	1644.439	509.583	7022.802	3454.502	10757.900	-5770.712	64.873	-64.873	116.217	-105.360	1/4지점
80	1658.233	509.263	7056.207	3471.686	10757.470	-5759.821	67.195	-67.195	101.899	-100.560	2/4지점
80	1653.128	508.942	7035.508	3460.872	10745.440	-5748.943	66.125	-66.125	121.164	-107.627	3/4지점
80	1629.122	508.622	6960.706	3422.059	10713.990	-5737.894	61.663	-61.663	140.429	-114.695	J지점
81	1629.061	508.554	6960.111	3421.670	10711.150	-5736.207	61.760	-61.760	140.316	-114.711	I지점
81	1566.637	507.809	6763.870	3335.756	10579.650	-5722.621	66.337	-66.337	159.466	-121.712	1/4지점
81	1485.320	507.065	6513.543	3221.853	10428.100	-5708.864	67.524	-67.524	178.616	-128.713	2/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
81	1385.109	506.320	6209.129	3079.960	10265.650	-5695.395	65.319	-65.319	197.766	-135.714	3/4지점
81	1266.004	505.576	5850.629	2910.078	10084.240	-5681.682	59.724	-59.724	216.916	-142.716	J지점
82	1265.682	505.418	5848.926	2908.690	10077.800	-5678.828	59.158	-59.158	216.772	-142.703	I지점
82	1108.718	504.202	5370.439	2692.094	9795.715	-5662.792	61.960	-61.960	235.687	-149.602	1/4지점
82	932.564	502.985	4837.964	2447.560	9493.581	-5646.573	61.377	-61.377	254.602	-156.500	2/4지점
82	736.887	501.768	4251.499	2175.087	9181.382	-5630.573	57.409	-57.409	273.518	-163.398	3/4지점
82	521.357	500.551	3611.044	1874.674	8850.792	-5614.450	50.057	-50.057	292.433	-170.297	J지점
83	520.874	500.317	3608.611	1872.454	8841.207	-5610.449	48.848	-48.848	292.246	-170.255	I지점
83	266.962	498.235	2848.125	1525.449	8405.774	-5591.402	48.930	-48.930	310.717	-176.948	1/4지점
83	-7.309	496.154	2033.762	1150.564	7950.667	-5573.109	45.633	-45.633	329.187	-183.642	2/4지점
83	-302.157	494.073	1165.523	747.798	7486.393	-5561.002	40.209	-40.209	347.658	-190.336	3/4지점
83	-617.797	491.991	243.407	317.151	7090.688	-5651.011	32.900	-32.900	366.129	-197.029	J지점
84	-618.252	491.712	240.988	314.478	7084.614	-5652.104	31.463	-31.463	365.903	-196.960	I지점
84	-972.473	488.765	-798.828	-161.145	6768.457	-5959.458	31.220	-31.220	383.818	-203.392	1/4지점
84	-1349.144	485.818	-1891.983	-664.588	6485.344	-6332.186	27.913	-27.913	401.734	-209.824	2/4지점
84	-1749.753	482.871	-3038.057	-1195.852	6246.138	-6765.616	21.542	-21.542	419.650	-225.556	3/4지점
84	-2175.786	479.924	-4236.629	-1754.938	6041.603	-7259.599	12.108	-12.108	437.565	-244.126	J지점
85	-2176.073	479.615	-4238.495	-1757.871	6038.271	-7264.765	10.058	-10.058	437.296	-244.014	I지점
85	-2641.494	475.089	-5543.562	-2360.589	5780.803	-7824.354	19.862	-19.862	454.360	-262.091	1/4지점
85	-3133.906	470.564	-6900.609	-2991.078	5558.485	-8443.319	33.030	-33.030	471.423	-280.168	2/4지점
85	-3653.438	466.038	-8309.638	-3649.336	5384.785	-9122.307	49.563	-49.563	488.487	-298.245	3/4지점
85	-4200.219	461.512	-9770.647	-4335.365	5246.164	-9861.764	69.460	-69.460	505.551	-316.322	J지점
86	-4200.150	461.154	-9771.320	-4338.210	5245.064	-9868.614	72.046	-72.046	505.239	-316.183	I지점
86	-4786.104	449.851	-11334.220	-5066.852	5052.410	-10673.490	89.922	-89.922	521.409	-333.708	1/4지점
86	-5400.779	419.928	-12948.980	-5823.197	4895.429	-11535.850	111.156	-111.156	537.580	-351.234	2/4지점
86	-6045.583	365.014	-14615.590	-6607.249	4788.654	-12457.240	135.746	-135.746	553.750	-368.759	3/4지점
86	-6721.921	278.740	-16334.070	-7419.005	4713.307	-13438.050	163.692	-163.692	569.921	-386.284	J지점
87	-6721.136	278.216	-16333.220	-7421.339	4713.490	-13444.740	166.520	-166.520	569.586	-386.126	I지점
87	-7450.435	160.891	-18127.650	-8267.984	4569.958	-14479.280	196.122	-196.122	583.984	-402.508	1/4지점
87	-8215.333	3.823	-19973.850	-9142.285	4465.951	-15569.250	229.076	-229.076	598.383	-418.890	2/4지점
87	-9018.542	-195.066	-21871.820	-10044.240	4417.523	-16715.500	265.380	-265.380	612.782	-435.272	3/4지점
87	-9862.778	-437.856	-23821.550	-10973.860	4398.167	-17922.300	305.034	-305.034	627.181	-451.654	J지점
88	-9860.952	-438.588	-23819.140	-10975.270	4398.720	-17927.540	308.039	-308.039	626.868	-451.493	I지점
88	-10778.020	-718.048	-25831.240	-11929.780	4328.847	-19202.200	364.812	-364.812	637.617	-465.560	1/4지점
88	-11741.860	-1045.468	-27894.500	-12911.900	4316.159	-20533.360	424.929	-424.929	648.367	-479.628	2/4지점
88	-12755.560	-1422.923	-30008.420	-13921.610	4323.481	-21976.540	488.390	-488.390	659.116	-493.695	3/4지점
88	-13822.260	-1852.487	-32172.490	-14958.930	4403.813	-23387.230	555.195	-555.195	669.865	-507.762	J지점
89	-13819.680	-1853.256	-32169.310	-14959.210	4405.652	-23390.090	557.542	-557.542	669.659	-507.654	I지점
89	-14731.450	-2229.747	-33916.510	-15791.000	4468.966	-24642.080	662.851	-662.851	673.091	-515.684	1/4지점
89	-15679.270	-2641.555	-35695.430	-16640.420	4559.408	-25993.260	770.297	-770.297	676.523	-523.715	2/4지점
89	-16663.370	-3089.381	-37506.070	-17507.470	4674.686	-27390.160	924.050	-924.050	679.955	-531.745	3/4지점
89	-17683.960	-3573.927	-39348.430	-18392.150	4805.252	-28659.330	1088.294	-1088.294	683.387	-539.776	J지점
90	-17675.020	-3571.677	-39322.710	-18387.660	4791.130	-28643.860	1045.089	-1045.089	685.030	-539.923	I지점
90	-16155.160	-3082.812	-36778.920	-17147.910	4743.418	-26884.300	874.236	-874.236	686.536	-538.813	1/4지점
90	-14692.280	-2650.345	-34284.590	-15935.650	4741.938	-25246.380	724.744	-724.744	688.043	-537.703	2/4지점
90	-13286.110	-2272.329	-31839.710	-14750.870	4801.707	-23886.520	603.359	-603.359	689.549	-536.593	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
90	-11936.380	-1946.821	-29444.290	-13593.580	4958.041	-22417.030	485.284	-485.284	691.056	-535.483	J지점
91	-11933.020	-1947.346	-29441.500	-13591.570	4960.726	-22417.070	483.710	-483.710	691.171	-535.550	I지점
91	-10650.670	-1670.294	-27072.920	-12442.560	5148.524	-21091.550	422.659	-422.659	686.348	-530.606	1/4지점
91	-9420.798	-1441.043	-24754.370	-11320.990	5371.611	-19843.630	364.901	-364.901	681.525	-525.663	2/4지점
91	-8239.838	-1256.923	-22486.520	-10226.850	5662.413	-18670.490	310.427	-310.427	676.702	-520.719	3/4지점
91	-7104.206	-1115.266	-20270.030	-9160.158	6017.566	-17572.930	259.232	-259.232	671.879	-515.775	J지점
92	-7101.411	-1115.608	-20267.860	-9157.632	6020.241	-17571.190	257.257	-257.257	672.066	-515.875	I지점
92	-6000.679	-1014.933	-18087.810	-8114.896	6360.062	-16590.670	218.674	-218.674	663.846	-508.873	1/4지점
92	-4938.975	-947.076	-15959.690	-7099.547	6769.334	-15700.060	183.350	-183.350	655.627	-501.872	2/4지점
92	-3913.656	-905.134	-13883.500	-6111.587	7262.945	-14904.600	151.280	-151.280	647.408	-494.871	3/4지점
92	-2922.083	-882.204	-11859.240	-5151.014	7828.656	-14213.090	122.457	-122.457	639.188	-487.869	J지점
93	-2919.972	-882.402	-11857.420	-5148.321	7832.828	-14212.090	120.652	-120.652	639.375	-487.966	I지점
93	-1956.770	-868.343	-9905.737	-4227.242	8415.598	-13670.580	92.667	-92.667	629.500	-479.999	1/4지점
93	-1023.736	-854.284	-8006.036	-3333.489	9088.934	-13105.340	67.908	-67.908	619.624	-472.033	2/4지점
93	-120.006	-840.225	-6158.479	-2467.062	9840.523	-12773.740	46.369	-46.369	609.748	-464.066	3/4지점
93	755.285	-826.166	-4363.231	-1627.962	10614.950	-12336.930	28.045	-28.045	599.873	-456.100	J지점
94	756.830	-826.269	-4361.507	-1625.511	10622.570	-12339.210	26.430	-26.430	600.032	-456.173	I지점
94	1586.011	-811.655	-2674.616	-831.228	11298.820	-11766.240	6.931	-6.931	589.228	-447.672	1/4지점
94	2387.737	-797.041	-1040.094	-64.217	11960.880	-11514.770	9.374	-9.374	578.423	-439.171	2/4지점
94	3162.068	-782.427	542.057	675.523	12615.190	-11263.320	22.491	-22.491	567.619	-430.670	3/4지점
94	3909.068	-767.813	2071.839	1387.992	13241.730	-11011.850	32.428	-32.428	556.815	-422.169	J지점
95	3910.438	-767.879	2073.734	1390.048	13248.000	-11012.980	33.860	-33.860	556.946	-422.220	I지점
95	4603.133	-752.248	3482.195	2055.544	13771.750	-10765.800	47.529	-47.529	545.364	-413.281	1/4지점
95	5269.134	-736.618	4838.396	2693.825	14280.520	-10518.670	58.037	-58.037	533.783	-404.341	2/4지점
95	5908.956	-720.987	6142.336	3304.891	14780.500	-10271.550	65.391	-65.391	522.201	-395.402	3/4지점
95	6523.114	-705.357	7394.017	3888.743	15252.370	-10024.420	69.598	-69.598	510.619	-386.462	J지점
96	6524.234	-705.395	7395.759	3890.364	15257.040	-10024.780	70.772	-70.772	510.725	-386.494	I지점
96	7090.300	-689.428	8531.001	4427.810	15635.040	-9782.038	80.869	-80.869	498.740	-377.367	1/4지점
96	7629.770	-673.460	9614.489	4938.090	15996.980	-9539.149	87.837	-87.837	486.756	-368.239	2/4지점
96	8141.149	-657.492	10646.640	5421.207	16350.300	-9296.385	91.682	-91.682	474.771	-359.112	3/4지점
96	8622.942	-641.524	11627.860	5877.159	16674.400	-9053.608	92.410	-92.410	462.787	-349.985	J지점
97	8623.760	-641.540	11629.250	5878.346	16677.520	-9053.437	93.303	-93.303	462.868	-350.000	I지점
97	9045.697	-624.774	12488.340	6287.722	16907.370	-8810.680	101.818	-101.818	450.589	-340.702	1/4지점
97	9437.075	-608.008	13296.980	6669.963	17118.030	-8567.920	107.234	-107.234	438.309	-331.405	2/4지점
97	9798.381	-591.242	14055.150	7025.071	17320.070	-8325.138	109.556	-109.556	426.030	-322.108	3/4지점
97	10130.100	-574.476	14762.870	7353.045	17495.870	-8082.432	108.790	-108.790	413.751	-312.810	J지점
98	10130.600	-574.473	14763.820	7353.832	17497.450	-8081.854	109.405	-109.405	413.814	-312.811	I지점
98	10409.440	-557.474	15356.860	7636.636	17580.450	-7839.728	117.062	-117.062	401.451	-303.465	1/4지점
98	10658.260	-540.476	15899.680	7892.302	17643.930	-7597.559	121.643	-121.643	389.088	-294.119	2/4지점
98	10876.120	-523.477	16392.530	8120.832	17695.710	-7355.349	123.156	-123.156	376.726	-284.772	3/4지점
98	11062.110	-506.478	16835.650	8322.225	17727.110	-7113.225	121.607	-121.607	364.363	-275.426	J지점
99	11062.240	-506.457	16836.070	8322.565	17727.050	-7112.292	121.947	-121.947	364.410	-275.414	I지점
99	11187.450	-489.081	17158.960	8477.248	17659.500	-6869.695	128.875	-128.875	351.934	-266.010	1/4지점
99	11279.850	-471.706	17432.360	8604.787	17569.760	-6627.098	132.754	-132.754	339.457	-256.606	2/4지점
99	11339.440	-454.331	17656.270	8705.183	17467.880	-6384.569	133.588	-133.588	326.981	-247.202	3/4지점
99	11366.220	-436.956	17830.680	8778.435	17345.410	-6141.945	131.386	-131.386	314.505	-237.799	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
100	11365.970	-436.917	17830.530	8778.305	17343.550	-6140.644	131.434	-131.434	314.538	-237.774	I지점
100	11332.490	-419.293	17885.440	8805.196	17128.770	-5898.259	137.859	-137.859	302.006	-228.354	1/4지점
100	11266.210	-401.668	17890.870	8804.954	16883.860	-5656.015	141.261	-141.261	289.475	-218.935	2/4지점
100	11167.130	-384.044	17846.830	8777.578	16626.870	-5413.639	141.646	-141.646	276.944	-209.515	3/4지점
100	11035.240	-366.419	17753.320	8723.067	16349.720	-5171.248	139.020	-139.020	264.412	-200.096	J지점
101	11034.640	-366.368	17752.610	8722.492	16346.480	-5169.777	138.755	-138.755	264.430	-200.063	I지점
101	10843.740	-348.590	17541.120	8622.002	15983.050	-4927.924	144.832	-144.832	251.870	-190.646	1/4지점
101	10620.030	-330.811	17280.140	8494.368	15585.590	-4686.057	147.910	-147.910	239.309	-181.229	2/4지점
101	10363.500	-313.033	16969.680	8339.592	15170.930	-4444.216	147.995	-147.995	226.749	-171.812	3/4지점
101	10074.170	-295.255	16609.720	8157.672	14737.960	-4202.369	145.095	-145.095	214.188	-162.396	J지점
102	10073.120	-295.185	16608.330	8156.563	14733.130	-4200.605	144.502	-144.502	214.196	-162.352	I지점
102	9729.752	-277.593	16136.640	7928.531	14217.550	-3959.034	150.042	-150.042	201.619	-152.938	1/4지점
102	9354.721	-260.002	15615.220	7673.362	13663.030	-3717.725	152.609	-152.609	189.042	-143.525	2/4지점
102	8949.159	-242.410	15043.830	7391.056	13089.040	-3476.199	152.551	-152.551	176.465	-134.111	3/4지점
102	8514.205	-224.819	14422.210	7081.614	12500.310	-3234.556	151.274	-151.274	163.888	-124.697	J지점
103	8512.629	-224.728	14420.070	7079.978	12494.170	-3232.567	150.411	-150.411	163.886	-124.646	I지점
103	8034.409	-207.510	13694.370	6725.246	11818.340	-2991.694	156.511	-156.511	151.330	-115.253	1/4지점
103	7528.329	-190.293	12918.010	6343.368	11106.600	-2750.836	159.987	-159.987	138.775	-105.861	2/4지점
103	6994.793	-173.075	12090.840	5934.344	10366.110	-2509.991	160.846	-160.846	126.219	-96.469	3/4지점
103	6434.210	-155.858	11212.690	5498.173	9612.925	-2269.144	159.094	-159.094	113.664	-87.077	J지점
104	6432.576	-155.771	11210.470	5496.376	9607.116	-2267.396	157.911	-157.911	113.658	-87.029	I지점
104	5949.565	-142.046	10426.690	5112.830	8927.939	-2073.108	159.689	-159.689	103.599	-79.473	1/4지점
104	5450.527	-128.321	9609.975	4711.916	8221.857	-1878.998	159.804	-159.804	93.540	-71.917	2/4지점
104	4936.481	-114.596	8760.123	4293.633	7496.695	-1684.698	158.260	-158.260	83.482	-64.360	3/4지점
104	4408.444	-100.871	7876.919	3857.982	6766.848	-1490.329	155.061	-155.061	73.423	-56.804	J지점
105	4406.683	-100.782	7874.529	3856.092	6760.963	-1488.648	153.552	-153.552	73.414	-56.757	I지점
105	3854.980	-87.159	6929.272	3390.540	5957.920	-1291.661	149.277	-149.277	63.360	-49.140	1/4지점
105	3290.308	-73.536	5950.458	2907.623	5124.957	-1094.672	143.354	-143.354	53.306	-41.523	2/4지점
105	2712.666	-59.913	4938.088	2407.341	4263.746	-897.713	135.787	-135.787	43.252	-33.906	3/4지점
105	2122.055	-46.291	3892.161	1889.694	3394.109	-700.767	126.580	-126.580	33.198	-26.289	J지점
106	2120.574	-46.218	3890.140	1888.162	3389.562	-699.536	124.997	-124.997	33.193	-26.253	I지점
106	1603.212	-34.671	2962.810	1433.496	2576.740	-524.780	95.706	-95.706	24.893	-19.693	1/4지점
106	1077.365	-23.123	2011.666	967.359	1741.580	-350.082	65.335	-65.335	16.593	-13.133	2/4지점
106	543.115	-11.575	1025.054	489.751	883.334	-175.292	33.886	-33.886	8.293	-6.574	3/4지점
106	0.545	-0.028	0.706	0.672	3.052	-2.526	1.362	-1.362	0.017	-0.014	J지점

[SHEAR FORCE]

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
1	-608.018	11.738	-1175.609	-537.038	158.692	-1064.128	39.959	-39.959	6.026	-8.961	I지점
1	-598.309	11.738	-1131.351	-523.585	159.123	-1039.474	38.589	-38.589	6.026	-8.961	1/4지점
1	-588.503	11.738	-1087.092	-510.131	167.643	-1015.567	37.216	-37.216	6.026	-8.961	2/4지점
1	-578.600	11.738	-1051.526	-496.678	179.104	-992.557	35.841	-35.841	6.026	-8.961	3/4지점
1	-568.600	11.738	-1025.529	-483.225	190.826	-970.523	34.464	-34.464	6.026	-8.961	J지점
2	-575.047	12.965	-1023.289	-505.715	204.376	-980.125	12.411	-12.411	7.047	-9.419	I지점
2	-562.366	12.965	-990.480	-488.736	217.446	-953.844	10.553	-10.553	7.047	-9.419	1/4지점
2	-549.686	12.965	-957.671	-471.758	231.257	-928.457	8.692	-8.692	7.047	-9.419	2/4지점
2	-537.006	12.965	-924.863	-454.779	245.689	-904.090	6.828	-6.828	7.047	-9.419	3/4지점
2	-524.326	12.965	-892.054	-437.801	260.484	-881.094	4.961	-4.961	7.047	-9.419	J지점
3	-511.121	13.002	-859.036	-433.526	247.804	-885.307	6.824	-6.824	7.241	-9.505	I지점
3	-497.943	13.002	-826.331	-416.548	260.963	-862.628	4.955	-4.955	7.241	-9.505	1/4지점
3	-483.770	13.002	-793.832	-399.571	274.726	-840.796	3.083	-3.083	7.241	-9.505	2/4지점
3	-468.601	13.002	-761.539	-382.593	288.991	-819.692	1.576	-1.576	7.241	-9.505	3/4지점
3	-452.437	13.002	-729.452	-365.615	303.633	-799.593	3.338	-3.338	7.241	-9.505	J지점
4	-432.533	12.833	-678.960	-354.405	280.297	-796.193	5.304	-5.304	7.303	-9.507	I지점
4	-411.551	12.833	-639.053	-333.188	296.616	-770.319	2.954	-2.954	7.303	-9.507	1/4지점
4	-390.252	12.833	-599.275	-311.971	313.930	-745.346	1.405	-1.405	7.303	-9.507	2/4지점
4	-368.635	12.833	-559.625	-290.754	332.086	-721.455	3.616	-3.616	7.303	-9.507	3/4지점
4	-346.701	12.833	-520.103	-269.537	350.845	-698.786	5.833	-5.833	7.303	-9.507	J지점
5	-322.188	12.290	-460.917	-255.282	323.611	-700.964	4.616	-4.616	7.291	-9.503	I지점
5	-299.647	12.290	-421.550	-234.062	340.428	-676.806	2.248	-2.248	7.291	-9.503	1/4지점
5	-276.218	12.290	-382.377	-212.842	358.260	-653.423	1.185	-1.185	7.291	-9.503	2/4지점
5	-251.900	12.290	-343.396	-191.622	376.899	-630.992	3.412	-3.412	7.291	-9.503	3/4지점
5	-226.693	12.290	-304.608	-170.402	396.189	-609.683	5.646	-5.646	7.291	-9.503	J지점
6	-208.777	11.926	-257.883	-156.137	367.352	-615.691	4.559	-4.559	7.267	-9.505	I지점
6	-183.124	11.926	-219.190	-134.916	384.859	-592.640	2.173	-2.173	7.267	-9.505	1/4지점
6	-157.472	11.926	-180.498	-113.695	403.349	-570.325	0.663	-0.663	7.267	-9.505	2/4지점
6	-131.819	11.926	-141.805	-92.474	422.689	-548.924	2.908	-2.908	7.267	-9.505	3/4지점
6	-106.167	11.926	-103.112	-71.253	442.689	-528.594	5.159	-5.159	7.267	-9.505	J지점
7	-101.066	12.209	-74.912	-57.807	417.205	-540.240	4.650	-4.650	7.266	-9.555	I지점
7	-75.415	12.209	-36.221	-36.586	435.411	-518.136	2.246	-2.246	7.266	-9.555	1/4지점
7	-49.764	12.209	2.470	-15.366	454.635	-496.711	0.230	-0.230	7.266	-9.555	2/4지점
7	-24.113	12.209	41.161	5.854	474.701	-476.251	2.576	-2.576	7.266	-9.555	3/4지점
7	1.539	12.209	79.852	27.074	495.441	-456.743	4.995	-4.995	7.266	-9.555	J지점
8	5.324	12.644	106.725	39.936	476.962	-473.281	4.546	-4.546	7.303	-9.656	I지점
8	30.976	12.644	145.417	61.156	495.950	-452.006	2.124	-2.124	7.303	-9.656	1/4지점
8	56.628	12.644	184.109	82.377	515.946	-431.511	0.303	-0.303	7.303	-9.656	2/4지점
8	82.280	12.644	222.801	103.598	536.798	-411.793	2.735	-2.735	7.303	-9.656	3/4지점
8	107.932	12.644	261.493	124.818	558.328	-393.156	5.172	-5.172	7.303	-9.656	J지점
9	112.999	13.128	291.047	137.726	544.173	-413.665	4.297	-4.297	7.375	-9.804	I지점
9	138.288	13.128	329.834	158.945	563.936	-393.275	1.988	-1.988	7.375	-9.804	1/4지점
9	162.853	13.128	368.813	180.165	584.751	-373.508	0.586	-0.586	7.375	-9.804	2/4지점
9	186.694	13.128	407.986	201.384	606.410	-354.654	3.035	-3.035	7.375	-9.804	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
9	209.812	13.128	447.352	222.604	628.753	-336.819	5.489	-5.489	7.375	-9.804	J지점
10	214.612	13.847	478.327	235.996	618.781	-361.802	4.175	-4.175	7.516	-10.010	I지점
10	237.563	13.847	517.797	257.220	639.398	-342.090	1.879	-1.879	7.516	-10.010	1/4지점
10	260.895	13.847	557.267	278.443	661.049	-323.084	0.966	-0.966	7.516	-10.010	2/4지점
10	284.608	13.847	596.736	299.667	683.536	-304.984	3.433	-3.433	7.516	-10.010	3/4지점
10	308.702	13.847	636.206	320.891	706.669	-287.915	5.905	-5.905	7.516	-10.010	J지점
11	316.696	14.508	672.677	334.724	702.387	-314.942	3.692	-3.692	7.702	-10.339	I지점
11	340.390	14.508	712.297	355.942	723.826	-296.082	1.381	-1.381	7.702	-10.339	1/4지점
11	362.916	14.508	752.238	377.161	746.307	-277.960	2.019	-2.019	7.702	-10.339	2/4지점
11	384.274	14.508	792.502	398.379	769.617	-260.693	4.503	-4.503	7.702	-10.339	3/4지점
11	404.464	14.508	833.086	419.597	793.573	-244.471	6.992	-6.992	7.702	-10.339	J지점
12	406.108	16.025	864.075	431.073	795.739	-283.724	2.625	-2.625	8.144	-11.123	I지점
12	425.921	16.025	904.831	452.297	817.957	-258.878	1.928	-1.928	8.144	-11.123	1/4지점
12	446.135	16.025	945.588	473.521	841.174	-241.358	4.424	-4.424	8.144	-11.123	2/4지점
12	466.753	16.025	986.344	494.744	865.177	-225.041	6.925	-6.925	8.144	-11.123	3/4지점
12	487.773	16.025	1027.100	515.968	889.736	-209.796	9.432	-9.432	8.144	-11.123	J지점
13	494.089	17.761	1067.905	529.440	901.850	-247.728	3.551	-3.551	8.732	-12.136	I지점
13	515.328	17.761	1108.650	550.658	925.005	-223.801	6.059	-6.059	8.732	-12.136	1/4지점
13	536.617	17.761	1149.395	571.876	949.088	-207.690	8.572	-8.572	8.732	-12.136	2/4지점
13	557.954	17.761	1190.139	593.093	973.869	-192.529	11.090	-11.090	8.732	-12.136	3/4지점
13	579.340	17.761	1230.884	614.311	999.165	-178.474	13.613	-13.613	8.732	-12.136	J지점
14	601.296	19.150	1296.854	631.107	1022.796	-205.230	9.825	-9.825	9.472	-13.348	I지점
14	623.047	19.150	1337.543	652.330	1047.224	-189.672	12.351	-12.351	9.472	-13.348	1/4지점
14	645.469	19.150	1378.104	673.552	1072.421	-174.983	14.882	-14.882	9.472	-13.348	2/4지점
14	668.563	19.150	1418.536	694.775	1098.155	-161.396	17.419	-17.419	9.472	-13.348	3/4지점
14	692.329	19.150	1458.840	715.997	1124.138	-149.063	19.961	-19.961	9.472	-13.348	J지점
15	776.165	17.121	1613.026	744.408	1165.690	-182.937	17.787	-17.787	10.728	-15.340	I지점
15	801.286	29.178	1653.259	765.628	1191.023	-168.004	20.330	-20.330	10.728	-15.340	1/4지점
15	828.454	46.582	1693.493	786.847	1217.102	-154.026	22.879	-22.879	10.728	-15.340	2/4지점
15	857.669	69.334	1733.726	808.066	1243.670	-141.171	25.433	-25.433	10.728	-15.340	3/4지점
15	888.930	97.435	1773.959	829.286	1270.559	-129.519	27.991	-27.991	10.728	-15.340	J지점
16	981.614	95.006	1932.688	872.192	1352.417	-162.951	36.662	-36.662	12.819	-18.674	I지점
16	1015.289	126.818	1972.670	893.414	1379.281	-148.697	39.223	-39.223	12.819	-18.674	1/4지점
16	1051.733	160.694	2012.138	914.637	1407.001	-135.363	41.789	-41.789	12.819	-18.674	2/4지점
16	1090.947	196.634	2051.091	935.859	1435.357	-124.354	44.361	-44.361	12.819	-18.674	3/4지점
16	1132.932	234.638	2089.529	957.082	1464.135	-119.267	46.937	-46.937	12.819	-18.674	J지점
17	1193.543	239.539	2227.693	1015.738	1627.307	-202.372	131.223	-131.223	17.212	-25.726	I지점
17	1237.008	279.320	2265.867	1036.956	1656.640	-196.012	133.617	-133.617	17.212	-25.726	1/4지점
17	1280.680	320.601	2304.042	1058.175	1686.980	-190.095	136.016	-136.016	17.212	-25.726	2/4지점
17	1324.558	363.384	2342.216	1079.394	1718.113	-184.713	138.421	-138.421	17.212	-25.726	3/4지점
17	1368.643	407.667	2380.390	1100.612	1749.827	-181.106	140.832	-140.832	17.212	-25.726	J지점
18	-1044.634	-517.412	-2071.282	-981.132	367.608	-1766.994	149.702	-149.702	32.792	-26.045	I지점
18	-1009.385	-481.718	-2040.739	-964.155	367.982	-1741.965	147.777	-147.777	32.792	-26.045	1/4지점
18	-974.349	-446.700	-2010.196	-947.178	370.742	-1717.239	145.853	-145.853	32.792	-26.045	2/4지점
18	-939.524	-412.357	-1979.653	-930.201	375.366	-1692.943	143.928	-143.928	32.792	-26.045	3/4지점
18	-904.911	-378.690	-1949.110	-913.224	380.299	-1669.226	142.004	-142.004	32.792	-26.045	J지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
19	-870.411	-369.340	-1850.647	-868.181	243.519	-1491.287	50.144	-50.144	25.035	-21.159	I지점
19	-828.561	-328.480	-1812.279	-846.962	248.089	-1462.504	47.554	-47.554	25.035	-21.159	1/4지점
19	-789.268	-289.215	-1773.526	-825.743	253.270	-1434.056	44.964	-44.964	25.035	-21.159	2/4지점
19	-752.533	-251.545	-1734.386	-804.524	259.024	-1406.140	42.374	-42.374	25.035	-21.159	3/4지점
19	-718.355	-215.470	-1694.860	-783.305	265.308	-1378.977	39.784	-39.784	25.035	-21.159	J지점
20	-695.675	-209.434	-1620.760	-751.101	205.214	-1286.001	29.458	-29.458	20.385	-18.197	I지점
20	-663.810	-174.947	-1581.034	-729.878	215.670	-1259.036	26.870	-26.870	20.385	-18.197	1/4지점
20	-634.029	-142.056	-1541.307	-708.655	227.293	-1232.363	24.283	-24.283	20.385	-18.197	2/4지점
20	-606.331	-110.760	-1501.581	-687.432	240.005	-1206.134	21.696	-21.696	20.385	-18.197	3/4지점
20	-580.715	-81.059	-1461.855	-666.209	253.671	-1180.543	19.108	-19.108	20.385	-18.197	J지점
21	-560.135	-75.978	-1371.446	-644.772	222.757	-1138.660	21.098	-21.098	18.369	-16.895	I지점
21	-536.021	-49.519	-1331.724	-623.552	234.260	-1112.860	18.514	-18.514	18.369	-16.895	1/4지점
21	-512.819	-27.938	-1292.003	-602.331	246.931	-1087.316	15.930	-15.930	18.369	-16.895	2/4지점
21	-490.529	-11.237	-1252.282	-581.111	260.725	-1062.181	13.346	-13.346	18.369	-16.895	3/4지점
21	-469.151	0.586	-1212.561	-559.891	275.511	-1037.656	10.761	-10.761	18.369	-16.895	J지점
22	-445.537	3.784	-1140.147	-540.578	246.766	-1010.286	15.326	-15.326	17.008	-16.036	I지점
22	-424.666	3.784	-1100.428	-519.359	259.813	-984.934	12.745	-12.745	17.008	-16.036	1/4지점
22	-403.893	3.784	-1060.709	-498.139	274.121	-959.875	10.164	-10.164	17.008	-16.036	2/4지점
22	-383.220	3.784	-1020.989	-476.920	289.526	-935.367	7.583	-7.583	17.008	-16.036	3/4지점
22	-362.645	3.784	-981.270	-455.701	305.803	-911.652	5.002	-5.002	17.008	-16.036	J지점
23	-343.047	3.308	-923.777	-439.677	278.320	-896.624	10.961	-10.961	16.124	-15.504	I지점
23	-323.089	3.308	-883.896	-418.457	293.035	-871.688	8.383	-8.383	16.124	-15.504	1/4지점
23	-304.264	3.308	-843.694	-397.237	309.005	-847.186	5.805	-5.805	16.124	-15.504	2/4지점
23	-286.572	3.308	-803.170	-376.018	326.036	-823.356	3.227	-3.227	16.124	-15.504	3/4지점
23	-270.015	3.308	-762.326	-354.798	343.900	-800.441	1.646	-1.646	16.124	-15.504	J지점
24	-252.280	2.022	-710.751	-339.839	314.403	-795.961	8.317	-8.317	15.488	-15.142	I지점
24	-236.370	2.022	-669.742	-318.617	330.538	-771.484	5.742	-5.742	15.488	-15.142	1/4지점
24	-220.625	2.022	-628.732	-297.394	347.922	-747.519	3.167	-3.167	15.488	-15.142	2/4지점
24	-205.046	2.022	-587.723	-276.172	366.339	-724.333	0.654	-0.654	15.488	-15.142	3/4지점
24	-189.632	2.022	-546.713	-254.950	385.552	-702.180	3.003	-3.003	15.488	-15.142	J지점
25	-175.161	1.179	-501.666	-241.205	358.071	-706.133	6.552	-6.552	15.093	-14.938	I지점
25	-159.955	1.179	-460.658	-219.983	375.504	-682.215	3.980	-3.980	15.093	-14.938	1/4지점
25	-145.001	1.179	-419.649	-198.761	394.178	-658.887	1.408	-1.408	15.093	-14.938	2/4지점
25	-130.298	1.179	-378.640	-177.539	413.876	-636.421	1.448	-1.448	15.093	-14.938	3/4지점
25	-115.847	1.179	-337.632	-156.318	434.323	-615.082	3.788	-3.788	15.093	-14.938	J지점
26	-102.386	0.613	-294.434	-143.121	410.045	-626.374	5.504	-5.504	14.864	-14.846	I지점
26	-88.062	0.613	-253.432	-121.903	428.603	-603.133	2.935	-2.935	14.864	-14.846	1/4지점
26	-73.739	0.613	-212.429	-100.684	448.415	-580.524	0.367	-0.367	14.864	-14.846	2/4지점
26	-59.415	0.613	-171.426	-79.465	469.222	-558.845	2.202	-2.202	14.864	-14.846	3/4지점
26	-45.092	0.613	-130.423	-58.247	490.745	-538.341	4.770	-4.770	14.864	-14.846	J지점
27	-31.857	0.255	-87.059	-44.755	470.150	-555.092	4.983	-4.983	14.783	-14.850	I지점
27	-17.532	0.255	-46.050	-23.533	489.765	-532.652	2.562	-2.562	14.783	-14.850	1/4지점
27	-3.206	0.255	-5.042	-2.311	510.594	-510.900	0.241	-0.241	14.783	-14.850	2/4지점
27	11.119	0.255	35.967	18.910	532.389	-490.108	2.714	-2.714	14.783	-14.850	3/4지점
27	25.445	0.255	76.976	40.132	554.866	-470.541	5.280	-5.280	14.783	-14.850	J지점
28	38.686	-0.087	120.352	53.694	538.573	-491.635	4.520	-4.520	14.787	-14.938	I지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
28	53.009	-0.087	161.353	74.911	559.125	-470.157	2.209	-2.209	14.787	-14.938	1/4지점
28	67.332	-0.087	202.354	96.129	580.819	-449.390	0.751	-0.751	14.787	-14.938	2/4지점
28	81.654	-0.087	243.355	117.347	603.457	-429.622	3.313	-3.313	14.787	-14.938	3/4지점
28	95.977	-0.087	284.355	138.564	626.737	-411.104	5.875	-5.875	14.787	-14.938	J지점
29	109.480	-0.592	327.701	151.996	615.815	-435.772	3.959	-3.959	14.874	-15.160	I지점
29	123.929	-0.592	368.705	173.215	637.157	-415.365	1.658	-1.658	14.874	-15.160	1/4지점
29	138.630	-0.592	409.709	194.434	659.638	-395.709	1.785	-1.785	14.874	-15.160	2/4지점
29	153.583	-0.592	450.713	215.654	682.992	-377.074	4.344	-4.344	14.874	-15.160	3/4지점
29	168.787	-0.592	491.717	236.873	706.907	-359.683	6.903	-6.903	14.874	-15.160	J지점
30	183.283	-1.282	537.106	251.055	703.321	-387.542	3.168	-3.168	15.046	-15.501	I지점
30	198.697	-1.282	578.113	272.276	725.470	-368.377	1.003	-1.003	15.046	-15.501	1/4지점
30	214.275	-1.282	619.121	293.497	748.675	-350.001	3.560	-3.560	15.046	-15.501	2/4지점
30	230.019	-1.282	660.128	314.718	772.638	-332.658	6.116	-6.116	15.046	-15.501	3/4지점
30	245.928	-1.282	701.135	335.939	797.117	-316.574	8.673	-8.673	15.046	-15.501	J지점
31	263.319	-2.405	752.350	351.447	801.744	-345.942	2.032	-2.032	15.327	-16.004	I지점
31	279.875	-2.405	793.191	372.665	824.631	-328.110	3.597	-3.597	15.327	-16.004	1/4지점
31	297.565	-2.405	833.712	393.883	848.456	-311.113	6.151	-6.151	15.327	-16.004	2/4지점
31	316.388	-2.405	873.911	415.102	872.953	-295.185	8.704	-8.704	15.327	-16.004	3/4지점
31	336.346	-2.405	913.789	436.320	897.855	-280.487	11.258	-11.258	15.327	-16.004	J지점
32	355.527	-3.178	969.656	453.054	912.449	-307.358	5.452	-5.452	15.703	-16.639	I지점
32	376.097	-3.178	1009.367	474.269	936.143	-291.098	8.003	-8.003	15.703	-16.639	1/4지점
32	396.766	-3.178	1049.078	495.484	960.609	-275.718	10.553	-10.553	15.703	-16.639	2/4지점
32	417.534	-3.178	1088.789	516.699	985.643	-261.411	13.104	-13.104	15.703	-16.639	3/4지점
32	438.401	-3.178	1128.500	537.914	1010.981	-248.365	15.655	-15.655	15.703	-16.639	J지점
33	462.698	-3.468	1197.098	558.032	1037.001	-275.948	11.416	-11.416	16.294	-17.573	I지점
33	484.153	8.351	1236.808	579.246	1061.483	-261.156	13.964	-13.964	16.294	-17.573	1/4지점
33	506.684	25.048	1276.518	600.461	1086.584	-247.332	16.512	-16.512	16.294	-17.573	2/4지점
33	530.292	46.622	1316.228	621.675	1112.095	-234.618	19.060	-19.060	16.294	-17.573	3/4지점
33	554.978	73.075	1355.938	642.890	1137.865	-223.060	21.608	-21.608	16.294	-17.573	J지점
34	582.391	77.153	1445.626	665.061	1176.114	-250.985	20.188	-20.188	17.076	-18.770	I지점
34	608.658	106.844	1485.338	686.277	1201.679	-237.240	22.734	-22.734	17.076	-18.770	1/4지점
34	637.007	138.129	1525.051	707.492	1227.885	-224.430	25.280	-25.280	17.076	-18.770	2/4지점
34	667.438	171.009	1564.763	728.708	1254.560	-212.692	27.826	-27.826	17.076	-18.770	3/4지점
34	699.951	205.483	1604.476	749.924	1281.511	-202.134	30.372	-30.372	17.076	-18.770	J지점
35	727.219	212.915	1687.180	781.971	1363.000	-243.582	41.471	-41.471	18.889	-21.629	I지점
35	761.968	248.982	1726.697	803.186	1390.199	-237.205	44.015	-44.015	18.889	-21.629	1/4지점
35	799.109	286.644	1765.829	824.401	1418.166	-231.365	46.558	-46.558	18.889	-21.629	2/4지점
35	838.641	325.901	1804.574	845.615	1446.678	-226.107	49.101	-49.101	18.889	-21.629	3/4지점
35	880.564	366.753	1842.934	866.830	1475.544	-221.460	51.645	-51.645	18.889	-21.629	J지점
36	928.111	372.016	1939.225	908.768	1631.616	-333.551	146.541	-146.541	22.008	-26.641	I지점
36	962.710	405.671	1969.757	925.739	1655.490	-328.484	148.339	-148.339	22.008	-26.641	1/4지점
36	997.522	440.001	2000.289	942.709	1679.937	-323.744	150.136	-150.136	22.008	-26.641	2/4지점
36	1032.546	475.006	2030.820	959.680	1704.844	-319.684	151.934	-151.934	22.008	-26.641	3/4지점
36	1067.781	510.687	2061.352	976.650	1730.088	-319.305	153.731	-153.731	22.008	-26.641	J지점
37	-1337.185	-402.061	-2286.643	-1076.742	182.785	-1714.755	126.605	-126.605	20.869	-13.979	I지점
37	-1293.113	-357.791	-2248.481	-1055.530	187.237	-1683.343	124.366	-124.366	20.869	-13.979	1/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
37	-1249.248	-315.021	-2210.318	-1034.318	192.503	-1652.477	122.133	-122.133	20.869	-13.979	2/4지점
37	-1205.589	-273.753	-2172.155	-1013.106	198.284	-1622.389	119.904	-119.904	20.869	-13.979	3/4지점
37	-1162.137	-233.984	-2133.993	-991.893	204.499	-1593.253	117.681	-117.681	20.869	-13.979	J지점
38	-1101.292	-232.946	-2021.638	-946.224	115.841	-1448.637	46.307	-46.307	15.923	-10.986	I지점
38	-1059.324	-194.957	-1983.215	-925.010	120.800	-1419.975	43.792	-43.792	15.923	-10.986	1/4지점
38	-1020.126	-159.031	-1944.278	-903.796	126.377	-1391.725	41.281	-41.281	15.923	-10.986	2/4지점
38	-983.696	-125.169	-1904.826	-882.582	136.438	-1364.101	38.776	-38.776	15.923	-10.986	3/4지점
38	-950.035	-93.371	-1864.860	-861.368	150.315	-1337.280	36.276	-36.276	15.923	-10.986	J지점
39	-886.541	-95.497	-1759.499	-829.541	119.950	-1269.400	28.517	-28.517	13.419	-9.492	I지점
39	-855.294	-67.409	-1719.284	-808.331	131.255	-1242.603	26.024	-26.024	13.419	-9.492	1/4지점
39	-826.092	-44.666	-1679.068	-787.121	143.779	-1216.081	23.536	-23.536	13.419	-9.492	2/4지점
39	-798.937	-27.269	-1638.852	-765.911	157.402	-1190.048	21.054	-21.054	13.419	-9.492	3/4지점
39	-773.826	-15.218	-1598.636	-744.701	171.964	-1164.718	18.576	-18.576	13.419	-9.492	J지점
40	-720.929	-16.238	-1493.812	-721.395	141.043	-1130.369	20.555	-20.555	11.923	-8.586	I지점
40	-697.181	-16.238	-1453.538	-700.188	153.027	-1104.404	18.084	-18.084	11.923	-8.586	1/4지점
40	-674.104	-16.238	-1413.136	-678.982	166.237	-1078.727	15.618	-15.618	11.923	-8.586	2/4지점
40	-651.698	-16.238	-1372.606	-657.775	180.538	-1053.511	13.157	-13.157	11.923	-8.586	3/4지점
40	-629.963	-16.238	-1331.947	-636.568	197.668	-1029.071	10.701	-10.701	11.923	-8.586	J지점
41	-610.632	-15.458	-1273.147	-620.461	171.690	-1007.505	14.104	-14.104	11.126	-8.116	I지점
41	-589.252	-15.458	-1232.416	-599.250	185.393	-982.223	11.654	-11.654	11.126	-8.116	1/4지점
41	-567.922	-15.458	-1191.684	-578.039	200.203	-957.407	9.209	-9.209	11.126	-8.116	2/4지점
41	-546.640	-15.458	-1150.953	-556.828	217.148	-933.274	6.770	-6.770	11.126	-8.116	3/4지점
41	-525.408	-15.458	-1110.221	-535.617	240.925	-910.084	4.337	-4.337	11.126	-8.116	J지점
42	-513.578	-14.627	-1064.330	-521.339	204.983	-898.368	9.773	-9.773	10.532	-7.784	I지점
42	-492.576	-14.627	-1023.608	-500.133	219.916	-873.777	7.346	-7.346	10.532	-7.784	1/4지점
42	-471.976	-14.627	-982.887	-478.927	235.937	-849.775	4.925	-4.925	10.532	-7.784	2/4지점
42	-451.778	-14.627	-942.165	-457.721	253.472	-826.555	2.508	-2.508	10.532	-7.784	3/4지점
42	-431.982	-14.627	-901.443	-436.515	277.857	-804.324	2.205	-2.205	10.532	-7.784	J지점
43	-424.108	-13.811	-863.152	-423.723	241.935	-801.734	7.222	-7.222	10.076	-7.532	I지점
43	-403.929	-13.811	-822.589	-402.516	257.899	-777.834	4.816	-4.816	10.076	-7.532	1/4지점
43	-382.583	-13.811	-782.348	-381.309	274.919	-754.487	2.416	-2.416	10.076	-7.532	2/4지점
43	-360.069	-13.811	-742.427	-360.102	292.799	-732.009	1.276	-1.276	10.076	-7.532	3/4지점
43	-336.388	-13.811	-702.828	-338.895	311.348	-710.554	3.346	-3.346	10.076	-7.532	J지점
44	-322.288	-13.698	-658.540	-324.565	287.310	-714.725	6.204	-6.204	9.933	-7.463	I지점
44	-298.213	-13.698	-619.101	-303.358	304.173	-691.659	3.819	-3.819	9.933	-7.463	1/4지점
44	-274.518	-13.698	-579.662	-282.151	322.060	-669.237	1.440	-1.440	9.933	-7.463	2/4지점
44	-251.205	-13.698	-540.223	-260.944	340.827	-647.610	1.350	-1.350	9.933	-7.463	3/4지점
44	-228.272	-13.698	-500.784	-239.736	360.272	-627.023	3.397	-3.397	9.933	-7.463	J지점
45	-217.827	-13.352	-461.965	-226.057	337.769	-636.777	5.773	-5.773	9.827	-7.393	I지점
45	-194.721	-13.352	-422.620	-204.848	355.427	-614.535	3.410	-3.410	9.827	-7.393	1/4지점
45	-170.892	-13.352	-383.468	-183.640	374.099	-592.927	1.051	-1.051	9.827	-7.393	2/4지점
45	-146.340	-13.352	-344.509	-162.431	393.617	-572.171	1.302	-1.302	9.827	-7.393	3/4지점
45	-121.065	-13.352	-305.743	-141.223	413.799	-552.424	3.650	-3.650	9.827	-7.393	J지점
46	-108.692	-13.205	-265.208	-127.257	396.122	-565.523	5.474	-5.474	9.776	-7.378	I지점
46	-83.058	-13.205	-226.542	-106.051	414.631	-544.104	3.132	-3.132	9.776	-7.378	1/4지점
46	-57.424	-13.205	-187.877	-84.845	434.142	-523.326	0.925	-0.925	9.776	-7.378	2/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
46	-31.790	-13.205	-149.212	-63.640	454.508	-503.415	1.537	-1.537	9.776	-7.378	3/4지점
46	-6.156	-13.205	-110.547	-42.434	475.549	-484.496	3.865	-3.865	9.776	-7.378	J지점
47	4.455	-13.008	-73.023	-28.791	461.060	-501.828	5.354	-5.354	9.730	-7.364	I지점
47	30.088	-13.008	-34.359	-7.585	480.409	-481.195	3.250	-3.250	9.730	-7.364	1/4지점
47	55.721	-13.008	4.305	13.620	500.768	-461.239	1.263	-1.263	9.730	-7.364	2/4지점
47	81.355	-13.008	42.969	34.825	521.997	-442.124	1.593	-1.593	9.730	-7.364	3/4지점
47	106.988	-13.008	81.633	56.030	543.926	-423.966	3.899	-3.899	9.730	-7.364	J지점
48	118.474	-12.890	120.245	70.007	533.751	-448.085	5.739	-5.739	9.710	-7.368	I지점
48	144.108	-12.890	158.910	91.213	553.975	-428.218	3.772	-3.772	9.710	-7.368	1/4지점
48	169.742	-12.890	197.574	112.418	575.246	-409.002	1.811	-1.811	9.710	-7.368	2/4지점
48	195.376	-12.890	236.239	133.624	597.416	-390.602	1.532	-1.532	9.710	-7.368	3/4지점
48	221.010	-12.890	274.904	154.830	620.314	-373.176	3.816	-3.816	9.710	-7.368	J지점
49	238.887	-13.107	322.785	169.346	615.409	-400.562	6.442	-6.442	9.715	-7.384	I지점
49	264.077	-13.107	361.547	190.552	636.616	-381.418	4.498	-4.498	9.715	-7.384	1/4지점
49	288.379	-13.107	400.502	211.758	658.930	-362.893	2.558	-2.558	9.715	-7.384	2/4지점
49	311.793	-13.107	439.650	232.964	682.202	-345.176	1.586	-1.586	9.715	-7.384	3/4지점
49	334.318	-13.107	478.991	254.170	706.226	-328.471	3.848	-3.848	9.715	-7.384	J지점
50	353.698	-13.358	530.999	268.292	704.654	-354.369	6.613	-6.613	9.709	-7.384	I지점
50	375.624	-13.358	570.505	289.501	727.242	-335.742	4.691	-4.691	9.709	-7.384	1/4지점
50	397.232	-13.358	610.140	310.710	751.047	-317.717	2.774	-2.774	9.709	-7.384	2/4지점
50	418.523	-13.358	649.903	331.919	775.905	-300.540	2.352	-2.352	9.709	-7.384	3/4지점
50	439.497	-13.358	689.795	353.128	801.653	-284.320	4.593	-4.593	9.709	-7.384	J지점
51	457.706	-13.446	737.742	365.793	808.337	-307.450	4.122	-4.122	9.721	-7.361	I지점
51	473.859	-13.446	769.806	382.758	828.388	-292.967	2.603	-2.603	9.721	-7.361	1/4지점
51	489.017	-13.446	802.076	399.724	849.377	-278.866	2.656	-2.656	9.721	-7.361	2/4지점
51	503.180	-13.446	834.551	416.689	871.211	-265.214	4.438	-4.438	9.721	-7.361	3/4지점
51	516.347	-13.446	867.232	433.654	893.766	-252.181	6.217	-6.217	9.721	-7.361	J지점
52	528.336	-13.374	897.967	441.101	895.390	-267.363	4.569	-4.569	9.677	-7.264	I지점
52	541.008	-13.374	930.754	458.068	918.352	-252.791	6.345	-6.345	9.677	-7.264	1/4지점
52	553.680	-13.374	963.540	475.035	942.507	-238.588	8.117	-8.117	9.677	-7.264	2/4지점
52	566.351	-13.374	996.327	492.002	967.699	-224.950	9.885	-9.885	9.677	-7.264	3/4지점
52	579.023	-13.374	1029.114	508.969	993.780	-212.044	11.651	-11.651	9.677	-7.264	J지점
53	588.705	-12.783	1056.412	506.028	1015.331	-211.422	31.637	-31.637	9.518	-6.815	I지점
53	598.948	-12.783	1083.043	519.810	1037.552	-199.811	32.853	-32.853	9.518	-6.815	1/4지점
53	609.092	-12.783	1118.280	533.592	1060.760	-188.434	34.067	-34.067	9.518	-6.815	2/4지점
53	619.138	-12.783	1163.618	547.373	1084.872	-182.282	35.279	-35.279	9.518	-6.815	3/4지점
53	629.084	-12.783	1208.956	561.155	1109.790	-181.843	36.488	-36.488	9.518	-6.815	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
54	-691.266	14.487	-1315.120	-631.748	239.446	-1237.949	36.545	-36.545	8.654	-10.466	I지점
54	-681.295	14.487	-1269.673	-617.933	239.882	-1213.768	35.251	-35.251	8.654	-10.466	1/4지점
54	-671.226	14.487	-1224.225	-604.118	240.892	-1190.266	33.954	-33.954	8.654	-10.466	2/4지점
54	-661.057	14.487	-1187.703	-590.303	248.993	-1167.771	32.655	-32.655	8.654	-10.466	3/4지점
54	-650.789	14.487	-1161.007	-576.489	259.592	-1146.206	31.354	-31.354	8.654	-10.466	J지점
55	-601.004	13.274	-1072.282	-531.416	221.619	-1036.288	10.884	-10.884	7.636	-10.016	I지점
55	-587.988	13.274	-1038.606	-513.989	234.343	-1009.787	9.030	-9.030	7.636	-10.016	1/4지점
55	-574.973	13.274	-1004.930	-496.562	247.847	-984.133	7.172	-7.172	7.636	-10.016	2/4지점
55	-561.957	13.274	-971.253	-479.135	261.915	-959.703	5.312	-5.312	7.636	-10.016	3/4지점
55	-548.942	13.274	-937.577	-461.707	276.319	-936.414	3.448	-3.448	7.636	-10.016	J지점
56	-539.678	13.406	-910.823	-445.872	254.199	-917.583	5.529	-5.529	7.478	-9.977	I지점
56	-526.152	13.406	-877.252	-428.444	267.204	-894.715	3.662	-3.662	7.478	-9.977	1/4지점
56	-511.603	13.406	-843.892	-411.017	280.870	-872.490	2.840	-2.840	7.478	-9.977	2/4지점
56	-496.032	13.406	-810.743	-393.589	295.034	-851.104	4.506	-4.506	7.478	-9.977	3/4지점
56	-479.439	13.406	-777.806	-376.162	309.555	-830.791	6.176	-6.176	7.478	-9.977	J지점
57	-465.722	13.535	-735.699	-359.567	285.380	-815.224	3.997	-3.997	7.395	-9.949	I지점
57	-444.179	13.535	-694.724	-337.782	301.701	-789.047	1.976	-1.976	7.395	-9.949	1/4지점
57	-422.310	13.535	-653.882	-315.998	319.075	-763.807	4.074	-4.074	7.395	-9.949	2/4지점
57	-400.115	13.535	-613.171	-294.213	337.282	-739.630	6.177	-6.177	7.395	-9.949	3/4지점
57	-377.595	13.535	-572.593	-272.429	356.088	-716.739	8.286	-8.286	7.395	-9.949	J지점
58	-371.018	14.125	-536.787	-258.032	332.536	-716.998	3.342	-3.342	7.427	-9.977	I지점
58	-347.875	14.125	-496.367	-236.245	349.416	-692.664	1.202	-1.202	7.427	-9.977	1/4지점
58	-323.820	14.125	-456.146	-214.457	367.348	-669.090	3.322	-3.322	7.427	-9.977	2/4지점
58	-298.851	14.125	-416.123	-192.669	386.092	-646.482	5.447	-5.447	7.427	-9.977	3/4지점
58	-272.970	14.125	-376.298	-170.882	405.492	-625.060	7.578	-7.578	7.427	-9.977	J지점
59	-255.988	14.419	-325.172	-155.380	381.304	-628.153	3.288	-3.288	7.435	-9.956	I지점
59	-229.650	14.419	-285.444	-133.591	398.929	-605.034	0.895	-0.895	7.435	-9.956	1/4지점
59	-203.311	14.419	-245.717	-111.803	417.581	-582.632	2.339	-2.339	7.435	-9.956	2/4지점
59	-176.973	14.419	-205.989	-90.014	437.101	-561.188	4.486	-4.486	7.435	-9.956	3/4지점
59	-150.634	14.419	-166.262	-68.226	457.259	-540.818	6.639	-6.639	7.435	-9.956	J지점
60	-123.447	14.134	-100.928	-52.575	437.326	-548.633	3.342	-3.342	7.436	-9.905	I지점
60	-97.114	14.134	-61.209	-30.791	455.712	-526.570	0.928	-0.928	7.436	-9.905	1/4지점
60	-70.782	14.134	-21.490	-9.008	475.167	-505.249	1.551	-1.551	7.436	-9.905	2/4지점
60	-44.449	14.134	18.228	12.776	495.457	-484.782	3.915	-3.915	7.436	-9.905	3/4지점
60	-18.117	14.134	57.947	34.559	516.386	-465.363	6.344	-6.344	7.436	-9.905	J지점
61	10.433	13.698	124.612	50.751	502.613	-476.105	3.202	-3.202	7.399	-9.804	I지점
61	36.768	13.698	164.335	72.537	521.880	-455.064	1.001	-1.001	7.399	-9.804	1/4지점
61	63.103	13.698	204.057	94.323	542.182	-434.672	1.673	-1.673	7.399	-9.804	2/4지점
61	89.438	13.698	243.780	116.108	563.321	-415.118	4.119	-4.119	7.399	-9.804	3/4지점
61	115.773	13.698	283.502	137.894	585.147	-396.675	6.569	-6.569	7.399	-9.804	J지점
62	145.354	13.072	351.116	154.664	575.032	-410.026	3.380	-3.380	7.300	-9.619	I지점
62	171.320	13.072	390.941	176.452	595.157	-389.923	1.177	-1.177	7.300	-9.619	1/4지점
62	196.543	13.072	430.965	198.240	616.356	-370.462	2.053	-2.053	7.300	-9.619	2/4지점
62	221.023	13.072	471.186	220.027	638.423	-351.879	4.519	-4.519	7.300	-9.619	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
62	244.759	13.072	511.606	241.815	661.124	-334.363	6.991	-6.991	7.300	-9.619	J지점
63	269.125	12.510	571.071	256.604	652.129	-353.208	3.501	-3.501	7.189	-9.453	I지점
63	292.681	12.510	611.581	278.388	673.179	-333.892	1.277	-1.277	7.189	-9.453	1/4지점
63	316.628	12.510	652.092	300.171	695.280	-315.266	2.539	-2.539	7.189	-9.453	2/4지점
63	340.966	12.510	692.603	321.954	718.235	-297.517	5.025	-5.025	7.189	-9.453	3/4지점
63	365.695	12.510	733.113	343.738	741.813	-280.842	7.516	-7.516	7.189	-9.453	J지점
64	394.606	11.338	797.740	359.611	738.228	-305.959	3.241	-3.241	6.934	-9.033	I지점
64	418.938	11.338	838.429	381.402	760.169	-282.619	1.195	-1.195	6.934	-9.033	1/4지점
64	442.071	11.338	879.447	403.192	783.197	-264.909	3.697	-3.697	6.934	-9.033	2/4지점
64	464.005	11.338	920.795	424.982	807.067	-248.153	6.205	-6.205	6.934	-9.033	3/4지점
64	484.739	11.338	962.474	446.772	831.520	-232.482	8.718	-8.718	6.934	-9.033	J지점
65	508.472	10.350	1020.425	463.078	835.586	-271.176	2.215	-2.215	6.590	-8.378	I지점
65	528.808	10.350	1062.259	484.863	858.347	-246.999	3.757	-3.757	6.590	-8.378	1/4지점
65	549.557	10.350	1104.092	506.648	882.130	-223.905	6.279	-6.279	6.590	-8.378	2/4지점
65	570.719	10.350	1145.925	528.432	906.711	-206.508	8.807	-8.807	6.590	-8.378	3/4지점
65	592.294	10.350	1187.758	550.217	931.815	-191.981	11.339	-11.339	6.590	-8.378	J지점
66	618.706	8.632	1246.810	566.228	942.023	-232.858	5.529	-5.529	5.981	-7.338	I지점
66	640.514	8.632	1288.644	588.013	965.729	-209.493	8.067	-8.067	5.981	-7.338	1/4지점
66	662.372	8.632	1330.478	609.798	990.398	-187.387	10.610	-10.610	5.981	-7.338	2/4지점
66	684.279	8.632	1372.312	631.583	1015.770	-168.175	13.158	-13.158	5.981	-7.338	3/4지점
66	706.237	8.632	1414.146	653.368	1041.601	-154.967	15.712	-15.712	5.981	-7.338	J지점
67	717.495	7.568	1450.304	666.029	1055.840	-191.102	11.950	-11.950	5.283	-6.180	I지점
67	739.824	7.568	1492.075	687.816	1080.755	-168.988	14.509	-14.509	5.283	-6.180	1/4지점
67	762.843	7.568	1533.714	709.603	1106.463	-148.537	17.073	-17.073	5.283	-6.180	2/4지점
67	786.551	7.568	1575.221	731.390	1132.679	-134.367	19.643	-19.643	5.283	-6.180	3/4지점
67	810.948	7.568	1616.596	753.176	1159.130	-122.774	22.218	-22.218	5.283	-6.180	J지점
68	777.045	9.864	1582.842	757.037	1168.102	-168.228	20.245	-20.245	4.167	-4.371	I지점
68	802.839	22.244	1624.153	778.824	1193.788	-145.442	22.826	-22.826	4.167	-4.371	1/4지점
68	830.734	40.114	1665.464	800.612	1220.254	-125.301	25.412	-25.412	4.167	-4.371	2/4지점
68	860.731	63.476	1706.775	822.400	1247.226	-113.046	28.002	-28.002	4.167	-4.371	3/4지점
68	892.829	92.329	1748.086	844.187	1274.490	-102.078	30.598	-30.598	4.167	-4.371	J지점
69	857.373	94.066	1681.351	829.772	1288.910	-135.896	38.975	-38.975	1.947	-1.150	I지점
69	891.939	126.720	1722.392	851.557	1316.097	-129.247	41.576	-41.576	1.947	-1.150	1/4지점
69	929.349	161.493	1762.905	873.341	1344.208	-123.094	44.182	-44.182	1.947	-1.150	2/4지점
69	969.602	198.385	1802.890	895.126	1372.969	-117.501	46.793	-46.793	1.947	-1.150	3/4지점
69	1012.698	237.396	1842.346	916.911	1402.166	-112.568	49.409	-49.409	1.947	-1.150	J지점
70	1021.261	231.801	1797.437	888.163	1463.165	-219.542	134.842	-134.842	6.213	-3.277	I지점
70	1065.892	272.649	1836.635	909.951	1492.717	-213.318	137.222	-137.222	6.213	-3.277	1/4지점
70	1110.736	315.038	1875.834	931.739	1523.329	-210.732	139.608	-139.608	6.213	-3.277	2/4지점
70	1155.792	358.968	1915.032	953.527	1554.786	-210.732	141.999	-141.999	6.213	-3.277	3/4지점
70	1201.060	404.440	1954.231	975.315	1586.847	-210.732	144.396	-144.396	6.213	-3.277	J지점
71	-1048.288	-489.242	-1840.056	-884.988	215.118	-1550.080	153.525	-153.525	3.568	-3.943	I지점
71	-1012.107	-452.605	-1808.705	-867.562	218.499	-1523.949	151.605	-151.605	3.568	-3.943	1/4지점
71	-976.144	-416.661	-1777.354	-850.137	223.021	-1498.218	149.686	-149.686	3.568	-3.943	2/4지점
71	-940.399	-381.410	-1746.004	-832.711	227.957	-1473.017	147.767	-147.767	3.568	-3.943	3/4지점
71	-904.872	-346.853	-1714.654	-815.285	233.201	-1448.528	145.848	-145.848	3.568	-3.943	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
72	-874.200	-356.492	-1734.544	-835.114	161.669	-1398.942	52.163	-52.163	4.909	-8.860	I지점
72	-831.232	-314.540	-1695.150	-813.328	166.447	-1369.346	49.523	-49.523	4.909	-8.860	1/4지점
72	-790.889	-274.225	-1655.360	-791.542	171.871	-1340.158	46.884	-46.884	4.909	-8.860	2/4지점
72	-753.171	-235.548	-1615.174	-769.755	182.202	-1311.594	44.244	-44.244	4.909	-8.860	3/4지점
72	-718.080	-198.509	-1574.592	-747.969	195.862	-1283.913	41.605	-41.605	4.909	-8.860	J지점
73	-689.804	-204.105	-1555.786	-749.408	186.980	-1265.151	31.717	-31.717	9.549	-11.811	I지점
73	-657.089	-168.698	-1515.000	-727.619	197.657	-1237.704	29.077	-29.077	9.549	-11.811	1/4지점
73	-626.513	-134.928	-1474.213	-705.829	209.584	-1210.557	26.438	-26.438	9.549	-11.811	2/4지점
73	-598.075	-102.797	-1433.427	-684.040	222.588	-1183.906	23.798	-23.798	9.549	-11.811	3/4지점
73	-571.776	-72.304	-1392.640	-662.250	236.519	-1157.977	21.158	-21.158	9.549	-11.811	J지점
74	-548.533	-77.951	-1372.921	-655.252	219.749	-1150.578	23.224	-23.224	11.741	-13.212	I지점
74	-523.776	-50.786	-1332.142	-633.466	231.194	-1124.365	20.585	-20.585	11.741	-13.212	1/4지점
74	-499.955	-28.630	-1291.362	-611.680	243.844	-1098.416	17.945	-17.945	11.741	-13.212	2/4지점
74	-477.072	-11.484	-1250.582	-589.894	257.623	-1072.895	15.306	-15.306	11.741	-13.212	3/4지점
74	-455.125	0.654	-1209.803	-568.108	272.343	-1048.041	12.666	-12.666	11.741	-13.212	J지점
75	-444.723	-3.131	-1172.610	-554.894	249.420	-1036.485	17.277	-17.277	12.854	-13.897	I지점
75	-423.297	-3.131	-1131.833	-533.109	262.267	-1010.703	14.638	-14.638	12.854	-13.897	1/4지점
75	-401.972	-3.131	-1091.056	-511.325	276.390	-985.208	11.999	-11.999	12.854	-13.897	2/4지점
75	-380.748	-3.131	-1050.279	-489.540	291.602	-960.278	9.360	-9.360	12.854	-13.897	3/4지점
75	-359.625	-3.131	-1009.502	-467.756	307.650	-936.190	6.720	-6.720	12.854	-13.897	J지점
76	-350.058	-2.196	-967.690	-454.210	283.599	-927.440	12.729	-12.729	13.756	-14.424	I지점
76	-329.568	-2.196	-926.748	-432.425	298.088	-902.058	10.090	-10.090	13.756	-14.424	1/4지점
76	-310.242	-2.196	-885.476	-410.641	313.853	-877.100	7.450	-7.450	13.756	-14.424	2/4지점
76	-292.080	-2.196	-843.874	-388.856	330.657	-852.833	4.811	-4.811	13.756	-14.424	3/4지점
76	-275.082	-2.196	-801.943	-367.072	348.314	-829.529	2.172	-2.172	13.756	-14.424	J지점
77	-261.368	-1.360	-751.191	-352.707	321.714	-826.662	9.906	-9.906	14.308	-14.732	I지점
77	-245.035	-1.360	-709.091	-330.921	337.668	-801.772	7.266	-7.266	14.308	-14.732	1/4지점
77	-228.872	-1.360	-666.991	-309.134	354.898	-777.383	4.627	-4.627	14.308	-14.732	2/4지점
77	-212.878	-1.360	-624.892	-287.348	373.149	-753.786	1.987	-1.987	14.308	-14.732	3/4지점
77	-197.054	-1.360	-582.792	-265.562	392.213	-731.270	1.777	-1.777	14.308	-14.732	J지점
78	-182.613	-0.541	-530.305	-250.281	367.200	-732.240	7.879	-7.879	14.692	-14.917	I지점
78	-167.003	-0.541	-488.206	-228.495	384.547	-707.972	5.240	-5.240	14.692	-14.917	1/4지점
78	-151.651	-0.541	-446.107	-206.709	403.185	-684.285	2.600	-2.600	14.692	-14.917	2/4지점
78	-136.557	-0.541	-404.009	-184.923	422.891	-661.467	0.410	-0.410	14.692	-14.917	3/4지점
78	-121.722	-0.541	-361.910	-163.137	443.318	-639.833	2.809	-2.809	14.692	-14.917	J지점
79	-106.820	-0.096	-309.970	-148.143	421.249	-647.265	6.600	-6.600	14.874	-14.993	I지점
79	-92.113	-0.096	-267.869	-126.356	439.839	-623.745	3.960	-3.960	14.874	-14.993	1/4지점
79	-77.405	-0.096	-225.767	-104.568	459.779	-600.850	1.321	-1.321	14.874	-14.993	2/4지점
79	-62.698	-0.096	-183.666	-82.781	480.715	-578.892	1.319	-1.319	14.874	-14.993	3/4지점
79	-47.991	-0.096	-141.565	-60.994	502.352	-558.177	3.959	-3.959	14.874	-14.993	J지점
80	-32.793	0.249	-89.142	-46.050	484.221	-571.477	5.766	-5.766	14.954	-14.990	I지점
80	-18.087	0.249	-47.043	-24.264	504.009	-548.857	3.210	-3.210	14.954	-14.990	1/4지점
80	-3.380	0.249	-4.943	-2.478	525.066	-526.912	0.811	-0.811	14.954	-14.990	2/4지점
80	11.326	0.249	37.156	19.308	547.097	-505.943	2.152	-2.152	14.954	-14.990	3/4지점
80	26.033	0.249	79.255	41.094	569.787	-486.262	4.792	-4.792	14.954	-14.990	J지점
81	41.228	0.579	131.675	55.970	556.644	-504.495	4.982	-4.982	14.948	-14.903	I지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
81	55.932	0.579	173.767	77.752	577.440	-482.950	2.583	-2.583	14.948	-14.903	1/4지점
81	70.636	0.579	215.859	99.534	599.477	-462.110	0.396	-0.396	14.948	-14.903	2/4지점
81	85.340	0.579	257.951	121.317	622.448	-442.281	3.035	-3.035	14.948	-14.903	3/4지점
81	100.043	0.579	300.042	143.099	646.052	-423.766	5.674	-5.674	14.948	-14.903	J지점
82	114.868	0.948	351.658	157.821	638.811	-446.092	3.953	-3.953	14.874	-14.733	I지점
82	129.687	0.948	393.709	179.582	660.520	-425.783	1.556	-1.556	14.874	-14.733	1/4지점
82	144.763	0.948	435.760	201.343	683.400	-406.212	1.772	-1.772	14.874	-14.733	2/4지점
82	160.097	0.948	477.811	223.105	707.147	-387.670	4.409	-4.409	14.874	-14.733	3/4지점
82	175.690	0.948	519.863	244.866	731.479	-370.436	7.045	-7.045	14.874	-14.733	J지점
83	190.093	1.623	571.942	259.688	730.887	-396.154	2.681	-2.681	14.721	-14.401	I지점
83	205.882	1.623	613.949	281.426	753.452	-377.254	1.253	-1.253	14.721	-14.401	1/4지점
83	221.841	1.623	655.957	303.165	777.085	-359.127	3.887	-3.887	14.721	-14.401	2/4지점
83	237.968	1.623	697.964	324.903	801.512	-342.041	6.521	-6.521	14.721	-14.401	3/4지점
83	254.265	1.623	739.971	346.642	826.422	-326.248	9.154	-9.154	14.721	-14.401	J지점
84	268.105	2.300	790.684	360.382	829.750	-353.274	1.569	-1.569	14.494	-13.984	I지점
84	285.049	2.300	832.482	382.097	853.085	-335.802	4.200	-4.200	14.494	-13.984	1/4지점
84	303.153	2.300	873.951	403.812	877.361	-319.150	6.831	-6.831	14.494	-13.984	2/4지점
84	322.417	2.300	915.091	425.527	902.327	-303.552	9.462	-9.462	14.494	-13.984	3/4지점
84	342.842	2.300	955.903	447.242	927.711	-289.212	12.093	-12.093	14.494	-13.984	J지점
85	353.100	3.536	999.276	460.025	937.445	-313.944	6.345	-6.345	14.123	-13.331	I지점
85	374.136	3.536	1039.886	481.720	961.520	-298.098	8.974	-8.974	14.123	-13.331	1/4지점
85	395.273	3.536	1080.496	503.415	986.452	-283.094	11.602	-11.602	14.123	-13.331	2/4지점
85	416.510	3.536	1121.106	525.111	1011.936	-269.155	14.231	-14.231	14.123	-13.331	3/4지점
85	437.849	3.536	1161.716	546.806	1037.679	-256.493	16.859	-16.859	14.123	-13.331	J지점
86	447.444	3.219	1202.155	559.079	1051.005	-280.523	12.670	-12.670	13.708	-12.648	I지점
86	469.359	15.292	1242.717	580.749	1075.822	-266.054	15.295	-15.295	13.708	-12.648	1/4지점
86	492.373	32.348	1283.280	602.419	1101.304	-252.537	17.921	-17.921	13.708	-12.648	2/4지점
86	516.489	54.385	1323.842	624.088	1127.201	-240.112	20.546	-20.546	13.708	-12.648	3/4지점
86	541.704	81.406	1364.405	645.758	1153.324	-228.887	23.171	-23.171	13.708	-12.648	J지점
87	557.708	76.834	1384.511	651.973	1164.520	-248.245	21.863	-21.863	12.825	-11.272	I지점
87	584.514	107.133	1425.038	673.623	1190.368	-234.649	24.486	-24.486	12.825	-11.272	1/4지점
87	613.444	139.060	1465.565	695.274	1216.923	-221.967	27.109	-27.109	12.825	-11.272	2/4지점
87	644.499	172.614	1506.091	716.925	1243.942	-210.356	29.732	-29.732	12.825	-11.272	3/4지점
87	677.679	207.795	1546.618	738.575	1271.243	-199.956	32.355	-32.355	12.825	-11.272	J지점
88	701.154	200.749	1556.609	737.194	1301.032	-220.122	43.180	-43.180	11.024	-8.424	I지점
88	736.581	237.520	1596.898	758.822	1328.540	-213.715	45.801	-45.801	11.024	-8.424	1/4지점
88	774.446	275.917	1636.793	780.451	1356.874	-207.845	48.421	-48.421	11.024	-8.424	2/4지점
88	814.749	315.940	1676.295	802.080	1385.790	-202.552	51.042	-51.042	11.024	-8.424	3/4지점
88	857.491	357.589	1715.403	823.708	1415.075	-197.914	53.662	-53.662	11.024	-8.424	J지점
89	876.335	352.048	1697.493	806.885	1490.165	-294.603	154.370	-154.370	7.874	-4.433	I지점
89	911.580	386.330	1728.594	824.172	1514.309	-289.498	156.273	-156.273	7.874	-4.433	1/4지점
89	947.041	421.300	1759.695	841.459	1539.110	-284.711	158.177	-158.177	7.874	-4.433	2/4지점
89	982.718	456.958	1790.796	858.747	1564.410	-280.289	160.081	-160.081	7.874	-4.433	3/4지점
89	1018.611	493.305	1821.897	876.034	1590.073	-278.454	161.985	-161.985	7.874	-4.433	J지점
90	-1215.883	-406.524	-2016.883	-984.287	185.413	-1608.892	135.347	-135.347	1.149	-1.183	I지점
90	-1171.037	-361.476	-1978.049	-962.702	189.551	-1576.898	132.973	-132.973	1.149	-1.183	1/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
90	-1126.401	-317.954	-1939.216	-941.117	194.918	-1545.491	130.604	-130.604	1.149	-1.183	2/4지점
90	-1081.975	-275.960	-1900.383	-919.532	200.801	-1514.916	128.240	-128.240	1.149	-1.183	3/4지점
90	-1037.760	-235.493	-1861.550	-897.947	207.119	-1485.423	125.882	-125.882	1.149	-1.183	J지점
91	-1029.442	-237.234	-1881.081	-913.854	111.474	-1410.087	49.278	-49.278	3.791	-3.886	I지점
91	-986.780	-198.616	-1842.022	-892.289	116.477	-1381.051	46.689	-46.689	3.791	-3.886	1/4지점
91	-946.933	-162.096	-1802.440	-870.724	122.131	-1352.453	44.104	-44.104	3.791	-3.886	2/4지점
91	-909.900	-127.674	-1762.336	-849.159	134.348	-1324.506	41.524	-41.524	3.791	-3.886	3/4지점
91	-875.682	-95.349	-1721.708	-827.594	148.408	-1297.452	38.950	-38.950	3.791	-3.886	J지점
92	-881.958	-93.917	-1735.408	-831.063	116.716	-1269.525	31.637	-31.637	6.466	-5.508	I지점
92	-850.217	-65.385	-1694.556	-809.518	127.932	-1242.478	29.070	-29.070	6.466	-5.508	1/4지점
92	-820.554	-42.283	-1653.705	-787.973	140.402	-1215.728	26.508	-26.508	6.466	-5.508	2/4지점
92	-792.969	-24.611	-1612.854	-766.428	153.963	-1189.482	23.951	-23.951	6.466	-5.508	3/4지점
92	-767.462	-12.370	-1572.003	-744.883	172.412	-1163.987	21.399	-21.399	6.466	-5.508	J지점
93	-770.685	-11.072	-1557.487	-736.165	136.586	-1147.379	23.313	-23.313	7.778	-6.274	I지점
93	-746.585	-11.072	-1516.616	-714.644	148.314	-1121.211	20.769	-20.769	7.778	-6.274	1/4지점
93	-723.166	-11.072	-1475.615	-693.123	161.300	-1095.262	18.230	-18.230	7.778	-6.274	2/4지점
93	-700.428	-11.072	-1434.484	-671.602	175.364	-1069.844	15.696	-15.696	7.778	-6.274	3/4지점
93	-678.371	-11.072	-1393.222	-650.081	197.364	-1045.206	13.168	-13.168	7.778	-6.274	J지점
94	-664.522	-11.521	-1350.498	-636.920	167.703	-1028.703	16.633	-16.633	8.518	-6.702	I지점
94	-642.852	-11.521	-1309.212	-615.421	181.135	-1003.231	14.112	-14.112	8.518	-6.702	1/4지점
94	-621.231	-11.521	-1267.926	-593.921	195.711	-978.212	11.597	-11.597	8.518	-6.702	2/4지점
94	-599.660	-11.521	-1226.641	-572.422	216.098	-953.880	9.086	-9.086	8.518	-6.702	3/4지점
94	-578.138	-11.521	-1185.355	-550.922	239.733	-930.472	6.582	-6.582	8.518	-6.702	J지점
95	-557.326	-12.335	-1132.141	-535.930	202.971	-919.719	12.036	-12.036	9.140	-7.055	I지점
95	-536.056	-12.335	-1090.898	-514.453	217.674	-894.948	9.539	-9.539	9.140	-7.055	1/4지점
95	-515.192	-12.335	-1049.656	-492.976	233.485	-870.739	7.047	-7.047	9.140	-7.055	2/4지점
95	-494.736	-12.335	-1008.414	-471.499	253.112	-847.294	4.561	-4.561	9.140	-7.055	3/4지점
95	-474.688	-12.335	-967.171	-450.022	277.452	-824.864	2.079	-2.079	9.140	-7.055	J지점
96	-457.245	-12.613	-917.274	-435.256	241.484	-821.148	9.213	-9.213	9.467	-7.210	I지점
96	-436.828	-12.613	-876.232	-413.799	257.249	-797.043	6.739	-6.739	9.467	-7.210	1/4지점
96	-415.229	-12.613	-835.515	-392.342	274.097	-773.538	4.270	-4.270	9.467	-7.210	2/4지점
96	-392.450	-12.613	-795.124	-370.885	291.808	-750.882	1.805	-1.805	9.467	-7.210	3/4지점
96	-368.489	-12.613	-755.057	-349.427	311.071	-729.269	0.654	-0.654	9.467	-7.210	J지점
97	-345.711	-13.252	-698.984	-334.300	288.122	-732.871	7.958	-7.958	9.706	-7.349	I지점
97	-321.364	-13.252	-659.100	-312.853	304.812	-709.648	5.505	-5.505	9.706	-7.349	1/4지점
97	-297.402	-13.252	-619.215	-291.406	322.563	-687.039	3.294	-3.294	9.706	-7.349	2/4지점
97	-273.825	-13.252	-579.330	-269.959	341.189	-665.261	1.099	-1.099	9.706	-7.349	3/4지점
97	-250.633	-13.252	-539.445	-248.512	360.485	-644.519	1.824	-1.824	9.706	-7.349	J지점
98	-232.009	-13.435	-488.628	-234.242	339.905	-653.566	7.268	-7.268	9.771	-7.387	I지점
98	-208.643	-13.435	-448.839	-212.793	357.424	-631.165	4.978	-4.978	9.771	-7.387	1/4지점
98	-184.544	-13.435	-409.244	-191.345	375.982	-609.427	2.799	-2.799	9.771	-7.387	2/4지점
98	-159.715	-13.435	-369.845	-169.897	395.387	-588.532	0.625	-0.625	9.771	-7.387	3/4지점
98	-134.153	-13.435	-330.640	-148.449	415.445	-568.665	2.433	-2.433	9.771	-7.387	J지점
99	-111.917	-13.731	-274.727	-132.967	399.968	-579.725	6.689	-6.689	9.860	-7.432	I지점
99	-85.987	-13.731	-235.616	-111.516	418.385	-558.192	4.525	-4.525	9.860	-7.432	1/4지점
99	-60.057	-13.731	-196.504	-90.066	437.837	-537.309	2.367	-2.367	9.860	-7.432	2/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
99	-34.127	-13.731	-157.393	-68.615	458.140	-517.270	0.541	-0.541	9.860	-7.432	3/4지점
99	-8.197	-13.731	-118.281	-47.164	479.104	-498.250	2.939	-2.939	9.860	-7.432	J지점
100	13.501	-13.931	-62.952	-31.979	466.859	-513.040	6.377	-6.377	9.905	-7.445	I지점
100	39.427	-13.931	-23.848	-10.532	486.163	-492.348	4.235	-4.235	9.905	-7.445	1/4지점
100	65.352	-13.931	15.257	10.915	506.511	-472.305	2.100	-2.100	9.905	-7.445	2/4지점
100	91.278	-13.931	54.362	32.362	527.715	-453.092	0.887	-0.887	9.905	-7.445	3/4지점
100	117.203	-13.931	93.467	53.809	549.629	-434.887	3.264	-3.264	9.905	-7.445	J지점
101	137.901	-14.050	147.578	68.690	540.703	-456.340	6.283	-6.283	9.926	-7.442	I지점
101	163.831	-14.050	186.689	90.141	560.942	-436.407	4.163	-4.163	9.926	-7.442	1/4지점
101	189.761	-14.050	225.800	111.591	582.236	-417.119	2.049	-2.049	9.926	-7.442	2/4지점
101	215.691	-14.050	264.911	133.042	604.445	-398.656	1.113	-1.113	9.926	-7.442	3/4지점
101	241.620	-14.050	304.022	154.492	627.378	-381.211	3.470	-3.470	9.926	-7.442	J지점
102	258.573	-13.904	353.230	169.507	623.476	-406.425	6.309	-6.309	9.940	-7.440	I지점
102	284.051	-13.904	392.434	190.955	644.735	-387.239	4.211	-4.211	9.940	-7.440	1/4지점
102	308.630	-13.904	431.833	212.403	667.128	-368.686	2.119	-2.119	9.940	-7.440	2/4지점
102	332.311	-13.904	471.427	233.851	690.477	-350.934	1.484	-1.484	9.940	-7.440	3/4지점
102	355.093	-13.904	511.217	255.299	714.593	-334.177	3.820	-3.820	9.940	-7.440	J지점
103	366.791	-13.606	553.510	269.595	713.975	-358.428	5.859	-5.859	9.922	-7.422	I지점
103	388.967	-13.606	593.469	291.047	736.661	-339.802	3.783	-3.783	9.922	-7.422	1/4지점
103	410.823	-13.606	633.558	312.499	760.593	-321.764	1.712	-1.712	9.922	-7.422	2/4지점
103	432.358	-13.606	673.777	333.951	785.585	-304.535	2.550	-2.550	9.922	-7.422	3/4지점
103	453.572	-13.606	714.126	355.403	811.452	-288.327	4.865	-4.865	9.922	-7.422	J지점
104	468.935	-13.560	758.133	370.342	823.640	-312.193	2.578	-2.578	9.937	-7.465	I지점
104	485.272	-13.560	790.563	387.501	843.790	-297.747	1.267	-1.267	9.937	-7.465	1/4지점
104	500.603	-13.560	823.200	404.660	864.886	-283.678	3.112	-3.112	9.937	-7.465	2/4지점
104	514.927	-13.560	856.046	421.819	886.832	-270.087	4.954	-4.954	9.937	-7.465	3/4지점
104	528.245	-13.560	889.099	438.977	909.524	-257.130	6.793	-6.793	9.937	-7.465	J지점
105	538.691	-13.460	917.363	451.399	921.881	-277.021	4.977	-4.977	9.934	-7.526	I지점
105	551.505	-13.460	950.518	468.557	944.893	-262.634	6.812	-6.812	9.934	-7.526	1/4지점
105	564.319	-13.460	983.672	485.714	969.121	-248.597	8.644	-8.644	9.934	-7.526	2/4지점
105	577.133	-13.460	1016.827	502.871	994.397	-235.130	10.473	-10.473	9.934	-7.526	3/4지점
105	589.947	-13.460	1049.982	520.029	1020.566	-222.396	12.298	-12.298	9.934	-7.526	J지점
106	623.760	-14.038	1113.869	545.759	1096.383	-247.362	34.952	-34.952	10.090	-7.975	I지점
106	634.125	-14.038	1140.817	559.704	1118.403	-236.248	36.266	-36.266	10.090	-7.975	1/4지점
106	644.390	-14.038	1176.472	573.649	1141.437	-225.401	37.577	-37.577	10.090	-7.975	2/4지점
106	654.554	-14.038	1222.349	587.595	1165.370	-224.320	38.886	-38.886	10.090	-7.975	3/4지점
106	664.619	-14.038	1268.226	601.540	1190.083	-223.890	40.192	-40.192	10.090	-7.975	J지점

[TORSION MOMENT]

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
1	709.993	-29.282	1143.012	379.730	1918.658	-961.452	143.817	-143.817	6.766	-14.077	I지점
1	709.993	-29.282	1141.008	398.061	1899.962	-963.826	143.817	-143.817	6.766	-14.077	1/4지점
1	709.993	-29.282	1139.004	416.391	1882.427	-967.633	143.817	-143.817	6.766	-14.077	2/4지점
1	709.993	-29.282	1137.657	434.722	1866.235	-971.868	143.817	-143.817	6.766	-14.077	3/4지점
1	709.993	-29.282	1137.032	453.052	1851.511	-976.103	143.817	-143.817	6.766	-14.077	J지점
2	806.400	-33.851	1288.500	449.775	2386.823	-1072.101	128.759	-128.759	8.105	-17.916	I지점
2	806.400	-33.851	1287.712	472.909	2367.389	-1077.431	128.759	-128.759	8.105	-17.916	1/4지점
2	806.400	-33.851	1286.923	496.042	2349.149	-1082.776	128.759	-128.759	8.105	-17.916	2/4지점
2	806.400	-33.851	1286.135	519.175	2332.312	-1088.121	128.759	-128.759	8.105	-17.916	3/4지점
2	806.400	-33.851	1285.347	542.309	2317.124	-1093.466	128.759	-128.759	8.105	-17.916	J지점
3	744.704	-32.602	1169.634	444.527	2319.109	-1032.285	132.329	-132.329	7.450	-17.993	I지점
3	744.704	-32.602	1168.895	467.659	2302.997	-1037.629	132.329	-132.329	7.450	-17.993	1/4지점
3	744.704	-32.602	1168.255	490.791	2288.083	-1042.974	132.329	-132.329	7.450	-17.993	2/4지점
3	744.704	-32.602	1167.712	513.924	2274.489	-1048.319	132.329	-132.329	7.450	-17.993	3/4지점
3	744.704	-32.602	1167.269	537.056	2262.307	-1060.382	132.329	-132.329	7.450	-17.993	J지점
4	628.192	-29.636	956.733	377.025	2109.186	-933.461	119.280	-119.280	6.377	-17.020	I지점
4	628.192	-29.636	956.270	405.934	2091.090	-940.140	119.280	-119.280	6.377	-17.020	1/4지점
4	628.192	-29.636	955.869	434.842	2074.043	-946.820	119.280	-119.280	6.377	-17.020	2/4지점
4	628.192	-29.636	955.529	463.751	2058.309	-953.499	119.280	-119.280	6.377	-17.020	3/4지점
4	628.192	-29.636	955.251	492.659	2044.140	-972.112	119.280	-119.280	6.377	-17.020	J지점
5	446.759	-23.646	649.749	277.070	1774.587	-815.312	93.552	-93.552	7.591	-14.916	I지점
5	446.759	-23.646	649.547	305.983	1756.335	-820.994	93.552	-93.552	7.591	-14.916	1/4지점
5	446.759	-23.646	649.437	334.896	1739.113	-827.649	93.552	-93.552	7.591	-14.916	2/4지점
5	446.759	-23.646	649.420	363.808	1723.159	-834.329	93.552	-93.552	7.591	-14.916	3/4지점
5	446.759	-23.646	649.494	392.721	1708.727	-847.036	93.552	-93.552	7.591	-14.916	J지점
6	271.792	-17.363	368.902	155.429	1408.818	-714.531	62.993	-62.993	9.080	-12.160	I지점
6	271.792	-17.363	369.022	184.344	1390.265	-718.234	62.993	-62.993	9.080	-12.160	1/4지점
6	271.792	-17.363	369.143	213.258	1372.650	-723.427	62.993	-62.993	9.080	-12.160	2/4지점
6	271.792	-17.363	369.263	242.172	1356.194	-729.932	62.993	-62.993	9.080	-12.160	3/4지점
6	271.792	-17.363	369.383	271.087	1341.144	-736.673	62.993	-62.993	9.080	-12.160	J지점
7	133.127	-12.564	147.446	24.909	1074.421	-649.070	30.899	-30.899	10.792	-8.871	I지점
7	133.127	-12.564	147.566	53.821	1055.501	-651.222	30.899	-30.899	10.792	-8.871	1/4지점
7	133.127	-12.564	147.686	82.734	1037.532	-661.976	30.899	-30.899	10.792	-8.871	2/4지점
7	133.127	-12.564	147.806	111.647	1020.684	-680.055	30.899	-30.899	10.792	-8.871	3/4지점
7	133.127	-12.564	147.926	140.559	1005.261	-699.028	30.899	-30.899	10.792	-8.871	J지점
8	-4.019	-7.308	-66.140	-105.366	788.967	-727.954	7.550	-7.550	12.756	-9.332	I지점
8	-4.019	-7.308	-66.020	-76.453	769.814	-743.497	7.550	-7.550	12.756	-9.332	1/4지점
8	-4.019	-7.308	-65.900	-47.539	751.658	-760.430	7.550	-7.550	12.756	-9.332	2/4지점
8	-4.019	-7.308	-65.780	-18.625	734.564	-778.548	7.550	-7.550	12.756	-9.332	3/4지점
8	-4.019	-7.308	-65.659	10.288	718.945	-797.586	7.550	-7.550	12.756	-9.332	J지점
9	-144.430	-1.034	-277.798	-232.321	551.556	-873.434	33.934	-33.934	15.053	-14.802	I지점
9	-144.430	-1.034	-277.724	-203.409	538.162	-889.025	33.934	-33.934	15.053	-14.802	1/4지점
9	-144.430	-1.034	-277.742	-174.497	533.184	-906.102	33.934	-33.934	15.053	-14.802	2/4지점
9	-144.430	-1.034	-277.851	-145.585	529.834	-924.456	33.934	-33.934	15.053	-14.802	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
9	-144.430	-1.034	-278.053	-116.673	528.089	-943.814	33.934	-33.934	15.053	-14.802	J지점
10	-267.649	5.370	-458.369	-340.549	580.389	-1100.067	65.822	-65.822	17.611	-20.668	I지점
10	-267.649	5.370	-458.617	-311.631	573.708	-1115.859	65.822	-65.822	17.611	-20.668	1/4지점
10	-267.649	5.370	-458.865	-282.714	567.715	-1132.932	65.822	-65.822	17.611	-20.668	2/4지점
10	-267.649	5.370	-459.113	-253.796	563.372	-1151.053	65.822	-65.822	17.611	-20.668	3/4지점
10	-267.649	5.370	-459.361	-224.878	560.653	-1169.919	65.822	-65.822	17.611	-20.668	J지점
11	-376.451	12.791	-606.504	-425.607	681.219	-1413.936	94.769	-94.769	20.219	-26.912	I지점
11	-376.451	12.791	-606.829	-396.696	674.539	-1429.079	94.769	-94.769	20.219	-26.912	1/4지점
11	-376.451	12.791	-607.307	-367.786	667.976	-1445.883	94.769	-94.769	20.219	-26.912	2/4지점
11	-376.451	12.791	-607.939	-338.876	662.756	-1463.973	94.769	-94.769	20.219	-26.912	3/4지점
11	-376.451	12.791	-608.725	-309.965	659.179	-1483.187	94.769	-94.769	20.219	-26.912	J지점
12	-435.942	18.792	-676.894	-465.156	808.314	-1729.380	116.842	-116.842	22.212	-32.233	I지점
12	-435.942	18.792	-677.757	-436.238	801.633	-1744.845	116.842	-116.842	22.212	-32.233	1/4지점
12	-435.942	18.792	-678.620	-407.320	794.951	-1761.835	116.842	-116.842	22.212	-32.233	2/4지점
12	-435.942	18.792	-679.482	-378.402	788.705	-1780.012	116.842	-116.842	22.212	-32.233	3/4지점
12	-435.942	18.792	-680.345	-349.485	784.024	-1799.099	116.842	-116.842	22.212	-32.233	J지점
13	-467.814	24.715	-700.728	-464.591	945.095	-2024.807	130.961	-130.961	24.131	-37.375	I지점
13	-467.814	24.715	-701.591	-435.681	938.415	-2040.673	130.961	-130.961	24.131	-37.375	1/4지점
13	-467.814	24.715	-702.453	-406.771	931.736	-2057.982	130.961	-130.961	24.131	-37.375	2/4지점
13	-467.814	24.715	-703.315	-377.862	925.178	-2076.446	130.961	-130.961	24.131	-37.375	3/4지점
13	-467.814	24.715	-704.178	-348.952	919.925	-2095.770	130.961	-130.961	24.131	-37.375	J지점
14	-516.406	33.459	-742.013	-420.129	1092.044	-2299.457	135.346	-135.346	26.196	-42.590	I지점
14	-516.406	33.459	-742.845	-391.213	1085.363	-2317.011	135.346	-135.346	26.196	-42.590	1/4지점
14	-516.406	33.459	-743.615	-362.297	1078.682	-2335.708	135.346	-135.346	26.196	-42.590	2/4지점
14	-516.406	33.459	-744.325	-333.380	1072.417	-2355.215	135.346	-135.346	26.196	-42.590	3/4지점
14	-516.406	33.459	-744.973	-304.464	1067.646	-2375.184	135.346	-135.346	26.196	-42.590	J지점
15	-726.118	57.560	-979.309	-386.210	1304.911	-2579.564	122.554	-122.554	27.534	-45.819	I지점
15	-726.118	57.560	-979.926	-357.298	1298.230	-2598.313	122.554	-122.554	27.534	-45.819	1/4지점
15	-726.118	57.560	-980.543	-328.387	1291.551	-2617.900	122.554	-122.554	27.534	-45.819	2/4지점
15	-726.118	57.560	-981.160	-299.475	1284.871	-2638.005	122.554	-122.554	27.534	-45.819	3/4지점
15	-726.118	57.560	-981.777	-270.563	1278.682	-2658.386	122.554	-122.554	27.534	-45.819	J지점
16	-870.534	86.245	-1082.076	-375.943	1621.063	-2793.434	172.916	-172.916	26.658	-43.926	I지점
16	-870.534	86.245	-1082.571	-347.026	1596.747	-2812.641	172.916	-172.916	26.658	-43.926	1/4지점
16	-870.534	86.245	-1082.819	-318.110	1574.395	-2833.070	172.916	-172.916	26.658	-43.926	2/4지점
16	-870.534	86.245	-1082.822	-289.194	1554.189	-2854.418	172.916	-172.916	26.658	-43.926	3/4지점
16	-870.534	86.245	-1082.580	-260.278	1536.270	-2876.395	172.916	-172.916	26.658	-43.926	J지점
17	-751.563	99.150	-874.366	-383.394	2072.249	-2662.918	809.603	-809.603	18.600	-27.879	I지점
17	-751.563	99.150	-874.001	-354.483	2046.906	-2682.516	809.603	-809.603	18.600	-27.879	1/4지점
17	-751.563	99.150	-873.635	-325.572	2023.120	-2703.936	809.603	-809.603	18.600	-27.879	2/4지점
17	-751.563	99.150	-873.270	-296.662	2001.185	-2726.869	809.603	-809.603	18.600	-27.879	3/4지점
17	-751.563	99.150	-872.904	-267.751	1981.350	-2751.019	809.603	-809.603	18.600	-27.879	J지점
18	-523.951	105.868	-553.560	-353.160	2380.923	-2179.656	840.079	-840.079	6.377	-7.323	I지점
18	-523.951	105.868	-553.267	-330.029	2360.722	-2196.477	840.079	-840.079	6.377	-7.323	1/4지점
18	-523.951	105.868	-552.975	-306.897	2341.279	-2214.803	840.079	-840.079	6.377	-7.323	2/4지점
18	-523.951	105.868	-552.682	-283.766	2322.776	-2234.485	840.079	-840.079	6.377	-7.323	3/4지점
18	-523.951	105.868	-552.390	-260.634	2305.404	-2255.368	840.079	-840.079	6.377	-7.323	J지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
19	-287.765	95.638	-199.915	-327.443	2414.343	-1583.332	176.167	-176.167	16.508	-6.744	I지점
19	-287.765	95.638	-199.641	-298.532	2392.536	-1589.044	176.167	-176.167	16.508	-6.744	1/4지점
19	-287.765	95.638	-199.552	-269.621	2371.241	-1595.724	176.167	-176.167	16.508	-6.744	2/4지점
19	-287.765	95.638	-199.646	-240.710	2350.724	-1606.893	176.167	-176.167	16.508	-6.744	3/4지점
19	-287.765	95.638	-199.925	-211.799	2331.270	-1630.674	176.167	-176.167	16.508	-6.744	J지점
20	-98.014	77.461	102.141	-234.757	2253.266	-1365.852	126.917	-126.917	24.147	-10.804	I지점
20	-98.014	77.461	101.771	-205.840	2233.694	-1372.333	126.917	-126.917	24.147	-10.804	1/4지점
20	-98.014	77.461	101.400	-176.924	2214.568	-1379.014	126.917	-126.917	24.147	-10.804	2/4지점
20	-98.014	77.461	101.029	-148.007	2196.143	-1385.695	126.917	-126.917	24.147	-10.804	3/4지점
20	-98.014	77.461	100.659	-119.090	2178.685	-1392.376	126.917	-126.917	24.147	-10.804	J지점
21	7.572	50.261	179.068	-121.300	2012.096	-1158.878	136.035	-136.035	22.475	-9.510	I지점
21	7.572	50.261	178.698	-92.387	1994.105	-1165.522	136.035	-136.035	22.475	-9.510	1/4지점
21	7.572	50.261	178.327	-63.473	1976.255	-1172.203	136.035	-136.035	22.475	-9.510	2/4지점
21	7.572	50.261	177.956	-34.560	1958.722	-1178.883	136.035	-136.035	22.475	-9.510	3/4지점
21	7.572	50.261	177.586	-5.647	1941.715	-1185.563	136.035	-136.035	22.475	-9.510	J지점
22	40.963	27.946	228.478	-35.492	1768.753	-1004.177	128.550	-128.550	19.187	-7.545	I지점
22	40.963	27.946	228.107	-6.580	1750.241	-1010.826	128.550	-128.550	19.187	-7.545	1/4지점
22	40.963	27.946	227.737	22.331	1732.382	-1017.506	128.550	-128.550	19.187	-7.545	2/4지점
22	40.963	27.946	227.366	51.243	1715.503	-1024.186	128.550	-128.550	19.187	-7.545	3/4지점
22	40.963	27.946	226.996	80.155	1699.912	-1030.866	128.550	-128.550	19.187	-7.545	J지점
23	54.675	21.466	247.407	17.093	1524.286	-873.589	113.626	-113.626	15.440	-5.649	I지점
23	54.675	21.466	246.959	46.005	1506.119	-880.180	113.626	-113.626	15.440	-5.649	1/4지점
23	54.675	21.466	246.358	74.917	1488.496	-886.860	113.626	-113.626	15.440	-5.649	2/4지점
23	54.675	21.466	245.604	103.830	1471.731	-893.540	113.626	-113.626	15.440	-5.649	3/4지점
23	54.675	21.466	244.695	132.742	1456.135	-900.220	113.626	-113.626	15.440	-5.649	J지점
24	53.924	17.777	229.613	32.822	1277.751	-748.626	90.563	-90.563	12.072	-4.441	I지점
24	53.924	17.777	228.628	61.738	1258.773	-754.484	90.563	-90.563	12.072	-4.441	1/4지점
24	53.924	17.777	227.643	90.654	1240.608	-761.165	90.563	-90.563	12.072	-4.441	2/4지점
24	53.924	17.777	226.658	119.570	1223.607	-767.846	90.563	-90.563	12.072	-4.441	3/4지점
24	53.924	17.777	225.672	148.487	1208.095	-774.527	90.563	-90.563	12.072	-4.441	J지점
25	45.947	12.437	181.381	21.781	1097.502	-670.801	63.604	-63.604	8.871	-3.949	I지점
25	45.947	12.437	180.396	50.697	1078.201	-675.300	63.604	-63.604	8.871	-3.949	1/4지점
25	45.947	12.437	179.411	79.613	1059.801	-681.515	63.604	-63.604	8.871	-3.949	2/4지점
25	45.947	12.437	178.426	108.528	1042.663	-688.196	63.604	-63.604	8.871	-3.949	3/4지점
25	45.947	12.437	177.440	137.444	1027.126	-694.877	63.604	-63.604	8.871	-3.949	J지점
26	29.201	6.129	104.336	-7.371	943.298	-623.766	32.462	-32.462	6.328	-3.891	I지점
26	29.201	6.129	103.351	21.541	923.720	-626.516	32.462	-32.462	6.328	-3.891	1/4지점
26	29.201	6.129	102.366	50.452	905.043	-633.020	32.462	-32.462	6.328	-3.891	2/4지점
26	29.201	6.129	101.381	79.363	887.607	-652.565	32.462	-32.462	6.328	-3.891	3/4지점
26	29.201	6.129	100.396	108.274	871.806	-672.998	32.462	-32.462	6.328	-3.891	J지점
27	6.960	-0.915	8.649	-47.808	801.106	-733.133	2.180	-2.180	4.454	-4.932	I지점
27	6.960	-0.915	7.664	-18.894	781.196	-749.505	2.180	-2.180	4.454	-4.932	1/4지점
27	6.960	-0.915	6.679	10.021	762.182	-767.494	2.180	-2.180	4.454	-4.932	2/4지점
27	6.960	-0.915	5.693	38.936	744.444	-786.773	2.180	-2.180	4.454	-4.932	3/4지점
27	6.960	-0.915	4.708	67.851	728.334	-806.938	2.180	-2.180	4.454	-4.932	J지점
28	-15.569	-7.991	-87.514	-88.846	680.634	-889.640	33.774	-33.774	3.546	-6.874	I지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
28	-15.569	-7.991	-88.499	-59.936	660.457	-905.686	33.774	-33.774	3.546	-6.874	1/4지점
28	-15.569	-7.991	-89.484	-31.027	642.117	-923.351	33.774	-33.774	3.546	-6.874	2/4지점
28	-15.569	-7.991	-90.469	-2.117	638.238	-942.285	33.774	-33.774	3.546	-6.874	3/4지점
28	-15.569	-7.991	-91.454	26.793	636.170	-962.104	33.774	-33.774	3.546	-6.874	J지점
29	-33.025	-14.374	-165.508	-119.304	718.279	-1062.584	64.678	-64.678	4.346	-9.517	I지점
29	-33.025	-14.374	-166.493	-90.393	711.599	-1078.338	64.678	-64.678	4.346	-9.517	1/4지점
29	-33.025	-14.374	-167.478	-61.481	704.921	-1095.694	64.678	-64.678	4.346	-9.517	2/4지점
29	-33.025	-14.374	-168.463	-32.569	699.251	-1114.310	64.678	-64.678	4.346	-9.517	3/4지점
29	-33.025	-14.374	-169.448	-3.657	695.374	-1133.824	64.678	-64.678	4.346	-9.517	J지점
30	-41.771	-19.535	-213.259	-130.875	812.016	-1257.826	92.083	-92.083	4.733	-12.672	I지점
30	-41.771	-19.535	-214.244	-101.961	805.335	-1273.487	92.083	-92.083	4.733	-12.672	1/4지점
30	-41.771	-19.535	-215.229	-73.047	798.655	-1290.637	92.083	-92.083	4.733	-12.672	2/4지점
30	-41.771	-19.535	-216.215	-44.133	792.011	-1308.950	92.083	-92.083	4.733	-12.672	3/4지점
30	-41.771	-19.535	-217.200	-15.218	786.551	-1328.076	92.083	-92.083	4.733	-12.672	J지점
31	-43.710	-23.012	-234.540	-118.510	932.010	-1497.035	115.398	-115.398	5.782	-16.223	I지점
31	-43.710	-23.012	-235.448	-89.600	925.330	-1512.722	115.398	-115.398	5.782	-16.223	1/4지점
31	-43.710	-23.012	-236.202	-60.689	918.650	-1529.581	115.398	-115.398	5.782	-16.223	2/4지점
31	-43.710	-23.012	-236.803	-31.779	911.970	-1547.300	115.398	-115.398	5.782	-16.223	3/4지점
31	-43.710	-23.012	-237.251	-2.868	905.460	-1565.567	115.398	-115.398	5.782	-16.223	J지점
32	-34.598	-26.852	-224.512	-74.522	1047.624	-1718.013	130.561	-130.561	7.828	-20.093	I지점
32	-34.598	-26.852	-224.883	-45.616	1040.945	-1733.630	130.561	-130.561	7.828	-20.093	1/4지점
32	-34.598	-26.852	-225.253	-16.710	1034.267	-1750.541	130.561	-130.561	7.828	-20.093	2/4지점
32	-34.598	-26.852	-225.623	12.196	1027.588	-1768.436	130.561	-130.561	7.828	-20.093	3/4지점
32	-34.598	-26.852	-225.994	41.102	1020.930	-1786.990	130.561	-130.561	7.828	-20.093	J지점
33	-16.046	-33.393	-191.958	-5.556	1178.230	-1931.106	137.817	-137.817	9.886	-23.809	I지점
33	-16.046	-33.393	-192.328	23.349	1171.552	-1948.103	137.817	-137.817	9.886	-23.809	1/4지점
33	-16.046	-33.393	-192.699	52.254	1164.873	-1965.639	137.817	-137.817	9.886	-23.809	2/4지점
33	-16.046	-33.393	-193.069	81.159	1158.195	-1983.504	137.817	-137.817	9.886	-23.809	3/4지점
33	-16.046	-33.393	-193.440	110.065	1151.517	-2001.522	137.817	-137.817	9.886	-23.809	J지점
34	33.954	-54.999	-177.073	76.860	1346.872	-2128.138	127.614	-127.614	11.904	-26.778	I지점
34	33.954	-54.999	-177.444	105.767	1340.194	-2145.623	127.614	-127.614	11.904	-26.778	1/4지점
34	33.954	-54.999	-177.814	134.674	1333.515	-2164.099	127.614	-127.614	11.904	-26.778	2/4지점
34	33.954	-54.999	-178.185	163.581	1326.836	-2183.301	127.614	-127.614	11.904	-26.778	3/4지점
34	33.954	-54.999	-178.555	192.487	1320.198	-2202.973	127.614	-127.614	11.904	-26.778	J지점
35	153.635	-80.085	-22.856	121.715	1534.082	-2217.699	182.054	-182.054	10.557	-23.749	I지점
35	153.635	-80.085	-23.135	150.620	1527.401	-2237.421	182.054	-182.054	10.557	-23.749	1/4지점
35	153.635	-80.085	-23.229	179.526	1520.724	-2258.250	182.054	-182.054	10.557	-23.749	2/4지점
35	153.635	-80.085	-23.140	208.431	1514.046	-2279.901	182.054	-182.054	10.557	-23.749	3/4지점
35	153.635	-80.085	-22.866	237.336	1507.989	-2302.104	182.054	-182.054	10.557	-23.749	J지점
36	268.603	-81.471	185.208	107.159	1935.016	-2114.927	872.650	-872.650	4.383	-11.523	I지점
36	268.603	-81.471	185.500	130.282	1913.157	-2132.785	872.650	-872.650	4.383	-11.523	1/4지점
36	268.603	-81.471	185.792	153.405	1892.562	-2151.835	872.650	-872.650	4.383	-11.523	2/4지점
36	268.603	-81.471	186.085	176.527	1873.393	-2171.888	872.650	-872.650	4.383	-11.523	3/4지점
36	268.603	-81.471	186.377	199.650	1859.865	-2192.755	872.650	-872.650	4.383	-11.523	J지점
37	359.475	-65.455	369.251	61.956	2270.938	-1715.112	752.665	-752.665	4.633	-4.552	I지점
37	359.475	-65.455	369.616	90.858	2245.848	-1728.644	752.665	-752.665	4.633	-4.552	1/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
37	359.475	-65.455	369.981	119.760	2222.052	-1751.714	752.665	-752.665	4.633	-4.552	2/4지점
37	359.475	-65.455	370.347	148.662	2199.853	-1776.753	752.665	-752.665	4.633	-4.552	3/4지점
37	359.475	-65.455	370.712	177.564	2184.943	-1803.474	752.665	-752.665	4.633	-4.552	J지점
38	401.290	-48.320	497.619	24.560	2301.743	-1452.023	149.759	-149.759	15.979	-10.329	I지점
38	401.290	-48.320	497.862	53.464	2279.154	-1458.675	149.759	-149.759	15.979	-10.329	1/4지점
38	401.290	-48.320	497.859	82.369	2257.279	-1465.354	149.759	-149.759	15.979	-10.329	2/4지점
38	401.290	-48.320	497.611	111.273	2236.410	-1472.032	149.759	-149.759	15.979	-10.329	3/4지점
38	401.290	-48.320	497.116	140.178	2216.851	-1478.710	149.759	-149.759	15.979	-10.329	J지점
39	329.291	-28.607	477.468	19.147	2081.003	-1229.986	123.142	-123.142	19.191	-11.908	I지점
39	329.291	-28.607	476.851	48.047	2060.385	-1236.663	123.142	-123.142	19.191	-11.908	1/4지점
39	329.291	-28.607	476.234	76.946	2040.116	-1243.340	123.142	-123.142	19.191	-11.908	2/4지점
39	329.291	-28.607	475.617	105.846	2020.449	-1250.017	123.142	-123.142	19.191	-11.908	3/4지점
39	329.291	-28.607	475.001	134.745	2001.691	-1256.694	123.142	-123.142	19.191	-11.908	J지점
40	228.926	-15.286	360.140	38.481	1832.050	-1057.293	134.357	-134.357	18.744	-11.831	I지점
40	228.926	-15.286	359.493	67.376	1812.101	-1063.960	134.357	-134.357	18.744	-11.831	1/4지점
40	228.926	-15.286	358.784	96.270	1792.676	-1070.636	134.357	-134.357	18.744	-11.831	2/4지점
40	228.926	-15.286	358.014	125.165	1774.118	-1077.312	134.357	-134.357	18.744	-11.831	3/4지점
40	228.926	-15.286	357.183	154.060	1756.777	-1083.988	134.357	-134.357	18.744	-11.831	J지점
41	200.806	-10.482	319.364	75.207	1599.451	-958.974	129.387	-129.387	16.469	-10.974	I지점
41	200.806	-10.482	318.502	104.107	1580.273	-965.651	129.387	-129.387	16.469	-10.974	1/4지점
41	200.806	-10.482	317.639	133.008	1561.999	-972.329	129.387	-129.387	16.469	-10.974	2/4지점
41	200.806	-10.482	316.777	161.908	1544.960	-979.006	129.387	-129.387	16.469	-10.974	3/4지점
41	200.806	-10.482	315.915	190.809	1529.446	-985.683	129.387	-129.387	16.469	-10.974	J지점
42	180.754	-7.182	292.882	85.408	1366.772	-853.011	114.745	-114.745	14.192	-10.159	I지점
42	180.754	-7.182	292.020	114.301	1347.888	-859.687	114.745	-114.745	14.192	-10.159	1/4지점
42	180.754	-7.182	291.158	143.195	1329.959	-866.364	114.745	-114.745	14.192	-10.159	2/4지점
42	180.754	-7.182	290.296	172.089	1313.329	-873.834	114.745	-114.745	14.192	-10.159	3/4지점
42	180.754	-7.182	289.434	200.982	1298.274	-883.166	114.745	-114.745	14.192	-10.159	J지점
43	156.146	-4.591	258.388	77.170	1168.056	-754.120	91.944	-91.944	12.098	-9.416	I지점
43	156.146	-4.591	257.603	106.065	1149.052	-760.226	91.944	-91.944	12.098	-9.416	1/4지점
43	156.146	-4.591	256.971	134.960	1131.100	-766.902	91.944	-91.944	12.098	-9.416	2/4지점
43	156.146	-4.591	256.493	163.855	1114.598	-773.578	91.944	-91.944	12.098	-9.416	3/4지점
43	156.146	-4.591	256.168	192.749	1099.752	-780.254	91.944	-91.944	12.098	-9.416	J지점
44	105.978	-0.945	188.275	47.997	984.814	-661.017	62.628	-62.628	9.464	-8.325	I지점
44	105.978	-0.945	188.027	76.892	965.924	-665.559	62.628	-62.628	9.464	-8.325	1/4지점
44	105.978	-0.945	187.780	105.787	947.840	-671.825	62.628	-62.628	9.464	-8.325	2/4지점
44	105.978	-0.945	187.532	134.682	930.854	-678.501	62.628	-62.628	9.464	-8.325	3/4지점
44	105.978	-0.945	187.284	163.577	915.224	-685.177	62.628	-62.628	9.464	-8.325	J지점
45	54.187	1.828	111.283	7.810	835.909	-603.028	30.180	-30.180	6.935	-7.221	I지점
45	54.187	1.828	111.082	36.707	816.217	-605.691	30.180	-30.180	6.935	-7.221	1/4지점
45	54.187	1.828	110.972	65.604	797.617	-610.150	30.180	-30.180	6.935	-7.221	2/4지점
45	54.187	1.828	110.954	94.501	780.366	-616.357	30.180	-30.180	6.935	-7.221	3/4지점
45	54.187	1.828	111.028	123.398	764.684	-623.034	30.180	-30.180	6.935	-7.221	J지점
46	-5.108	4.571	21.614	-39.008	720.635	-660.426	4.032	-4.032	4.644	-6.263	I지점
46	-5.108	4.571	21.735	-10.115	700.847	-676.615	4.032	-4.032	4.644	-6.263	1/4지점
46	-5.108	4.571	21.855	18.778	682.083	-694.262	4.032	-4.032	4.644	-6.263	2/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
46	-5.108	4.571	21.975	47.671	664.566	-713.100	4.032	-4.032	4.644	-6.263	3/4지점
46	-5.108	4.571	22.095	76.565	648.544	-732.897	4.032	-4.032	4.644	-6.263	J지점
47	-63.419	6.847	-69.333	-89.553	658.190	-844.403	34.861	-34.861	4.212	-5.410	I지점
47	-63.419	6.847	-69.213	-60.660	651.515	-860.019	34.861	-34.861	4.212	-5.410	1/4지점
47	-63.419	6.847	-69.093	-31.768	645.268	-877.104	34.861	-34.861	4.212	-5.410	2/4지점
47	-63.419	6.847	-68.973	-2.876	640.694	-895.401	34.861	-34.861	4.212	-5.410	3/4지점
47	-63.419	6.847	-68.853	26.017	637.839	-914.668	34.861	-34.861	4.212	-5.410	J지점
48	-123.054	8.948	-165.507	-139.499	748.940	-1066.067	67.472	-67.472	5.648	-4.668	I지점
48	-123.054	8.948	-165.387	-110.606	742.265	-1081.051	67.472	-67.472	5.648	-4.668	1/4지점
48	-123.054	8.948	-165.267	-81.712	735.589	-1097.513	67.472	-67.472	5.648	-4.668	2/4지점
48	-123.054	8.948	-165.147	-52.819	729.005	-1115.217	67.472	-67.472	5.648	-4.668	3/4지점
48	-123.054	8.948	-165.027	-23.926	723.733	-1133.914	67.472	-67.472	5.648	-4.668	J지점
49	-198.802	11.803	-288.479	-182.787	875.358	-1316.368	97.667	-97.667	6.823	-4.039	I지점
49	-198.802	11.803	-288.405	-153.894	868.682	-1330.655	97.667	-97.667	6.823	-4.039	1/4지점
49	-198.802	11.803	-288.423	-125.000	862.006	-1346.516	97.667	-97.667	6.823	-4.039	2/4지점
49	-198.802	11.803	-288.532	-96.106	855.330	-1363.758	97.667	-97.667	6.823	-4.039	3/4지점
49	-198.802	11.803	-288.734	-67.212	848.655	-1382.103	97.667	-97.667	6.823	-4.039	J지점
50	-276.339	14.471	-425.922	-214.522	1011.354	-1561.237	123.382	-123.382	7.714	-3.531	I지점
50	-276.339	14.471	-426.200	-185.624	1004.677	-1574.038	123.382	-123.382	7.714	-3.531	1/4지점
50	-276.339	14.471	-426.540	-156.727	998.000	-1589.829	123.382	-123.382	7.714	-3.531	2/4지점
50	-276.339	14.471	-426.941	-127.829	991.323	-1607.055	123.382	-123.382	7.714	-3.531	3/4지점
50	-276.339	14.471	-427.403	-98.932	984.647	-1625.428	123.382	-123.382	7.714	-3.531	J지점
51	-329.680	15.791	-530.632	-218.314	1109.466	-1744.026	136.471	-136.471	8.149	-3.106	I지점
51	-329.680	15.791	-531.075	-195.198	1104.125	-1745.579	136.471	-136.471	8.149	-3.106	1/4지점
51	-329.680	15.791	-531.617	-172.083	1098.784	-1759.505	136.471	-136.471	8.149	-3.106	2/4지점
51	-329.680	15.791	-532.257	-148.967	1093.443	-1774.842	136.471	-136.471	8.149	-3.106	3/4지점
51	-329.680	15.791	-532.996	-125.851	1088.103	-1791.455	136.471	-136.471	8.149	-3.106	J지점
52	-353.919	16.209	-582.159	-208.901	1147.782	-1803.065	132.424	-132.424	8.094	-2.893	I지점
52	-353.919	16.209	-582.947	-185.783	1142.441	-1803.065	132.424	-132.424	8.094	-2.893	1/4지점
52	-353.919	16.209	-583.735	-162.666	1137.100	-1817.574	132.424	-132.424	8.094	-2.893	2/4지점
52	-353.919	16.209	-584.522	-139.548	1131.759	-1836.570	132.424	-132.424	8.094	-2.893	3/4지점
52	-353.919	16.209	-585.310	-116.430	1126.417	-1856.826	132.424	-132.424	8.094	-2.893	J지점
53	-308.644	14.017	-508.816	-184.889	1021.144	-1476.038	138.133	-138.133	6.425	-2.456	I지점
53	-308.644	14.017	-509.456	-166.112	1016.806	-1476.038	138.133	-138.133	6.425	-2.456	1/4지점
53	-308.644	14.017	-510.745	-147.336	1012.467	-1476.038	138.133	-138.133	6.425	-2.456	2/4지점
53	-308.644	14.017	-512.798	-128.560	1008.408	-1494.281	138.133	-138.133	6.425	-2.456	3/4지점
53	-308.644	14.017	-514.851	-109.784	1005.900	-1514.247	138.133	-138.133	6.425	-2.456	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
54	689.864	-28.978	1024.236	567.074	1752.317	-1022.732	209.267	-209.267	6.771	-14.091	I지점
54	689.864	-28.978	1026.293	548.252	1755.859	-1000.507	209.267	-209.267	6.771	-14.091	1/4지점
54	689.864	-28.978	1028.351	529.429	1761.618	-979.734	209.267	-209.267	6.771	-14.091	2/4지점
54	689.864	-28.978	1029.734	510.607	1767.698	-960.562	209.267	-209.267	6.771	-14.091	3/4지점
54	689.864	-28.978	1030.376	491.785	1773.777	-955.330	209.267	-209.267	6.771	-14.091	J지점
55	768.160	-33.088	1133.099	721.151	2088.688	-1185.202	207.744	-207.744	8.317	-17.804	I지점
55	768.160	-33.088	1133.908	697.407	2096.357	-1162.172	207.744	-207.744	8.317	-17.804	1/4지점
55	768.160	-33.088	1134.717	673.662	2104.026	-1140.737	207.744	-207.744	8.317	-17.804	2/4지점
55	768.160	-33.088	1135.526	649.918	2111.695	-1131.866	207.744	-207.744	8.317	-17.804	3/4지점
55	768.160	-33.088	1136.335	626.173	2119.365	-1131.644	207.744	-207.744	8.317	-17.804	J지점
56	698.993	-31.398	1021.277	670.575	2025.262	-1101.351	179.611	-179.611	7.593	-17.708	I지점
56	698.993	-31.398	1022.036	646.830	2032.931	-1083.187	179.611	-179.611	7.593	-17.708	1/4지점
56	698.993	-31.398	1022.693	623.086	2040.600	-1075.759	179.611	-179.611	7.593	-17.708	2/4지점
56	698.993	-31.398	1023.250	599.341	2048.270	-1075.395	179.611	-179.611	7.593	-17.708	3/4지점
56	698.993	-31.398	1023.706	575.597	2055.939	-1075.393	179.611	-179.611	7.593	-17.708	J지점
57	597.741	-28.611	864.420	593.538	1820.062	-977.232	148.470	-148.470	6.038	-16.730	I지점
57	597.741	-28.611	864.895	563.857	1829.649	-957.893	148.470	-148.470	6.038	-16.730	1/4지점
57	597.741	-28.611	865.306	534.177	1839.235	-949.256	148.470	-148.470	6.038	-16.730	2/4지점
57	597.741	-28.611	865.655	504.496	1848.822	-948.886	148.470	-148.470	6.038	-16.730	3/4지점
57	597.741	-28.611	865.941	474.815	1858.409	-948.887	148.470	-148.470	6.038	-16.730	J지점
58	426.524	-22.806	602.417	458.184	1526.845	-854.237	112.073	-112.073	7.052	-14.626	I지점
58	426.524	-22.806	602.624	428.499	1533.704	-835.375	112.073	-112.073	7.052	-14.626	1/4지점
58	426.524	-22.806	602.737	398.814	1540.563	-818.360	112.073	-112.073	7.052	-14.626	2/4지점
58	426.524	-22.806	602.755	369.129	1547.422	-817.303	112.073	-112.073	7.052	-14.626	3/4지점
58	426.524	-22.806	602.679	339.444	1554.280	-817.276	112.073	-112.073	7.052	-14.626	J지점
59	262.444	-16.841	348.283	309.455	1206.042	-764.003	74.056	-74.056	8.487	-11.906	I지점
59	262.444	-16.841	348.160	279.769	1212.901	-744.641	74.056	-74.056	8.487	-11.906	1/4지점
59	262.444	-16.841	348.036	250.082	1219.761	-726.522	74.056	-74.056	8.487	-11.906	2/4지점
59	262.444	-16.841	347.913	220.396	1226.620	-710.457	74.056	-74.056	8.487	-11.906	3/4지점
59	262.444	-16.841	347.789	190.709	1233.479	-709.608	74.056	-74.056	8.487	-11.906	J지점
60	126.729	-12.157	134.699	156.717	907.112	-697.637	36.498	-36.498	10.183	-8.641	I지점
60	126.729	-12.157	134.576	127.037	912.432	-677.104	36.498	-36.498	10.183	-8.641	1/4지점
60	126.729	-12.157	134.452	97.358	919.258	-657.776	36.498	-36.498	10.183	-8.641	2/4지점
60	126.729	-12.157	134.329	67.678	926.117	-639.913	36.498	-36.498	10.183	-8.641	3/4지점
60	126.729	-12.157	134.206	37.999	932.974	-623.866	36.498	-36.498	10.183	-8.641	J지점
61	-7.314	-7.007	-73.430	8.280	657.189	-699.519	2.271	-2.271	12.138	-8.849	I지점
61	-7.314	-7.007	-73.553	-21.403	657.742	-693.214	2.271	-2.271	12.138	-8.849	1/4지점
61	-7.314	-7.007	-73.677	-51.085	660.542	-689.155	2.271	-2.271	12.138	-8.849	2/4지점
61	-7.314	-7.007	-73.800	-80.768	665.739	-687.495	2.271	-2.271	12.138	-8.849	3/4지점
61	-7.314	-7.007	-73.923	-110.451	672.552	-687.449	2.271	-2.271	12.138	-8.849	J지점
62	-138.009	-1.210	-271.434	-133.260	509.869	-833.246	36.819	-36.819	14.374	-14.153	I지점
62	-138.009	-1.210	-271.510	-162.945	526.487	-826.387	36.819	-36.819	14.374	-14.153	1/4지점
62	-138.009	-1.210	-271.492	-192.630	544.959	-819.528	36.819	-36.819	14.374	-14.153	2/4지점
62	-138.009	-1.210	-271.379	-222.316	564.993	-813.255	36.819	-36.819	14.374	-14.153	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
62	-138.009	-1.210	-271.172	-252.001	586.360	-809.285	36.819	-36.819	14.374	-14.153	J지점
63	-267.346	5.619	-458.889	-265.118	553.236	-1035.718	73.143	-73.143	17.049	-20.248	I지점
63	-267.346	5.619	-458.635	-294.797	568.956	-1028.861	73.143	-73.143	17.049	-20.248	1/4지점
63	-267.346	5.619	-458.380	-324.476	586.408	-1022.002	73.143	-73.143	17.049	-20.248	2/4지점
63	-267.346	5.619	-458.126	-354.156	605.189	-1015.146	73.143	-73.143	17.049	-20.248	3/4지점
63	-267.346	5.619	-457.872	-383.835	624.996	-1008.289	73.143	-73.143	17.049	-20.248	J지점
64	-358.741	11.593	-580.390	-370.295	680.077	-1303.041	107.588	-107.588	19.543	-26.191	I지점
64	-358.741	11.593	-580.057	-399.984	685.776	-1296.181	107.588	-107.588	19.543	-26.191	1/4지점
64	-358.741	11.593	-579.566	-429.673	702.218	-1289.322	107.588	-107.588	19.543	-26.191	2/4지점
64	-358.741	11.593	-578.917	-459.362	720.284	-1282.462	107.588	-107.588	19.543	-26.191	3/4지점
64	-358.741	11.593	-578.110	-489.050	739.737	-1275.602	107.588	-107.588	19.543	-26.191	J지점
65	-426.960	18.532	-646.223	-443.883	830.575	-1572.726	136.872	-136.872	21.741	-31.937	I지점
65	-426.960	18.532	-645.338	-473.564	830.590	-1565.868	136.872	-136.872	21.741	-31.937	1/4지점
65	-426.960	18.532	-644.452	-503.245	839.429	-1559.010	136.872	-136.872	21.741	-31.937	2/4지점
65	-426.960	18.532	-643.567	-532.926	857.239	-1552.152	136.872	-136.872	21.741	-31.937	3/4지점
65	-426.960	18.532	-642.681	-562.607	876.281	-1545.295	136.872	-136.872	21.741	-31.937	J지점
66	-445.753	24.000	-618.588	-483.558	992.420	-1805.777	160.568	-160.568	23.650	-37.054	I지점
66	-445.753	24.000	-617.703	-513.240	992.428	-1796.190	160.568	-160.568	23.650	-37.054	1/4지점
66	-445.753	24.000	-616.818	-542.922	994.028	-1786.603	160.568	-160.568	23.650	-37.054	2/4지점
66	-445.753	24.000	-615.932	-572.603	1012.170	-1777.016	160.568	-160.568	23.650	-37.054	3/4지점
66	-445.753	24.000	-615.047	-602.285	1031.472	-1767.429	160.568	-160.568	23.650	-37.054	J지점
67	-468.962	32.891	-554.852	-493.638	1172.150	-1988.974	189.817	-189.817	25.769	-42.461	I지점
67	-468.962	32.891	-553.998	-523.322	1172.383	-1979.386	189.817	-189.817	25.769	-42.461	1/4지점
67	-468.962	32.891	-553.207	-553.006	1175.604	-1969.798	189.817	-189.817	25.769	-42.461	2/4지점
67	-468.962	32.891	-552.479	-582.690	1195.147	-1960.210	189.817	-189.817	25.769	-42.461	3/4지점
67	-468.962	32.891	-551.814	-612.374	1215.442	-1950.623	189.817	-189.817	25.769	-42.461	J지점
68	-641.106	55.727	-684.338	-458.688	1359.997	-2232.884	242.165	-242.165	27.084	-45.686	I지점
68	-641.106	55.727	-683.704	-488.373	1360.128	-2223.296	242.165	-242.165	27.084	-45.686	1/4지점
68	-641.106	55.727	-683.070	-518.058	1361.812	-2213.708	242.165	-242.165	27.084	-45.686	2/4지점
68	-641.106	55.727	-682.437	-547.743	1372.393	-2204.120	242.165	-242.165	27.084	-45.686	3/4지점
68	-641.106	55.727	-681.803	-577.428	1394.063	-2194.532	242.165	-242.165	27.084	-45.686	J지점
69	-777.325	81.314	-810.578	-395.528	1516.112	-2463.699	314.171	-314.171	26.594	-43.576	I지점
69	-777.325	81.314	-810.071	-425.209	1516.112	-2454.109	314.171	-314.171	26.594	-43.576	1/4지점
69	-777.325	81.314	-809.816	-454.890	1516.112	-2444.525	314.171	-314.171	26.594	-43.576	2/4지점
69	-777.325	81.314	-809.813	-484.571	1516.112	-2434.938	314.171	-314.171	26.594	-43.576	3/4지점
69	-777.325	81.314	-810.062	-514.252	1516.112	-2425.352	314.171	-314.171	26.594	-43.576	J지점
70	-701.734	91.547	-753.237	-281.352	1814.322	-2401.694	307.631	-307.631	18.565	-28.202	I지점
70	-701.734	91.547	-753.612	-311.038	1814.322	-2394.835	307.631	-307.631	18.565	-28.202	1/4지점
70	-701.734	91.547	-753.987	-340.723	1814.322	-2387.976	307.631	-307.631	18.565	-28.202	2/4지점
70	-701.734	91.547	-754.362	-370.409	1814.504	-2381.300	307.631	-307.631	18.565	-28.202	3/4지점
70	-701.734	91.547	-754.738	-400.094	1817.684	-2377.621	307.631	-307.631	18.565	-28.202	J지점
71	-527.887	102.221	-643.774	-136.704	1971.636	-2092.738	259.845	-259.845	5.541	-6.928	I지점
71	-527.887	102.221	-644.074	-160.446	1975.165	-2089.960	259.845	-259.845	5.541	-6.928	1/4지점
71	-527.887	102.221	-644.374	-184.188	1981.724	-2089.521	259.845	-259.845	5.541	-6.928	2/4지점
71	-527.887	102.221	-644.675	-207.930	1989.393	-2089.521	259.845	-259.845	5.541	-6.928	3/4지점
71	-527.887	102.221	-644.975	-231.673	1997.061	-2089.521	259.845	-259.845	5.541	-6.928	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
72	-347.371	91.624	-471.720	37.700	1925.113	-1700.602	281.363	-281.363	16.606	-6.928	I지점
72	-347.371	91.624	-472.001	8.017	1934.701	-1675.753	281.363	-281.363	16.606	-6.928	1/4지점
72	-347.371	91.624	-472.093	-21.666	1944.288	-1660.307	281.363	-281.363	16.606	-6.928	2/4지점
72	-347.371	91.624	-471.996	-51.349	1953.876	-1657.201	281.363	-281.363	16.606	-6.928	3/4지점
72	-347.371	91.624	-471.710	-81.032	1963.463	-1656.176	281.363	-281.363	16.606	-6.928	J지점
73	-176.820	75.665	-193.910	174.780	1755.100	-1583.803	218.831	-218.831	24.091	-10.914	I지점
73	-176.820	75.665	-193.529	145.093	1764.689	-1562.836	218.831	-218.831	24.091	-10.914	1/4지점
73	-176.820	75.665	-193.149	115.405	1774.277	-1542.605	218.831	-218.831	24.091	-10.914	2/4지점
73	-176.820	75.665	-192.769	85.718	1783.866	-1532.323	218.831	-218.831	24.091	-10.914	3/4지점
73	-176.820	75.665	-192.388	56.030	1793.455	-1531.097	218.831	-218.831	24.091	-10.914	J지점
74	-39.799	48.520	-6.432	248.829	1583.364	-1383.870	177.757	-177.757	23.033	-9.916	I지점
74	-39.799	48.520	-6.052	219.146	1592.951	-1365.278	177.757	-177.757	23.033	-9.916	1/4지점
74	-39.799	48.520	-5.671	189.463	1602.538	-1347.046	177.757	-177.757	23.033	-9.916	2/4지점
74	-39.799	48.520	-5.291	159.780	1612.126	-1329.350	177.757	-177.757	23.033	-9.916	3/4지점
74	-39.799	48.520	-4.911	130.098	1621.713	-1327.891	177.757	-177.757	23.033	-9.916	J지점
75	18.726	26.110	129.606	279.900	1426.217	-1188.905	157.141	-157.141	19.274	-7.557	I지점
75	18.726	26.110	129.986	250.220	1435.804	-1169.923	157.141	-157.141	19.274	-7.557	1/4지점
75	18.726	26.110	130.366	220.539	1445.390	-1151.773	157.141	-157.141	19.274	-7.557	2/4지점
75	18.726	26.110	130.747	190.859	1454.977	-1134.785	157.141	-157.141	19.274	-7.557	3/4지점
75	18.726	26.110	131.127	161.178	1464.564	-1129.898	157.141	-157.141	19.274	-7.557	J지점
76	41.929	21.449	193.275	273.899	1248.267	-1020.645	133.790	-133.790	15.660	-5.664	I지점
76	41.929	21.449	193.734	244.218	1257.854	-1001.787	133.790	-133.790	15.660	-5.664	1/4지점
76	41.929	21.449	194.351	214.537	1267.441	-983.672	133.790	-133.790	15.660	-5.664	2/4지점
76	41.929	21.449	195.126	184.856	1277.028	-966.626	133.790	-133.790	15.660	-5.664	3/4지점
76	41.929	21.449	196.058	155.175	1286.614	-960.577	133.790	-133.790	15.660	-5.664	J지점
77	51.099	16.991	206.009	244.068	1043.147	-866.948	104.081	-104.081	11.880	-4.392	I지점
77	51.099	16.991	207.020	214.384	1050.006	-846.912	104.081	-104.081	11.880	-4.392	1/4지점
77	51.099	16.991	208.031	184.700	1056.864	-827.886	104.081	-104.081	11.880	-4.392	2/4지점
77	51.099	16.991	209.043	155.016	1064.841	-810.237	104.081	-104.081	11.880	-4.392	3/4지점
77	51.099	16.991	210.054	125.331	1074.428	-799.628	104.081	-104.081	11.880	-4.392	J지점
78	45.009	12.082	170.145	197.648	914.097	-760.582	72.010	-72.010	8.643	-3.959	I지점
78	45.009	12.082	171.156	167.964	920.728	-739.646	72.010	-72.010	8.643	-3.959	1/4지점
78	45.009	12.082	172.168	138.280	927.586	-719.814	72.010	-72.010	8.643	-3.959	2/4지점
78	45.009	12.082	173.179	108.597	934.444	-701.476	72.010	-72.010	8.643	-3.959	3/4지점
78	45.009	12.082	174.191	78.914	941.302	-685.134	72.010	-72.010	8.643	-3.959	J지점
79	28.547	5.871	96.588	137.410	791.526	-686.425	36.963	-36.963	5.940	-3.459	I지점
79	28.547	5.871	97.599	107.725	794.748	-664.475	36.963	-36.963	5.940	-3.459	1/4지점
79	28.547	5.871	98.611	78.040	800.527	-643.634	36.963	-36.963	5.940	-3.459	2/4지점
79	28.547	5.871	99.622	48.356	807.385	-624.312	36.963	-36.963	5.940	-3.459	3/4지점
79	28.547	5.871	100.634	18.671	814.244	-607.021	36.963	-36.963	5.940	-3.459	J지점
80	6.467	-0.912	4.062	69.158	678.438	-697.924	1.921	-1.921	4.027	-4.479	I지점
80	6.467	-0.912	5.073	39.475	678.464	-691.091	1.921	-1.921	4.027	-4.479	1/4지점
80	6.467	-0.912	6.085	9.792	680.145	-685.914	1.921	-1.921	4.027	-4.479	2/4지점
80	6.467	-0.912	7.096	-19.891	684.463	-683.374	1.921	-1.921	4.027	-4.479	3/4지점
80	6.467	-0.912	8.107	-49.574	691.027	-683.080	1.921	-1.921	4.027	-4.479	J지점
81	-15.950	-7.737	-88.890	0.322	619.646	-832.873	36.396	-36.396	3.561	-6.431	I지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
81	-15.950	-7.737	-87.879	-29.356	636.653	-826.015	36.396	-36.396	3.561	-6.431	1/4지점
81	-15.950	-7.737	-86.868	-59.035	655.676	-819.158	36.396	-36.396	3.561	-6.431	2/4지점
81	-15.950	-7.737	-85.857	-88.714	676.227	-812.749	36.396	-36.396	3.561	-6.431	3/4지점
81	-15.950	-7.737	-84.845	-118.393	697.899	-808.681	36.396	-36.396	3.561	-6.431	J지점
82	-32.963	-13.921	-161.673	-60.179	709.705	-971.960	73.473	-73.473	4.342	-9.127	I지점
82	-32.963	-13.921	-160.663	-89.833	723.771	-965.109	73.473	-73.473	4.342	-9.127	1/4지점
82	-32.963	-13.921	-159.653	-119.487	741.845	-958.258	73.473	-73.473	4.342	-9.127	2/4지점
82	-32.963	-13.921	-158.642	-149.142	761.416	-951.407	73.473	-73.473	4.342	-9.127	3/4지점
82	-32.963	-13.921	-157.632	-178.796	782.101	-944.578	73.473	-73.473	4.342	-9.127	J지점
83	-40.393	-18.895	-197.907	-107.776	838.573	-1117.581	105.610	-105.610	4.696	-12.397	I지점
83	-40.393	-18.895	-196.897	-137.399	845.310	-1110.738	105.610	-105.610	4.696	-12.397	1/4지점
83	-40.393	-18.895	-195.888	-167.022	862.761	-1103.894	105.610	-105.610	4.696	-12.397	2/4지점
83	-40.393	-18.895	-194.879	-196.646	881.580	-1097.050	105.610	-105.610	4.696	-12.397	3/4지점
83	-40.393	-18.895	-193.869	-226.269	901.395	-1090.206	105.610	-105.610	4.696	-12.397	J지점
84	-34.163	-23.026	-185.990	-140.683	993.552	-1327.410	135.157	-135.157	5.901	-16.128	I지점
84	-34.163	-23.026	-185.061	-170.275	997.084	-1317.853	135.157	-135.157	5.901	-16.128	1/4지점
84	-34.163	-23.026	-184.288	-199.866	1013.998	-1308.296	135.157	-135.157	5.901	-16.128	2/4지점
84	-34.163	-23.026	-183.673	-229.457	1031.990	-1298.739	135.157	-135.157	5.901	-16.128	3/4지점
84	-34.163	-23.026	-183.215	-259.049	1050.697	-1289.182	135.157	-135.157	5.901	-16.128	J지점
85	-16.848	-25.358	-127.292	-155.038	1149.887	-1486.650	158.276	-158.276	7.870	-19.859	I지점
85	-16.848	-25.358	-126.913	-184.602	1155.510	-1477.102	158.276	-158.276	7.870	-19.859	1/4지점
85	-16.848	-25.358	-126.534	-214.166	1172.427	-1467.554	158.276	-158.276	7.870	-19.859	2/4지점
85	-16.848	-25.358	-126.155	-243.730	1190.512	-1458.006	158.276	-158.276	7.870	-19.859	3/4지점
85	-16.848	-25.358	-125.776	-273.295	1209.407	-1448.457	158.276	-158.276	7.870	-19.859	J지점
86	21.521	-32.542	-7.842	-141.264	1328.626	-1621.339	180.036	-180.036	10.160	-24.045	I지점
86	21.521	-32.542	-7.464	-170.794	1333.655	-1611.802	180.036	-180.036	10.160	-24.045	1/4지점
86	21.521	-32.542	-7.085	-200.324	1351.318	-1602.265	180.036	-180.036	10.160	-24.045	2/4지점
86	21.521	-32.542	-6.707	-229.854	1369.500	-1592.728	180.036	-180.036	10.160	-24.045	3/4지점
86	21.521	-32.542	-6.329	-259.383	1388.022	-1583.190	180.036	-180.036	10.160	-24.045	J지점
87	101.642	-54.127	118.262	-99.884	1504.558	-1763.405	214.665	-214.665	11.856	-26.331	I지점
87	101.642	-54.127	118.640	-129.387	1506.115	-1753.876	214.665	-214.665	11.856	-26.331	1/4지점
87	101.642	-54.127	119.018	-158.891	1523.174	-1744.348	214.665	-214.665	11.856	-26.331	2/4지점
87	101.642	-54.127	119.396	-188.395	1543.306	-1734.819	214.665	-214.665	11.856	-26.331	3/4지점
87	101.642	-54.127	119.774	-217.898	1564.134	-1725.290	214.665	-214.665	11.856	-26.331	J지점
88	212.801	-77.403	260.391	-11.466	1620.273	-1874.697	262.029	-262.029	10.503	-23.198	I지점
88	212.801	-77.403	260.675	-40.940	1621.710	-1865.178	262.029	-262.029	10.503	-23.198	1/4지점
88	212.801	-77.403	260.772	-70.413	1627.274	-1855.659	262.029	-262.029	10.503	-23.198	2/4지점
88	212.801	-77.403	260.680	-99.887	1650.928	-1846.140	262.029	-262.029	10.503	-23.198	3/4지점
88	212.801	-77.403	260.402	-129.360	1675.429	-1836.636	262.029	-262.029	10.503	-23.198	J지점
89	284.536	-79.728	295.704	89.484	1820.769	-1835.685	225.285	-225.285	4.063	-11.353	I지점
89	284.536	-79.728	295.406	65.926	1820.769	-1830.242	225.285	-225.285	4.063	-11.353	1/4지점
89	284.536	-79.728	295.109	42.369	1820.769	-1824.800	225.285	-225.285	4.063	-11.353	2/4지점
89	284.536	-79.728	294.811	18.811	1821.329	-1819.918	225.285	-225.285	4.063	-11.353	3/4지점
89	284.536	-79.728	294.513	-4.746	1824.151	-1817.297	225.285	-225.285	4.063	-11.353	J지점
90	339.504	-60.258	297.838	212.075	1980.767	-1619.828	332.963	-332.963	4.922	-4.782	I지점
90	339.504	-60.258	297.466	182.661	1984.246	-1616.511	332.963	-332.963	4.922	-4.782	1/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
90	339.504	-60.258	297.094	153.247	1990.722	-1616.191	332.963	-332.963	4.922	-4.782	2/4지점
90	339.504	-60.258	296.722	123.833	1997.517	-1616.191	332.963	-332.963	4.922	-4.782	3/4지점
90	339.504	-60.258	296.350	94.418	2004.313	-1616.191	332.963	-332.963	4.922	-4.782	J지점
91	342.695	-46.135	276.321	293.086	1946.753	-1544.962	324.673	-324.673	16.443	-10.546	I지점
91	342.695	-46.135	276.074	263.699	1956.244	-1520.586	324.673	-324.673	16.443	-10.546	1/4지점
91	342.695	-46.135	276.077	234.312	1965.735	-1501.355	324.673	-324.673	16.443	-10.546	2/4지점
91	342.695	-46.135	276.330	204.925	1975.225	-1498.729	324.673	-324.673	16.443	-10.546	3/4지점
91	342.695	-46.135	276.833	175.537	1984.717	-1498.091	324.673	-324.673	16.443	-10.546	J지점
92	272.431	-28.640	219.583	336.597	1719.706	-1420.704	241.990	-241.990	19.759	-12.041	I지점
92	272.431	-28.640	220.210	307.236	1729.188	-1399.387	241.990	-241.990	19.759	-12.041	1/4지점
92	272.431	-28.640	220.837	277.876	1738.671	-1378.627	241.990	-241.990	19.759	-12.041	2/4지점
92	272.431	-28.640	221.464	248.515	1748.153	-1364.356	241.990	-241.990	19.759	-12.041	3/4지점
92	272.431	-28.640	222.090	219.155	1757.635	-1363.509	241.990	-241.990	19.759	-12.041	J지점
93	198.563	-15.310	195.091	353.578	1492.767	-1263.084	185.764	-185.764	18.832	-11.771	I지점
93	198.563	-15.310	195.748	324.251	1502.238	-1242.903	185.764	-185.764	18.832	-11.771	1/4지점
93	198.563	-15.310	196.467	294.923	1511.710	-1223.399	185.764	-185.764	18.832	-11.771	2/4지점
93	198.563	-15.310	197.249	265.596	1521.181	-1204.926	185.764	-185.764	18.832	-11.771	3/4지점
93	198.563	-15.310	198.092	236.269	1530.653	-1195.181	185.764	-185.764	18.832	-11.771	J지점
94	188.350	-10.194	244.563	330.980	1341.582	-1110.254	156.965	-156.965	16.483	-10.896	I지점
94	188.350	-10.194	245.437	301.682	1351.044	-1090.954	156.965	-156.965	16.483	-10.896	1/4지점
94	188.350	-10.194	246.311	272.384	1360.506	-1072.725	156.965	-156.965	16.483	-10.896	2/4지점
94	188.350	-10.194	247.185	243.086	1369.968	-1055.889	156.965	-156.965	16.483	-10.896	3/4지점
94	188.350	-10.194	248.059	213.788	1379.430	-1048.186	156.965	-156.965	16.483	-10.896	J지점
95	178.560	-7.273	264.878	298.612	1152.156	-975.876	132.769	-132.769	14.330	-10.139	I지점
95	178.560	-7.273	265.751	269.344	1161.609	-956.845	132.769	-132.769	14.330	-10.139	1/4지점
95	178.560	-7.273	266.624	240.077	1171.061	-938.881	132.769	-132.769	14.330	-10.139	2/4지점
95	178.560	-7.273	267.497	210.810	1180.513	-927.305	132.769	-132.769	14.330	-10.139	3/4지점
95	178.560	-7.273	268.371	181.542	1189.966	-927.305	132.769	-132.769	14.330	-10.139	J지점
96	143.213	-3.592	234.834	254.461	986.293	-856.086	102.659	-102.659	11.825	-9.212	I지점
96	143.213	-3.592	235.629	225.221	993.048	-836.687	102.659	-102.659	11.825	-9.212	1/4지점
96	143.213	-3.592	236.268	195.980	999.804	-818.556	102.659	-102.659	11.825	-9.212	2/4지점
96	143.213	-3.592	236.752	166.740	1006.559	-801.974	102.659	-102.659	11.825	-9.212	3/4지점
96	143.213	-3.592	237.080	137.499	1013.315	-799.826	102.659	-102.659	11.825	-9.212	J지점
97	106.570	-1.175	188.586	202.039	844.592	-754.633	70.561	-70.561	9.389	-8.210	I지점
97	106.570	-1.175	188.837	172.818	850.822	-735.094	70.561	-70.561	9.389	-8.210	1/4지점
97	106.570	-1.175	189.087	143.596	857.573	-716.488	70.561	-70.561	9.389	-8.210	2/4지점
97	106.570	-1.175	189.338	114.375	864.325	-699.092	70.561	-70.561	9.389	-8.210	3/4지점
97	106.570	-1.175	189.588	85.154	871.077	-683.250	70.561	-70.561	9.389	-8.210	J지점
98	49.785	1.961	107.974	139.720	720.559	-685.564	33.230	-33.230	6.776	-7.066	I지점
98	49.785	1.961	108.178	110.497	723.556	-664.818	33.230	-33.230	6.776	-7.066	1/4지점
98	49.785	1.961	108.289	81.274	728.703	-645.244	33.230	-33.230	6.776	-7.066	2/4지점
98	49.785	1.961	108.307	52.050	735.395	-627.115	33.230	-33.230	6.776	-7.066	3/4지점
98	49.785	1.961	108.232	22.827	742.147	-610.748	33.230	-33.230	6.776	-7.066	J지점
99	-3.835	4.422	27.534	75.469	623.851	-643.427	7.925	-7.925	4.554	-6.135	I지점
99	-3.835	4.422	27.412	46.242	623.925	-636.748	7.925	-7.925	4.554	-6.135	1/4지점
99	-3.835	4.422	27.291	17.016	625.547	-631.617	7.925	-7.925	4.554	-6.135	2/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
99	-3.835	4.422	27.169	-12.211	629.306	-628.623	7.925	-7.925	4.554	-6.135	3/4지점
99	-3.835	4.422	27.048	-41.437	640.742	-627.722	7.925	-7.925	4.554	-6.135	J지점
100	-63.111	6.783	-64.056	4.601	634.958	-806.602	43.445	-43.445	4.196	-5.258	I지점
100	-63.111	6.783	-64.178	-24.620	650.705	-799.851	43.445	-43.445	4.196	-5.258	1/4지점
100	-63.111	6.783	-64.299	-53.842	668.082	-793.098	43.445	-43.445	4.196	-5.258	2/4지점
100	-63.111	6.783	-64.421	-83.063	686.834	-786.598	43.445	-43.445	4.196	-5.258	3/4지점
100	-63.111	6.783	-64.542	-112.285	706.696	-781.905	43.445	-43.445	4.196	-5.258	J지점
101	-118.740	8.786	-150.287	-64.270	735.297	-993.284	81.156	-81.156	5.560	-4.556	I지점
101	-118.740	8.786	-150.408	-93.497	749.675	-986.532	81.156	-81.156	5.560	-4.556	1/4지점
101	-118.740	8.786	-150.530	-122.723	766.119	-979.779	81.156	-81.156	5.560	-4.556	2/4지점
101	-118.740	8.786	-150.651	-151.950	783.954	-973.026	81.156	-81.156	5.560	-4.556	3/4지점
101	-118.740	8.786	-150.772	-181.176	802.936	-966.273	81.156	-81.156	5.560	-4.556	J지점
102	-187.098	11.502	-253.170	-134.276	872.696	-1214.310	119.653	-119.653	6.717	-3.943	I지점
102	-187.098	11.502	-253.245	-163.499	875.552	-1204.871	119.653	-119.653	6.717	-3.943	1/4지점
102	-187.098	11.502	-253.227	-192.722	891.316	-1195.432	119.653	-119.653	6.717	-3.943	2/4지점
102	-187.098	11.502	-253.116	-221.945	908.623	-1185.994	119.653	-119.653	6.717	-3.943	3/4지점
102	-187.098	11.502	-252.912	-251.167	927.202	-1178.536	119.653	-119.653	6.717	-3.943	J지점
103	-262.125	14.261	-360.618	-204.185	1029.941	-1457.586	160.121	-160.121	7.665	-3.414	I지점
103	-262.125	14.261	-360.336	-233.413	1030.081	-1448.146	160.121	-160.121	7.665	-3.414	1/4지점
103	-262.125	14.261	-359.993	-262.641	1040.309	-1438.705	160.121	-160.121	7.665	-3.414	2/4지점
103	-262.125	14.261	-359.587	-291.869	1057.857	-1429.265	160.121	-160.121	7.665	-3.414	3/4지점
103	-262.125	14.261	-359.119	-321.097	1076.754	-1419.825	160.121	-160.121	7.665	-3.414	J지점
104	-299.676	15.403	-410.035	-260.043	1164.293	-1606.396	195.983	-195.983	8.024	-3.054	I지점
104	-299.676	15.403	-409.587	-283.422	1164.456	-1598.845	195.983	-195.983	8.024	-3.054	1/4지점
104	-299.676	15.403	-409.039	-306.801	1173.999	-1591.294	195.983	-195.983	8.024	-3.054	2/4지점
104	-299.676	15.403	-408.391	-330.180	1190.075	-1583.743	195.983	-195.983	8.024	-3.054	3/4지점
104	-299.676	15.403	-407.644	-353.559	1207.573	-1576.192	195.983	-195.983	8.024	-3.054	J지점
105	-332.068	16.245	-458.520	-294.236	1215.817	-1660.916	222.952	-222.952	8.078	-2.976	I지점
105	-332.068	16.245	-457.723	-317.613	1221.771	-1653.366	222.952	-222.952	8.078	-2.976	1/4지점
105	-332.068	16.245	-456.927	-340.989	1240.466	-1645.815	222.952	-222.952	8.078	-2.976	2/4지점
105	-332.068	16.245	-456.130	-364.366	1260.842	-1638.265	222.952	-222.952	8.078	-2.976	3/4지점
105	-332.068	16.245	-455.334	-387.743	1282.677	-1630.714	222.952	-222.952	8.078	-2.976	J지점
106	-302.215	14.220	-424.730	-223.369	1010.184	-1413.078	221.543	-221.543	6.404	-2.478	I지점
106	-302.215	14.220	-424.082	-242.369	1024.324	-1406.942	221.543	-221.543	6.404	-2.478	1/4지점
106	-302.215	14.220	-422.777	-261.368	1042.885	-1400.805	221.543	-221.543	6.404	-2.478	2/4지점
106	-302.215	14.220	-420.700	-280.367	1063.026	-1395.102	221.543	-221.543	6.404	-2.478	3/4지점
106	-302.215	14.220	-418.623	-299.366	1084.581	-1391.600	221.543	-221.543	6.404	-2.478	J지점

2) 활하중 부재력 집계 및 피로하중 작용범위 산정

[DB 하중]

< Girder 1 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	5.155	-2.896	79.589	-797.460	8.051	877.050	A1
	2	2,258.683	-253.477	90.711	-711.248	2,512.160	801.959	
2	2	2,261.650	-256.044	94.695	-730.102	2,517.694	824.797	
	3	4,488.005	-631.726	167.413	-638.795	5,119.731	806.208	
3	3	4,491.369	-635.511	140.162	-667.258	5,126.880	807.420	
	4	6,275.277	-1,027.540	223.705	-589.511	7,302.817	813.216	
4	4	6,279.325	-1,031.818	177.981	-617.383	7,311.143	795.364	
	5	7,987.144	-1,527.325	274.640	-528.459	9,514.469	803.099	
5	5	7,990.713	-1,531.790	228.668	-565.805	9,522.503	794.473	
	6	9,270.982	-2,026.402	316.603	-480.667	11,297.384	797.270	
6	6	9,274.482	-2,030.286	270.110	-518.622	11,304.768	788.731	
	7	10,115.080	-2,522.929	355.205	-434.878	12,638.009	790.083	
7	7	10,117.620	-2,526.107	308.770	-474.100	12,643.727	782.870	
	8	10,541.120	-3,017.844	392.660	-391.070	13,558.964	783.730	
8	8	10,542.080	-3,020.220	353.718	-431.348	13,562.300	785.066	
	9	10,583.260	-3,513.309	437.018	-348.653	14,096.569	785.671	
9	9	10,583.320	-3,514.813	398.907	-389.906	14,098.133	788.813	
	10	10,302.720	-4,010.548	481.901	-307.604	14,313.268	789.505	
10	10	10,301.470	-4,010.979	442.601	-350.686	14,312.449	793.287	
	11	9,689.420	-4,512.628	525.686	-268.321	14,202.048	794.007	
11	11	9,686.676	-4,511.899	486.727	-314.878	14,198.575	801.605	
	12	8,775.832	-5,016.817	569.785	-229.902	13,792.649	799.687	
12	12	8,772.411	-5,014.816	527.860	-283.724	13,787.227	811.584	
	13	7,632.099	-5,530.714	609.727	-195.087	13,162.813	804.814	
13	13	7,628.210	-5,527.317	571.671	-247.728	13,155.527	819.399	
	14	6,294.438	-6,050.234	652.900	-161.636	12,344.672	814.536	
14	14	6,290.012	-6,045.292	621.594	-204.197	12,335.304	825.791	
	15	4,789.346	-6,666.055	702.446	-125.041	11,455.401	827.487	
15	15	4,784.778	-6,660.677	663.742	-174.597	11,445.455	838.339	
	16	3,200.523	-7,368.492	744.100	-93.436	10,569.015	837.537	
16	16	3,199.340	-7,362.859	712.723	-134.881	10,562.199	847.603	
	17	2,462.350	-8,211.935	797.040	-60.260	10,674.285	857.300	
17	17	2,459.847	-8,207.128	777.871	-126.984	10,666.975	904.855	
	18	2,711.535	-9,358.652	865.114	-106.513	12,070.187	971.627	P1
18	18	2,709.688	-9,356.294	157.445	-888.030	12,065.982	1,045.475	P1
	19	2,232.396	-7,158.702	159.982	-823.693	9,391.098	983.675	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
19	19	2,231.064	-7,158.850	103.292	-830.096	9,389.914	933.388	
	20	2,178.192	-5,120.101	143.199	-750.443	7,298.293	893.642	
20	20	2,177.087	-5,131.048	103.333	-775.116	7,308.135	878.449	
	21	3,303.682	-4,473.392	171.067	-697.315	7,777.074	868.382	
21	21	3,306.015	-4,476.668	129.308	-722.997	7,782.683	852.305	
	22	4,392.799	-3,975.265	197.638	-645.019	8,368.064	842.657	
22	22	4,395.018	-3,977.686	156.952	-673.369	8,372.704	830.320	
	23	5,355.516	-3,543.852	229.544	-591.780	8,899.368	821.324	
23	23	5,357.028	-3,545.677	190.714	-623.426	8,902.705	814.140	
	24	6,184.706	-3,105.415	269.464	-538.522	9,290.121	807.986	
24	24	6,185.625	-3,106.132	223.785	-575.769	9,291.757	799.554	
	25	6,848.596	-2,661.540	307.011	-488.178	9,510.136	795.189	
25	25	6,849.222	-2,661.423	259.649	-528.348	9,510.645	787.997	
	26	7,313.402	-2,216.846	346.513	-438.832	9,530.248	785.345	
26	26	7,313.137	-2,216.053	301.909	-481.771	9,529.190	783.680	
	27	7,553.530	-1,773.694	391.106	-391.165	9,327.224	782.271	
27	27	7,553.126	-1,772.372	346.817	-434.962	9,325.498	781.779	
	28	7,546.044	-1,724.271	437.360	-344.454	9,270.315	781.814	
28	28	7,545.784	-1,725.048	393.545	-389.013	9,270.832	782.558	
	29	7,292.195	-2,151.725	484.115	-299.916	9,443.920	784.031	
29	29	7,291.850	-2,152.005	440.903	-344.958	9,443.855	785.860	
	30	6,819.293	-2,582.516	530.309	-258.243	9,401.809	788.553	
30	30	6,818.296	-2,582.225	489.828	-306.799	9,400.521	796.627	
	31	6,151.970	-3,015.123	577.281	-223.774	9,167.093	801.055	
31	31	6,150.914	-3,014.202	539.390	-269.761	9,165.116	809.152	
	32	5,326.280	-3,463.068	624.135	-191.210	8,789.348	815.344	
32	32	5,324.943	-3,461.586	591.299	-230.455	8,786.529	821.754	
	33	4,374.649	-3,947.285	672.781	-158.003	8,321.934	830.784	
33	33	4,373.019	-3,945.463	642.385	-198.584	8,318.482	840.969	
	34	3,302.784	-4,467.063	720.433	-130.186	7,769.847	850.619	
34	34	3,301.500	-4,465.041	691.366	-171.579	7,766.541	862.945	
	35	2,198.403	-5,101.247	769.716	-103.295	7,299.650	873.011	
35	35	2,199.607	-5,093.384	739.503	-141.504	7,292.991	881.008	
	36	2,229.410	-7,014.171	820.838	-96.928	9,243.581	917.766	
36	36	2,230.631	-7,013.120	808.072	-146.044	9,243.751	954.115	
	37	2,647.932	-9,032.085	874.991	-140.206	11,680.017	1,015.196	P2
37	37	2,659.006	-9,032.292	109.193	-871.200	11,691.298	980.393	P2
	38	2,481.362	-8,066.349	131.587	-786.832	10,547.711	918.419	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
38	38	2,482.471	-8,067.261	61.997	-804.328	10,549.732	866.324	
	39	3,190.366	-7,322.293	129.827	-721.855	10,512.659	851.683	
39	39	3,190.071	-7,323.594	89.541	-753.745	10,513.665	843.286	
	40	4,774.815	-6,686.148	169.265	-675.196	11,460.963	844.461	
40	40	4,775.815	-6,687.446	120.046	-713.599	11,463.261	833.645	
	41	6,317.939	-6,113.771	197.668	-634.511	12,431.710	832.179	
41	41	6,318.697	-6,115.062	156.307	-663.796	12,433.759	820.103	
	42	7,702.510	-5,626.914	240.925	-584.044	13,329.424	824.969	
42	42	7,702.834	-5,627.603	190.304	-618.775	13,330.437	809.079	
	43	8,888.779	-5,130.199	277.857	-538.189	14,018.978	816.045	
43	43	8,889.003	-5,130.451	226.554	-576.620	14,019.454	803.175	
	44	9,836.039	-4,631.403	310.458	-494.653	14,467.442	805.111	
44	44	9,836.162	-4,631.362	266.392	-530.958	14,467.524	797.351	
	45	10,474.000	-4,127.791	347.621	-448.960	14,601.791	796.581	
45	45	10,473.870	-4,127.511	306.804	-486.176	14,601.381	792.980	
	46	10,772.490	-3,624.797	387.982	-404.241	14,397.287	792.224	
46	46	10,772.180	-3,624.325	349.397	-439.767	14,396.505	789.165	
	47	10,738.580	-3,120.562	431.001	-357.527	13,859.142	788.529	
47	47	10,738.410	-3,119.898	392.854	-394.592	13,858.308	787.446	
	48	10,313.830	-2,615.874	474.800	-311.712	12,929.704	786.512	
48	48	10,313.270	-2,615.054	437.394	-356.362	12,928.324	793.757	
	49	9,463.149	-2,109.909	520.103	-272.216	11,573.058	792.319	
49	49	9,462.555	-2,108.986	483.830	-316.476	11,571.541	800.306	
	50	8,164.253	-1,602.305	567.999	-229.936	9,766.558	797.935	
50	50	8,163.872	-1,601.253	532.067	-274.578	9,765.125	806.645	
	51	6,430.475	-1,094.435	620.090	-179.650	7,524.910	799.740	
51	51	6,429.861	-1,093.453	594.488	-224.407	7,523.314	818.895	
	52	4,615.064	-690.322	671.376	-141.779	5,305.386	813.155	
52	52	4,614.504	-689.451	645.440	-168.886	5,303.955	814.326	
	53	2,353.819	-296.940	735.202	-98.850	2,650.759	834.052	
53	53	2,353.127	-296.449	723.595	-98.878	2,649.576	822.473	
	54	2.052	-1.461	808.739	-91.108	3.513	899.847	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	4.926	-3.321	119.723	-851.077	8.247	970.800	A1
	56	2,517.934	-391.392	119.724	-772.139	2,909.326	891.863	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
55	56	2,521.013	-394.435	103.191	-760.536	2,915.448	863.726	
	57	4,982.069	-818.773	169.580	-670.194	5,800.842	839.774	
56	57	4,987.542	-822.570	142.186	-690.237	5,810.112	832.422	
	58	6,953.834	-1,235.930	226.308	-612.185	8,189.764	838.493	
57	58	6,961.163	-1,240.204	182.036	-633.798	8,201.367	815.833	
	59	8,823.235	-1,749.732	281.199	-544.331	10,572.967	825.530	
58	59	8,830.738	-1,754.006	235.751	-579.387	10,584.744	815.137	
	60	10,205.670	-2,265.894	325.028	-494.114	12,471.564	819.142	
59	60	10,211.810	-2,269.757	281.658	-529.083	12,481.567	810.741	
	61	11,101.300	-2,782.719	366.860	-445.559	13,884.019	812.420	
60	61	11,105.170	-2,785.875	325.779	-481.289	13,891.045	807.068	
	62	11,526.420	-3,299.574	409.425	-398.806	14,825.994	808.232	
61	62	11,528.320	-3,301.930	376.501	-434.458	14,830.250	810.959	
	63	11,520.540	-3,814.349	459.338	-352.516	15,334.889	811.853	
62	63	11,519.040	-3,815.860	426.945	-388.223	15,334.900	815.168	
	64	11,145.710	-4,323.650	509.283	-306.947	15,469.360	816.230	
63	64	11,142.080	-4,324.147	473.864	-345.703	15,466.227	819.567	
	65	10,406.210	-4,828.012	556.192	-264.429	15,234.222	820.621	
64	65	10,400.940	-4,827.412	522.340	-305.959	15,228.352	828.299	
	66	9,336.369	-5,323.242	604.486	-222.545	14,659.611	827.031	
65	66	9,329.611	-5,321.401	570.276	-271.176	14,651.012	841.452	
	67	8,014.553	-5,812.876	650.419	-184.396	13,827.429	834.814	
66	67	8,007.008	-5,809.669	619.626	-232.858	13,816.677	852.484	
	68	6,497.197	-6,292.694	698.322	-148.479	12,789.891	846.801	
67	68	6,489.921	-6,287.857	669.298	-191.102	12,777.778	860.400	
	69	4,871.866	-6,774.859	746.736	-113.700	11,646.725	860.436	
68	69	4,866.742	-6,768.222	699.911	-168.228	11,634.964	868.139	
	70	3,212.078	-7,301.577	777.540	-87.336	10,513.655	864.876	
69	70	3,205.534	-7,292.396	731.952	-132.627	10,497.930	864.580	
	71	2,280.787	-7,911.263	816.064	-68.433	10,192.050	884.497	
70	71	2,278.376	-7,899.277	793.066	-141.833	10,177.653	934.899	
	72	2,341.954	-8,605.680	880.412	-120.973	10,947.634	1,001.384	P1
71	72	2,339.951	-8,593.226	106.914	-865.975	10,933.177	972.889	P1
	73	2,117.116	-7,038.635	123.132	-791.828	9,155.751	914.960	
72	73	2,115.516	-7,026.242	69.633	-815.855	9,141.758	885.488	
	74	2,298.548	-5,436.196	131.483	-729.393	7,734.744	860.877	
73	74	2,303.019	-5,425.973	98.871	-775.338	7,728.992	874.209	
	75	3,464.204	-4,738.841	168.672	-694.958	8,203.045	863.630	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
74	75	3,468.221	-4,743.876	128.844	-736.177	8,212.097	865.021	
	76	4,559.054	-4,207.922	197.274	-657.754	8,766.976	855.027	
75	76	4,563.379	-4,210.967	156.621	-694.767	8,774.346	851.388	
	77	5,557.824	-3,720.915	228.602	-613.216	9,278.739	841.818	
76	77	5,562.278	-3,722.572	189.808	-647.050	9,284.850	836.857	
	78	6,438.631	-3,249.323	268.127	-562.023	9,687.954	830.150	
77	78	6,442.755	-3,249.947	224.200	-598.510	9,692.702	822.710	
	79	7,155.744	-2,784.562	307.268	-510.565	9,940.306	817.832	
78	79	7,158.780	-2,784.363	263.041	-546.911	9,943.143	809.952	
	80	7,657.009	-2,319.183	350.263	-456.702	9,976.192	806.965	
79	80	7,658.639	-2,318.344	308.776	-495.949	9,976.983	804.725	
	81	7,912.973	-1,853.259	398.750	-404.367	9,766.232	803.117	
80	81	7,912.916	-1,851.893	357.529	-444.779	9,764.809	802.307	
	82	7,899.945	-1,798.904	449.071	-353.258	9,698.849	802.329	
81	82	7,898.192	-1,799.732	408.775	-394.395	9,697.924	803.170	
	83	7,616.282	-2,242.924	500.349	-304.483	9,859.206	804.833	
82	83	7,614.132	-2,243.258	461.349	-345.793	9,857.390	807.142	
	84	7,090.239	-2,684.603	551.434	-258.742	9,774.842	810.176	
83	84	7,086.890	-2,684.386	515.585	-303.542	9,771.276	819.127	
	85	6,351.961	-3,122.939	603.264	-220.792	9,474.900	824.057	
84	85	6,347.995	-3,122.110	567.510	-264.321	9,470.105	831.831	
	86	5,455.306	-3,564.188	652.118	-186.459	9,019.494	838.577	
85	86	5,451.332	-3,562.659	619.627	-224.553	9,013.991	844.181	
	87	4,446.340	-4,014.265	700.578	-153.243	8,460.605	853.820	
86	87	4,442.842	-4,011.874	665.829	-196.404	8,454.716	862.233	
	88	3,350.515	-4,495.392	743.306	-128.990	7,845.907	872.296	
87	88	3,347.364	-4,491.982	705.606	-168.396	7,839.346	874.003	
	89	2,241.052	-5,457.256	784.361	-100.269	7,698.308	884.630	
88	89	2,237.929	-5,466.866	744.078	-133.414	7,704.795	877.492	
	90	2,343.779	-7,420.113	827.543	-82.774	9,763.892	910.317	
89	90	2,344.929	-7,428.069	807.748	-140.551	9,772.998	948.299	
	91	2,652.625	-9,176.430	877.806	-129.021	11,829.055	1,006.827	P2
90	91	2,644.024	-9,152.612	106.852	-872.749	11,796.636	979.601	P2
	92	2,493.880	-8,250.757	131.050	-783.701	10,744.637	914.751	
91	92	2,494.939	-8,256.337	62.318	-807.466	10,751.276	869.784	
	93	3,267.607	-7,519.804	134.694	-722.291	10,787.411	856.984	
92	93	3,270.337	-7,523.361	91.346	-766.054	10,793.698	857.400	
	94	4,910.681	-6,903.322	172.412	-687.199	11,814.003	859.611	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
93	94	4,912.269	-6,905.479	119.666	-732.914	11,817.748	852.580	
	95	6,498.326	-6,353.012	197.364	-654.330	12,851.338	851.694	
94	95	6,500.550	-6,354.205	155.296	-684.347	12,854.755	839.644	
	96	7,948.031	-5,822.658	239.733	-604.856	13,770.689	844.589	
95	96	7,950.213	-5,823.279	190.803	-637.863	13,773.492	828.667	
	97	9,198.773	-5,300.829	277.452	-557.281	14,499.602	834.734	
96	97	9,200.649	-5,301.039	227.963	-593.904	14,501.688	821.867	
	98	10,203.810	-4,787.551	311.071	-511.663	14,991.361	822.734	
97	98	10,205.060	-4,787.473	268.751	-547.134	14,992.533	815.885	
	99	10,890.090	-4,273.999	350.131	-464.807	15,164.089	814.938	
98	99	10,891.000	-4,273.704	310.156	-501.443	15,164.704	811.599	
	100	11,225.800	-3,761.443	391.504	-419.147	14,987.243	810.651	
99	100	11,226.210	-3,760.958	354.180	-453.286	14,987.168	807.466	
	101	11,213.580	-3,247.791	436.121	-370.536	14,461.371	806.656	
100	101	11,213.090	-3,247.110	399.277	-404.801	14,460.200	804.078	
	102	10,787.930	-2,734.323	481.691	-321.329	13,522.253	803.020	
101	102	10,786.980	-2,733.546	444.943	-364.372	13,520.526	809.315	
	103	9,914.516	-2,221.753	528.280	-279.445	12,136.269	807.725	
102	103	9,912.864	-2,220.819	492.481	-323.407	12,133.683	815.888	
	104	8,572.787	-1,709.621	577.451	-234.765	10,282.408	812.216	
103	104	8,570.715	-1,708.565	541.929	-280.443	10,279.280	822.372	
	105	6,766.452	-1,198.627	631.002	-182.340	7,965.079	813.341	
104	105	6,764.604	-1,197.695	607.700	-226.722	7,962.299	834.422	
	106	4,864.636	-786.365	685.417	-143.018	5,651.001	828.435	
105	106	4,863.207	-785.461	663.156	-170.237	5,648.668	833.393	
	107	2,489.687	-368.675	753.313	-102.950	2,858.362	856.263	
106	107	2,488.927	-367.995	756.377	-111.767	2,856.922	868.144	
	108	1.998	-1.799	839.129	-111.764	3.797	950.894	A2

[DL 하중]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	8.539	-4.720	158.692	-1,064.128	13.259	1,222.820	A1
	2	2,874.982	-490.291	190.826	-970.523	3,365.273	1,161.349	
2	2	2,880.129	-496.032	204.376	-980.125	3,376.161	1,184.501	
	3	6,041.430	-1,213.624	260.484	-881.094	7,255.054	1,141.578	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
3	3	6,047.774	-1,220.007	247.804	-885.307	7,267.781	1,133.111	
	4	8,752.064	-1,955.312	303.633	-799.593	10,707.376	1,103.226	
4	4	8,759.160	-1,962.284	280.297	-796.193	10,721.444	1,076.490	
	5	11,525.110	-2,890.575	350.845	-698.786	14,415.685	1,049.631	
5	5	11,532.080	-2,898.488	323.611	-700.964	14,430.568	1,024.575	
	6	13,675.010	-3,830.512	396.189	-609.683	17,505.522	1,005.872	
6	6	13,680.590	-3,838.130	367.352	-615.691	17,518.720	983.043	
	7	15,227.830	-4,766.911	442.689	-528.594	19,994.741	971.283	
7	7	15,231.660	-4,773.123	417.205	-540.240	20,004.783	957.444	
	8	16,196.210	-5,700.479	495.441	-456.743	21,896.689	952.183	
8	8	16,198.300	-5,705.224	476.962	-473.281	21,903.524	950.243	
	9	16,593.400	-6,635.484	558.328	-393.156	23,228.884	951.484	
9	9	16,593.540	-6,638.454	544.173	-413.665	23,231.994	957.838	
	10	16,422.780	-7,573.890	628.753	-336.819	23,996.670	965.572	
10	10	16,421.050	-7,574.796	618.781	-361.802	23,995.846	980.583	
	11	15,698.990	-8,845.005	706.669	-287.915	24,543.995	994.584	
11	11	15,695.290	-8,843.750	702.387	-314.942	24,539.040	1,017.329	
	12	14,420.110	-9,934.147	793.573	-244.471	24,354.257	1,038.044	
12	12	14,414.750	-9,930.295	795.739	-276.529	24,345.045	1,072.268	
	13	12,617.480	-10,945.550	889.736	-209.796	23,563.030	1,099.532	
13	13	12,610.510	-10,938.800	901.850	-240.660	23,549.310	1,142.510	
	14	10,269.810	-12,060.070	999.165	-178.474	22,329.880	1,177.638	
14	14	10,261.230	-12,050.050	1,022.796	-205.230	22,311.280	1,228.026	
	15	7,593.404	-13,209.990	1,124.138	-149.063	20,803.394	1,273.201	
15	15	7,582.730	-13,198.310	1,165.690	-182.937	20,781.040	1,348.627	
	16	5,798.518	-16,523.940	1,270.559	-129.519	22,322.458	1,400.078	
16	16	5,791.418	-16,514.380	1,352.417	-162.951	22,305.798	1,515.368	
	17	4,825.418	-21,683.970	1,464.135	-119.267	26,509.388	1,583.402	
17	17	4,820.920	-21,677.970	1,627.307	-202.372	26,498.890	1,829.679	
	18	4,860.830	-28,918.260	1,749.827	-181.106	33,779.090	1,930.933	P1
18	18	4,857.216	-28,916.720	367.608	-1,766.994	33,773.936	2,134.602	P1
	19	4,148.083	-22,853.410	380.299	-1,669.226	27,001.493	2,049.525	
19	19	4,145.859	-22,856.630	243.519	-1,491.287	27,002.489	1,734.806	
	20	4,022.288	-17,053.880	265.308	-1,378.977	21,076.168	1,644.285	
20	20	4,021.447	-17,062.180	205.214	-1,286.001	21,083.627	1,491.215	
	21	4,354.084	-12,663.250	253.671	-1,180.543	17,017.334	1,434.214	
21	21	4,355.105	-12,671.260	222.757	-1,138.660	17,026.365	1,361.417	
	22	4,966.324	-9,316.318	275.511	-1,037.656	14,282.642	1,313.167	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
22	22	4,967.334	-9,322.837	246.766	-1,010.286	14,290.171	1,257.052	
	23	5,847.266	-7,151.457	305.803	-911.652	12,998.723	1,217.455	
23	23	5,847.262	-7,150.735	278.320	-896.624	12,997.997	1,174.945	
	24	7,035.688	-5,934.236	343.900	-800.441	12,969.924	1,144.341	
24	24	7,036.073	-5,938.007	314.403	-795.961	12,974.080	1,110.364	
	25	8,655.499	-5,734.752	385.552	-702.180	14,390.251	1,087.732	
25	25	8,655.537	-5,737.066	358.071	-706.133	14,392.603	1,064.204	
	26	9,724.885	-5,587.789	434.323	-615.082	15,312.674	1,049.406	
26	26	9,724.611	-5,588.896	410.045	-626.374	15,313.507	1,036.419	
	27	10,254.240	-5,544.877	490.745	-538.341	15,799.117	1,029.086	
27	27	10,253.680	-5,544.561	470.150	-555.092	15,798.241	1,025.242	
	28	10,240.830	-5,509.015	554.866	-470.541	15,749.845	1,025.407	
28	28	10,240.010	-5,507.290	538.573	-491.635	15,747.300	1,030.207	
	29	9,686.246	-5,481.973	626.737	-411.104	15,168.219	1,037.841	
29	29	9,685.194	-5,478.902	615.815	-435.772	15,164.096	1,051.587	
	30	8,595.816	-5,467.928	706.907	-359.683	14,063.744	1,066.591	
30	30	8,594.689	-5,463.793	703.321	-387.542	14,058.482	1,090.863	
	31	6,960.218	-5,544.460	797.117	-316.574	12,504.678	1,113.691	
31	31	6,959.056	-5,539.263	801.744	-345.942	12,498.319	1,147.686	
	32	5,826.553	-6,904.042	897.855	-280.487	12,730.595	1,178.342	
32	32	5,827.000	-6,900.641	912.449	-307.358	12,727.641	1,219.807	
	33	4,977.159	-9,279.839	1,010.981	-248.365	14,256.998	1,259.346	
33	33	4,977.006	-9,275.198	1,037.001	-275.948	14,252.204	1,312.949	
	34	4,385.022	-12,648.050	1,137.865	-223.060	17,033.072	1,360.925	
34	34	4,384.931	-12,642.870	1,176.114	-250.985	17,027.801	1,427.099	
	35	4,048.880	-17,043.270	1,281.511	-202.134	21,092.150	1,483.645	
35	35	4,049.979	-17,038.370	1,363.000	-243.582	21,088.349	1,606.582	
	36	4,128.829	-22,772.890	1,475.544	-221.460	26,901.719	1,697.004	
36	36	4,130.403	-22,771.710	1,631.616	-333.551	26,902.113	1,965.167	
	37	4,791.975	-28,698.230	1,730.088	-319.305	33,490.205	2,049.393	P2
37	37	4,810.553	-28,725.290	182.785	-1,714.755	33,535.843	1,897.540	P2
	38	4,823.949	-21,726.480	204.499	-1,593.253	26,550.429	1,797.752	
38	38	4,828.962	-21,731.320	115.841	-1,448.637	26,560.282	1,564.478	
	39	5,806.281	-16,660.240	150.315	-1,337.280	22,466.521	1,487.595	
39	39	5,808.371	-16,666.210	119.950	-1,269.400	22,474.581	1,389.350	
	40	7,612.784	-13,292.720	171.964	-1,164.718	20,905.504	1,336.682	
40	40	7,615.206	-13,298.140	141.043	-1,130.369	20,913.346	1,271.412	
	41	10,345.900	-12,102.010	195.707	-1,029.071	22,447.910	1,224.778	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
41	41	10,345.730	-12,104.680	171.690	-1,007.505	22,450.410	1,179.195	
	42	12,798.490	-11,149.610	232.472	-910.084	23,948.100	1,142.556	
42	42	12,797.900	-11,151.000	204.983	-898.368	23,948.900	1,103.351	
	43	14,675.210	-10,065.200	270.452	-804.324	24,740.410	1,074.777	
43	43	14,674.520	-10,065.680	241.935	-801.734	24,740.200	1,043.669	
	44	16,001.460	-8,758.710	311.348	-710.554	24,760.170	1,021.902	
44	44	16,000.920	-8,758.627	287.310	-714.725	24,759.547	1,002.035	
	45	16,755.170	-7,806.662	360.272	-627.023	24,561.832	987.295	
45	45	16,754.770	-7,806.110	337.769	-636.777	24,560.880	974.546	
	46	16,944.380	-6,855.836	413.799	-552.424	23,800.216	966.223	
46	46	16,944.000	-6,854.904	396.122	-565.523	23,798.904	961.646	
	47	16,551.360	-5,902.619	475.549	-484.496	22,453.979	960.045	
47	47	16,550.930	-5,901.304	461.060	-501.828	22,452.234	962.887	
	48	15,576.220	-4,948.774	543.926	-423.966	20,524.994	967.892	
48	48	15,576.050	-4,947.147	533.751	-448.085	20,523.197	981.836	
	49	14,010.130	-3,992.827	620.314	-373.176	18,002.957	993.490	
49	49	14,010.100	-3,990.972	615.409	-400.562	18,001.072	1,015.971	
	50	11,841.110	-3,034.188	706.226	-328.471	14,875.298	1,034.697	
50	50	11,841.200	-3,032.729	704.654	-354.369	14,873.929	1,059.023	
	51	9,045.263	-2,081.771	801.653	-284.320	11,127.034	1,085.973	
51	51	9,045.428	-2,080.316	808.337	-307.450	11,125.744	1,115.787	
	52	6,305.593	-1,324.015	893.766	-252.181	7,629.608	1,145.947	
52	52	6,305.808	-1,322.632	895.390	-267.363	7,628.440	1,162.753	
	53	3,088.154	-574.008	993.780	-212.044	3,662.162	1,205.823	
53	53	3,088.395	-573.001	1,015.331	-211.422	3,661.396	1,226.753	
	54	2.993	-2.125	1,109.790	-181.843	5.119	1,291.633	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	8.492	-5.389	239.446	-1,237.949	13.881	1,477.395	A1
	56	3,520.025	-742.671	259.592	-1,146.206	4,262.696	1,405.798	
55	56	3,536.264	-748.319	221.619	-1,036.288	4,284.583	1,257.907	
	57	7,022.516	-1,549.131	276.319	-936.414	8,571.647	1,212.733	
56	57	7,042.986	-1,556.214	254.199	-917.583	8,599.200	1,171.782	
	58	9,963.751	-2,335.717	309.555	-830.791	12,299.468	1,140.346	
57	58	9,986.146	-2,343.779	285.380	-815.224	12,329.925	1,100.604	
	59	12,930.980	-3,304.947	356.088	-716.739	16,235.927	1,072.826	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
58	59	12,952.050	-3,313.018	332.536	-716.998	16,265.068	1,049.533	
	60	15,226.980	-4,278.776	405.492	-625.060	19,505.756	1,030.551	
59	60	15,244.140	-4,286.080	381.304	-628.153	19,530.220	1,009.457	
	61	16,869.390	-5,254.021	457.259	-540.818	22,123.411	998.077	
60	61	16,880.850	-5,260.026	437.326	-548.633	22,140.876	985.959	
	62	17,862.840	-6,229.802	516.386	-465.363	24,092.642	981.750	
61	62	17,868.420	-6,234.310	502.613	-476.105	24,102.730	978.717	
	63	18,208.110	-7,201.531	585.147	-396.675	25,409.641	981.822	
62	63	18,207.760	-7,204.442	575.032	-410.026	25,412.202	985.058	
	64	17,900.270	-8,162.895	661.124	-334.363	26,063.165	995.486	
63	64	17,893.840	-8,163.898	652.129	-353.208	26,057.738	1,005.337	
	65	16,966.850	-9,114.988	741.813	-280.842	26,081.838	1,022.655	
64	65	16,954.930	-9,113.933	738.228	-300.939	26,068.863	1,039.167	
	66	15,394.850	-10,050.110	831.520	-232.482	25,444.960	1,064.002	
65	66	15,377.880	-10,046.730	835.586	-255.984	25,424.610	1,091.570	
	67	13,188.880	-11,262.720	931.815	-191.981	24,451.600	1,123.796	
66	67	13,168.170	-11,256.660	942.023	-213.877	24,424.830	1,155.900	
	68	10,322.380	-12,486.420	1,041.601	-154.967	22,808.800	1,196.568	
67	68	10,299.300	-12,477.430	1,055.840	-175.565	22,776.730	1,231.405	
	69	7,482.985	-14,176.590	1,159.130	-122.774	21,659.575	1,281.904	
68	69	7,471.067	-14,177.290	1,168.102	-153.016	21,648.357	1,321.118	
	70	5,668.167	-17,652.230	1,274.490	-102.078	23,320.397	1,376.568	
69	70	5,660.589	-17,655.390	1,288.910	-135.896	23,315.979	1,424.806	
	71	4,547.656	-22,496.770	1,402.166	-112.568	27,044.426	1,514.734	
70	71	4,541.623	-22,497.790	1,463.165	-219.542	27,039.413	1,682.707	
	72	4,210.359	-28,718.750	1,586.847	-210.732	32,929.109	1,797.579	P1
71	72	4,206.749	-28,715.280	215.118	-1,550.080	32,922.029	1,765.198	P1
	73	3,979.448	-23,530.590	233.201	-1,448.528	27,510.038	1,681.729	
72	73	3,976.991	-23,523.310	161.669	-1,398.942	27,500.301	1,560.611	
	74	4,187.907	-18,104.890	195.862	-1,283.913	22,292.797	1,479.775	
73	74	4,187.991	-18,099.860	186.980	-1,265.151	22,287.851	1,452.131	
	75	4,615.353	-13,668.020	236.519	-1,157.977	18,283.373	1,394.496	
74	75	4,616.161	-13,664.520	219.749	-1,150.578	18,280.681	1,370.327	
	76	5,230.677	-10,170.920	272.343	-1,048.041	15,401.597	1,320.384	
75	76	5,233.008	-10,166.460	249.420	-1,036.485	15,399.468	1,285.905	
	77	6,095.324	-7,505.171	307.650	-936.190	13,600.495	1,243.840	
76	77	6,099.938	-7,501.610	283.599	-927.440	13,601.548	1,211.039	
	78	7,209.607	-5,912.488	348.314	-829.529	13,122.095	1,177.843	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
77	78	7,218.761	-5,912.546	321.714	-826.662	13,131.307	1,148.377	
	79	8,972.290	-5,843.479	392.213	-731.270	14,815.769	1,123.483	
78	79	8,980.837	-5,845.907	367.200	-732.240	14,826.744	1,099.440	
	80	10,156.120	-5,816.370	443.318	-639.833	15,972.490	1,083.152	
79	80	10,161.300	-5,817.384	421.249	-647.265	15,978.684	1,068.514	
	81	10,737.510	-5,782.300	502.352	-558.177	16,519.810	1,060.529	
80	81	10,738.810	-5,781.964	484.221	-571.477	16,520.774	1,055.699	
	82	10,713.990	-5,737.894	569.787	-486.262	16,451.884	1,056.049	
81	82	10,711.150	-5,736.207	556.644	-504.495	16,447.357	1,061.139	
	83	10,084.240	-5,681.682	646.052	-423.766	15,765.922	1,069.818	
82	83	10,077.800	-5,678.828	638.811	-446.092	15,756.628	1,084.903	
	84	8,850.792	-5,614.450	731.479	-370.436	14,465.242	1,101.915	
83	84	8,841.207	-5,610.449	730.887	-396.154	14,451.656	1,127.041	
	85	7,090.688	-5,651.011	826.422	-326.248	12,741.699	1,152.670	
84	85	7,084.614	-5,652.104	829.750	-353.274	12,736.718	1,183.023	
	86	6,041.603	-7,259.599	927.711	-289.212	13,301.202	1,216.922	
85	86	6,038.271	-7,264.765	937.445	-313.944	13,303.036	1,251.389	
	87	5,246.164	-9,861.764	1,037.679	-256.493	15,107.928	1,294.172	
86	87	5,245.064	-9,868.614	1,051.005	-280.523	15,113.678	1,331.528	
	88	4,713.307	-13,438.050	1,153.324	-228.887	18,151.357	1,382.211	
87	88	4,713.490	-13,444.740	1,164.520	-248.245	18,158.230	1,412.765	
	89	4,398.167	-17,922.300	1,271.243	-199.956	22,320.467	1,471.199	
88	89	4,398.720	-17,927.540	1,301.032	-220.122	22,326.260	1,521.154	
	90	4,403.813	-23,387.230	1,415.075	-197.914	27,791.043	1,612.989	
89	90	4,405.652	-23,390.090	1,490.165	-294.603	27,795.742	1,784.768	
	91	4,805.252	-28,659.330	1,590.073	-278.454	33,464.582	1,868.527	P2
90	91	4,791.130	-28,643.860	185.413	-1,608.892	33,434.990	1,794.305	P2
	92	4,958.041	-22,417.030	207.119	-1,485.423	27,375.071	1,692.542	
91	92	4,960.726	-22,417.070	111.474	-1,410.087	27,377.796	1,521.561	
	93	6,017.566	-17,572.930	148.408	-1,297.452	23,590.496	1,445.860	
92	93	6,020.241	-17,571.190	116.716	-1,269.525	23,591.431	1,386.241	
	94	7,828.656	-14,213.090	168.438	-1,163.987	22,041.746	1,332.425	
93	94	7,832.828	-14,212.090	136.586	-1,147.379	22,044.918	1,283.965	
	95	10,614.950	-12,336.930	190.267	-1,045.206	22,951.880	1,235.473	
94	95	10,622.570	-12,339.210	167.703	-1,028.703	22,961.780	1,196.406	
	96	13,241.730	-11,011.850	227.433	-930.472	24,253.580	1,157.904	
95	96	13,248.000	-11,012.980	202.971	-919.719	24,260.980	1,122.690	
	97	15,252.370	-10,024.420	267.546	-824.864	25,276.790	1,092.410	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
96	97	15,257.040	-10,024.780	241.484	-821.148	25,281.820	1,062.632	
	98	16,674.400	-9,053.608	310.172	-729.269	25,728.008	1,039.442	
97	98	16,677.520	-9,053.437	288.122	-732.871	25,730.957	1,020.992	
	99	17,495.870	-8,082.432	360.485	-644.519	25,578.302	1,005.005	
98	99	17,497.450	-8,081.854	339.905	-653.566	25,579.304	993.471	
	100	17,727.110	-7,113.225	415.445	-568.665	24,840.335	984.110	
99	100	17,727.050	-7,112.292	399.968	-579.725	24,839.342	979.693	
	101	17,345.410	-6,141.945	479.104	-498.250	23,487.355	977.354	
100	101	17,343.550	-6,140.644	466.859	-513.040	23,484.194	979.900	
	102	16,349.720	-5,171.248	549.629	-434.887	21,520.968	984.516	
101	102	16,346.480	-5,169.777	540.703	-456.340	21,516.257	997.042	
	103	14,737.960	-4,202.369	627.378	-381.211	18,940.329	1,008.589	
102	103	14,733.130	-4,200.605	623.476	-406.425	18,933.735	1,029.901	
	104	12,500.310	-3,234.556	714.593	-334.177	15,734.866	1,048.770	
103	104	12,494.170	-3,232.567	713.975	-358.428	15,726.737	1,072.403	
	105	9,612.925	-2,269.144	811.452	-288.327	11,882.069	1,099.778	
104	105	9,607.116	-2,267.396	823.640	-312.193	11,874.512	1,135.833	
	106	6,766.848	-1,490.329	909.524	-257.130	8,257.177	1,166.654	
105	106	6,760.963	-1,488.648	921.881	-277.021	8,249.611	1,198.902	
	107	3,394.109	-700.767	1,020.566	-222.396	4,094.876	1,242.962	
106	107	3,389.562	-699.536	1,096.383	-247.362	4,089.098	1,343.745	
	108	3.052	-2.526	1,190.083	-223.890	5.579	1,413.973	A2

[풍하중]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	0.736	-0.736	39.959	-39.959	1.471	79.917	A1
	2	117.530	-117.530	34.464	-34.464	235.060	68.929	
2	2	116.973	-116.973	12.411	-12.411	233.946	24.821	
	3	143.035	-143.035	4.961	-4.961	286.071	9.922	
3	3	141.160	-141.160	6.824	-6.824	282.321	13.649	
	4	141.876	-141.876	3.338	-3.338	283.751	6.675	
4	4	139.501	-139.501	5.304	-5.304	279.001	10.609	
	5	135.160	-135.160	5.833	-5.833	270.320	11.666	
5	5	132.757	-132.757	4.616	-4.616	265.513	9.232	
	6	132.116	-132.116	5.646	-5.646	264.231	11.292	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
6	6	130.193	-130.193	4.559	-4.559	260.385	9.117	
	7	129.082	-129.082	5.159	-5.159	258.164	10.318	
7	7	127.717	-127.717	4.650	-4.650	255.433	9.299	
	8	126.887	-126.887	4.995	-4.995	253.775	9.990	
8	8	126.110	-126.110	4.546	-4.546	252.219	9.093	
	9	124.576	-124.576	5.172	-5.172	249.152	10.345	
9	9	124.415	-124.415	4.297	-4.297	248.830	8.594	
	10	121.465	-121.465	5.489	-5.489	242.930	10.978	
10	10	121.953	-121.953	4.175	-4.175	243.906	8.350	
	11	117.098	-117.098	5.905	-5.905	234.196	11.810	
11	11	118.244	-118.244	3.692	-3.692	236.487	7.384	
	12	108.118	-108.118	6.992	-6.992	216.235	13.984	
12	12	109.828	-109.828	2.625	-2.625	219.656	5.251	
	13	94.027	-94.027	9.432	-9.432	188.054	18.864	
13	13	95.655	-95.655	3.551	-3.551	191.311	7.103	
	14	74.844	-74.844	13.613	-13.613	149.688	27.227	
14	14	76.908	-76.908	9.825	-9.825	153.816	19.650	
	15	36.985	-36.985	19.961	-19.961	73.971	39.922	
15	15	39.135	-39.135	17.787	-17.787	78.270	35.574	
	16	137.067	-137.067	27.991	-27.991	274.135	55.983	
16	16	134.795	-134.795	36.662	-36.662	269.590	73.323	
	17	344.084	-344.084	46.937	-46.937	688.168	93.874	
17	17	344.637	-344.637	131.223	-131.223	689.274	262.446	
	18	902.591	-902.591	140.832	-140.832	1,805.183	281.664	P1
18	18	900.452	-900.452	149.702	-149.702	1,800.904	299.403	P1
	19	421.873	-421.873	142.004	-142.004	843.746	284.007	
19	19	420.037	-420.037	50.144	-50.144	840.073	100.288	
	20	194.905	-194.905	39.784	-39.784	389.810	79.569	
20	20	196.138	-196.138	29.458	-29.458	392.276	58.916	
	21	74.531	-74.531	19.108	-19.108	149.062	38.216	
21	21	76.676	-76.676	21.098	-21.098	153.352	42.196	
	22	24.063	-24.063	10.761	-10.761	48.126	21.523	
22	22	22.446	-22.446	15.326	-15.326	44.892	30.652	
	23	51.616	-51.616	5.002	-5.002	103.232	10.005	
23	23	49.259	-49.259	10.961	-10.961	98.519	21.922	
	24	78.327	-78.327	1.646	-1.646	156.655	3.293	
24	24	76.229	-76.229	8.317	-8.317	152.457	16.634	
	25	92.086	-92.086	3.003	-3.003	184.173	6.007	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
25	25	90.282	-90.282	6.552	-6.552	180.565	13.104	
	26	97.333	-97.333	3.788	-3.788	194.666	7.576	
26	26	96.047	-96.047	5.504	-5.504	192.095	11.007	
	27	97.883	-97.883	4.770	-4.770	195.766	9.541	
27	27	97.153	-97.153	4.983	-4.983	194.305	9.966	
	28	96.408	-96.408	5.280	-5.280	192.817	10.560	
28	28	96.295	-96.295	4.520	-4.520	192.590	9.040	
	29	92.536	-92.536	5.875	-5.875	185.072	11.750	
29	29	93.035	-93.035	3.959	-3.959	186.070	7.918	
	30	84.100	-84.100	6.903	-6.903	168.199	13.807	
30	30	85.147	-85.147	3.168	-3.168	170.293	6.336	
	31	67.321	-67.321	8.673	-8.673	134.642	17.346	
31	31	68.842	-68.842	2.032	-2.032	137.684	4.063	
	32	45.935	-45.935	11.258	-11.258	91.870	22.516	
32	32	47.209	-47.209	5.452	-5.452	94.418	10.905	
	33	22.748	-22.748	15.655	-15.655	45.496	31.309	
33	33	24.370	-24.370	11.416	-11.416	48.740	22.832	
	34	93.462	-93.462	21.608	-21.608	186.923	43.216	
34	34	91.361	-91.361	20.188	-20.188	182.722	40.377	
	35	217.918	-217.918	30.372	-30.372	435.835	60.743	
35	35	216.226	-216.226	41.471	-41.471	432.453	82.942	
	36	449.292	-449.292	51.645	-51.645	898.584	103.290	
36	36	449.542	-449.542	146.541	-146.541	899.085	293.082	
	37	927.140	-927.140	153.731	-153.731	1,854.279	307.462	P2
37	37	850.382	-850.382	126.605	-126.605	1,700.763	253.209	P2
	38	376.766	-376.766	117.681	-117.681	753.533	235.362	
38	38	375.600	-375.600	46.307	-46.307	751.199	92.614	
	39	168.937	-168.937	36.276	-36.276	337.875	72.552	
39	39	169.826	-169.826	28.517	-28.517	339.651	57.033	
	40	52.013	-52.013	18.576	-18.576	104.025	37.152	
40	40	53.307	-53.307	20.555	-20.555	106.614	41.109	
	41	41.119	-41.119	10.701	-10.701	82.239	21.402	
41	41	40.090	-40.090	14.104	-14.104	80.179	28.207	
	42	69.633	-69.633	4.337	-4.337	139.265	8.673	
42	42	68.377	-68.377	9.773	-9.773	136.754	19.546	
	43	93.036	-93.036	2.205	-2.205	186.072	4.411	
43	43	91.999	-91.999	7.222	-7.222	183.999	14.444	
	44	104.106	-104.106	3.346	-3.346	208.212	6.692	

< Girder 1 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
44	44	103.287	-103.287	6.204	-6.204	206.575	12.408	
	45	110.509	-110.509	3.397	-3.397	221.017	6.795	
45	45	109.909	-109.909	5.773	-5.773	219.818	11.546	
	46	115.187	-115.187	3.650	-3.650	230.375	7.300	
46	46	114.845	-114.845	5.474	-5.474	229.690	10.948	
	47	118.838	-118.838	3.865	-3.865	237.676	7.729	
47	47	118.748	-118.748	5.354	-5.354	237.496	10.708	
	48	122.354	-122.354	3.899	-3.899	244.709	7.799	
48	48	122.539	-122.539	5.739	-5.739	245.078	11.478	
	49	126.346	-126.346	3.816	-3.816	252.692	7.632	
49	49	126.796	-126.796	6.442	-6.442	253.592	12.885	
	50	130.226	-130.226	3.848	-3.848	260.453	7.697	
50	50	130.952	-130.952	6.613	-6.613	261.904	13.225	
	51	130.442	-130.442	4.593	-4.593	260.885	9.187	
51	51	131.285	-131.285	4.122	-4.122	262.569	8.243	
	52	128.942	-128.942	6.217	-6.217	257.884	12.434	
52	52	129.476	-129.476	4.569	-4.569	258.952	9.139	
	53	110.105	-110.105	11.651	-11.651	220.211	23.302	
53	53	110.280	-110.280	31.637	-31.637	220.560	63.274	
	54	0.491	-0.491	36.488	-36.488	0.982	72.976	A2

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	2.499	-2.499	36.545	-36.545	4.997	73.091	A1
	56	113.175	-113.175	31.354	-31.354	226.350	62.708	
55	56	116.636	-116.636	10.884	-10.884	233.271	21.768	
	57	126.925	-126.925	3.448	-3.448	253.851	6.895	
56	57	130.654	-130.654	5.529	-5.529	261.309	11.058	
	58	134.396	-134.396	6.176	-6.176	268.792	12.351	
57	58	137.363	-137.363	3.997	-3.997	274.726	7.994	
	59	133.690	-133.690	8.286	-8.286	267.380	16.571	
58	59	136.403	-136.403	3.342	-3.342	272.805	6.685	
	60	129.148	-129.148	7.578	-7.578	258.295	15.156	
59	60	131.331	-131.331	3.288	-3.288	262.661	6.576	
	61	123.583	-123.583	6.639	-6.639	247.165	13.277	
60	61	125.092	-125.092	3.342	-3.342	250.184	6.683	
	62	117.413	-117.413	6.344	-6.344	234.825	12.689	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
61	62	118.228	-118.228	3.202	-3.202	236.456	6.405	
	63	109.609	-109.609	6.569	-6.569	219.219	13.139	
62	63	109.740	-109.740	3.380	-3.380	219.480	6.761	
	64	99.168	-99.168	6.991	-6.991	198.337	13.981	
63	64	98.587	-98.587	3.501	-3.501	197.174	7.003	
	65	85.520	-85.520	7.516	-7.516	171.041	15.033	
64	65	84.227	-84.227	3.241	-3.241	168.455	6.481	
	66	65.200	-65.200	8.718	-8.718	130.400	17.435	
65	66	63.216	-63.216	2.215	-2.215	126.432	4.431	
	67	38.860	-38.860	11.339	-11.339	77.719	22.679	
66	67	36.072	-36.072	5.529	-5.529	72.143	11.058	
	68	26.229	-26.229	15.712	-15.712	52.459	31.423	
67	68	29.369	-29.369	11.950	-11.950	58.739	23.900	
	69	117.157	-117.157	22.218	-22.218	234.314	44.436	
68	69	120.707	-120.707	20.245	-20.245	241.414	40.491	
	70	251.364	-251.364	30.598	-30.598	502.728	61.197	
69	70	255.595	-255.595	38.975	-38.975	511.190	77.951	
	71	482.720	-482.720	49.409	-49.409	965.440	98.818	
70	71	486.594	-486.594	134.842	-134.842	973.188	269.683	
	72	1,034.839	-1,034.839	144.396	-144.396	2,069.678	288.792	P1
71	72	1,037.910	-1,037.910	153.525	-153.525	2,075.820	307.049	P1
	73	573.999	-573.999	145.848	-145.848	1,147.998	291.696	
72	73	572.082	-572.082	52.163	-52.163	1,144.165	104.326	
	74	331.071	-331.071	41.605	-41.605	662.142	83.210	
73	74	328.111	-328.111	31.717	-31.717	656.222	63.435	
	75	192.185	-192.185	21.158	-21.158	384.370	42.316	
74	75	189.155	-189.155	23.224	-23.224	378.311	46.448	
	76	96.907	-96.907	12.666	-12.666	193.815	25.333	
75	76	93.989	-93.989	17.277	-17.277	187.978	34.555	
	77	32.313	-32.313	6.720	-6.720	64.625	13.441	
76	77	29.585	-29.585	12.729	-12.729	59.169	25.458	
	78	8.711	-8.711	2.172	-2.172	17.422	4.343	
77	78	11.127	-11.127	9.906	-9.906	22.253	19.811	
	79	34.911	-34.911	1.777	-1.777	69.822	3.553	
78	79	36.855	-36.855	7.879	-7.879	73.709	15.758	
	80	50.221	-50.221	2.809	-2.809	100.443	5.619	
79	80	51.600	-51.600	6.600	-6.600	103.199	13.199	
	81	58.389	-58.389	3.959	-3.959	116.777	7.917	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
80	81	59.159	-59.159	5.766	-5.766	118.317	11.532	
	82	61.663	-61.663	4.792	-4.792	123.326	9.584	
81	82	61.760	-61.760	4.982	-4.982	123.519	9.963	
	83	59.724	-59.724	5.674	-5.674	119.447	11.348	
82	83	59.158	-59.158	3.953	-3.953	118.315	7.905	
	84	50.057	-50.057	7.045	-7.045	100.113	14.090	
83	84	48.848	-48.848	2.681	-2.681	97.696	5.361	
	85	32.900	-32.900	9.154	-9.154	65.801	18.309	
84	85	31.463	-31.463	1.569	-1.569	62.927	3.139	
	86	12.108	-12.108	12.093	-12.093	24.215	24.186	
85	86	10.058	-10.058	6.345	-6.345	20.115	12.690	
	87	69.460	-69.460	16.859	-16.859	138.921	33.718	
86	87	72.046	-72.046	12.670	-12.670	144.091	25.340	
	88	163.692	-163.692	23.171	-23.171	327.384	46.343	
87	88	166.520	-166.520	21.863	-21.863	333.039	43.726	
	89	305.034	-305.034	32.355	-32.355	610.069	64.711	
88	89	308.039	-308.039	43.180	-43.180	616.077	86.361	
	90	555.195	-555.195	53.662	-53.662	1,110.390	107.324	
89	90	557.542	-557.542	154.370	-154.370	1,115.084	308.739	
	91	1,088.294	-1,088.294	161.985	-161.985	2,176.588	323.970	P2
90	91	1,045.089	-1,045.089	135.347	-135.347	2,090.178	270.694	P2
	92	485.284	-485.284	125.882	-125.882	970.568	251.764	
91	92	483.710	-483.710	49.278	-49.278	967.420	98.557	
	93	259.232	-259.232	38.950	-38.950	518.465	77.900	
92	93	257.257	-257.257	31.637	-31.637	514.515	63.273	
	94	122.457	-122.457	21.399	-21.399	244.914	42.798	
93	94	120.652	-120.652	23.313	-23.313	241.305	46.626	
	95	28.045	-28.045	13.168	-13.168	56.089	26.335	
94	95	26.430	-26.430	16.633	-16.633	52.860	33.266	
	96	32.428	-32.428	6.582	-6.582	64.856	13.163	
95	96	33.860	-33.860	12.036	-12.036	67.720	24.072	
	97	69.598	-69.598	2.079	-2.079	139.195	4.158	
96	97	70.772	-70.772	9.213	-9.213	141.544	18.427	
	98	92.410	-92.410	0.654	-0.654	184.820	1.308	
97	98	93.303	-93.303	7.958	-7.958	186.605	15.916	
	99	108.790	-108.790	1.824	-1.824	217.580	3.647	
98	99	109.405	-109.405	7.268	-7.268	218.810	14.537	
	100	121.607	-121.607	2.433	-2.433	243.214	4.866	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
99	100	121.947	-121.947	6.689	-6.689	243.893	13.377	
	101	131.386	-131.386	2.939	-2.939	262.772	5.878	
100	101	131.434	-131.434	6.377	-6.377	262.868	12.754	
	102	139.020	-139.020	3.264	-3.264	278.039	6.527	
101	102	138.755	-138.755	6.283	-6.283	277.510	12.565	
	103	145.095	-145.095	3.470	-3.470	290.190	6.941	
102	103	144.502	-144.502	6.309	-6.309	289.003	12.618	
	104	151.274	-151.274	3.820	-3.820	302.549	7.640	
103	104	150.411	-150.411	5.859	-5.859	300.821	11.719	
	105	159.094	-159.094	4.865	-4.865	318.187	9.731	
104	105	157.911	-157.911	2.578	-2.578	315.822	5.157	
	106	155.061	-155.061	6.793	-6.793	310.122	13.585	
105	106	153.552	-153.552	4.977	-4.977	307.104	9.954	
	107	126.580	-126.580	12.298	-12.298	253.160	24.596	
106	107	124.997	-124.997	34.952	-34.952	249.994	69.904	
	108	1.362	-1.362	40.192	-40.192	2.724	80.385	A2

4.6 반력 집계

(1) G1 최대인 경우

・DB 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	481.848	-18.039	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,373.779	1,722.632	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	61.171	-57.446	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,384.685	3,107.590	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	528.050	-76.303	597.182	-597.182	49.014	-67.781	11,015.384	9,697.055	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	32.870	-48.073	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,077.070	8,368.167	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	517.244	-60.478	577.913	-577.913	39.759	-53.644	10,810.377	9,561.338	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	13.804	-29.252	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,098.256	8,456.906	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	488.153	-31.876	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,773.859	2,104.541	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	27.883	-44.704	138.028	-138.028	10.717	-9.588	2,932.111	2,701.191	170

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	770.077	-29.968	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,662.008	1,710.703	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	238.892	-116.926	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,562.406	3,048.110	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	864.557	-144.973	597.182	-597.182	49.014	-67.781	11,351.891	9,628.385	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	202.243	-49.910	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,246.442	8,366.329	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	831.691	-115.149	577.913	-577.913	39.759	-53.644	11,124.824	9,506.667	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	165.628	-61.210	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,250.080	8,424.947	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	782.200	-57.426	135.074	-135.074	8.961	-5.253	3,067.906	2,078.991	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	189.520	-91.923	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,093.748	2,653.972	170

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	799.027	-41.551	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,690.958	1,699.120	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	506.977	-162.133	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,830.491	3,002.903	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	947.454	-187.647	597.182	-597.182	49.014	-67.781	11,434.788	9,585.711	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	479.780	-63.746	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,523.979	8,352.493	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	886.156	-149.380	577.913	-577.913	39.759	-53.644	11,179.289	9,472.436	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	445.576	-87.029	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,530.028	8,399.128	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	814.925	-70.244	135.074	-135.074	8.961	-5.253	3,100.631	2,066.173	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	458.489	-128.694	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,362.717	2,617.201	170

・DL 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	638.516	-35.919	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,530.447	1,704.751	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	139.823	-113.000	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,463.337	3,052.036	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	1,844.060	-145.443	597.182	-597.182	49.014	-67.781	12,331.394	9,627.915	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	55.980	-115.786	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,100.179	8,300.453	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	1,812.250	-115.359	577.913	-577.913	39.759	-53.644	12,105.383	9,506.457	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	25.490	-76.440	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,109.942	8,409.717	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	694.678	-63.587	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,980.384	2,072.831	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	73.262	-88.207	138.028	-138.028	10.717	-9.588	2,977.490	2,657.688	170

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	999.894	-60.030	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,891.825	1,680.640	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	491.835	-230.477	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,815.349	2,934.559	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	3,048.050	-276.738	597.182	-597.182	49.014	-67.781	13,535.384	9,496.620	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	540.862	-112.228	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,585.061	8,304.011	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	2,974.730	-220.271	577.913	-577.913	39.759	-53.644	13,267.863	9,401.545	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	541.412	-114.912	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,625.864	8,371.245	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	1,109.280	-115.093	135.074	-135.074	8.961	-5.253	3,394.986	2,021.325	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	367.455	-181.016	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,271.683	2,564.879	170

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	1,014.610	-80.108	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,906.541	1,660.563	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	956.447	-321.400	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,279.961	2,843.636	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	3,331.120	-357.853	597.182	-597.182	49.014	-67.781	13,818.454	9,415.505	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	1,418.150	-137.247	598.171	-598.171	18.388	-11.401	10,462.349	8,278.992	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	3,218.560	-285.988	577.913	-577.913	39.759	-53.644	13,511.693	9,335.828	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	1,442.550	-165.017	588.231	-588.231	4.969	-5.095	10,527.002	8,321.140	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	1,149.710	-140.442	135.074	-135.074	8.961	-5.253	3,435.416	1,995.976	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	796.650	-255.149	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,700.878	2,490.746	170

(2) G2 최대인 경우

・DB 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	6.798	-71.256	138.490	-138.490	7.352	-5.418	1,898.729	1,669.415	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	510.071	-75.398	134.095	-134.095	12.155	-12.229	3,833.585	3,089.637	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	102.603	-67.547	597.182	-597.182	49.014	-67.781	10,589.937	9,705.810	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	522.692	-24.629	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,566.891	8,391.610	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	60.069	-54.348	577.913	-577.913	39.759	-53.644	10,353.201	9,567.469	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	521.804	-43.644	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,606.256	8,442.514	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	11.916	-36.540	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,297.621	2,099.878	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	503.514	-61.679	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,407.742	2,684.216	170

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	124.525	-82.671	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,016.456	1,658.000	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	827.934	-140.665	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,151.448	3,024.371	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	314.263	-134.291	597.182	-597.182	49.014	-67.781	10,801.597	9,639.067	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	845.493	-43.795	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,889.692	8,372.444	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	235.098	-107.716	577.913	-577.913	39.759	-53.644	10,528.231	9,514.100	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	842.344	-80.106	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,926.796	8,406.052	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	134.686	-41.303	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,420.392	2,095.114	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	815.664	-114.293	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,719.892	2,631.602	170

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	381.282	-85.397	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,273.213	1,655.274	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	885.725	-177.583	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,209.239	2,987.453	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	591.694	-180.775	597.182	-597.182	49.014	-67.781	11,079.028	9,592.583	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	893.925	-52.427	598.171	-598.171	18.388	-11.401	9,938.124	8,363.813	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	502.744	-144.622	577.913	-577.913	39.759	-53.644	10,795.877	9,477.194	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	884.663	-99.320	588.231	-588.231	4.969	-5.095	9,969.115	8,386.837	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	394.427	-60.437	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,680.133	2,075.980	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	861.048	-143.244	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,765.276	2,602.651	170

・DL 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	12.610	-134.045	138.490	-138.490	7.352	-5.418	1,904.541	1,606.626	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	861.980	-152.992	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,185.494	3,012.044	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	245.033	-135.145	597.182	-597.182	49.014	-67.781	10,732.367	9,638.213	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	1,667.690	-47.816	598.171	-598.171	18.388	-11.401	10,711.889	8,368.423	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	183.154	-109.942	577.913	-577.913	39.759	-53.644	10,476.287	9,511.874	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	1,699.210	-85.623	588.231	-588.231	4.969	-5.095	10,783.662	8,400.535	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	21.848	-92.236	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,307.554	2,044.181	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	799.545	-125.366	138.028	-138.028	10.717	-9.588	3,703.773	2,620.529	170

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	157.096	-149.125	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,049.027	1,591.546	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	1,425.920	-283.264	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,749.434	2,881.772	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	987.577	-256.268	597.182	-597.182	49.014	-67.781	11,474.911	9,517.090	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	2,670.750	-84.300	598.171	-598.171	18.388	-11.401	11,714.949	8,331.939	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	873.319	-207.146	577.913	-577.913	39.759	-53.644	11,166.452	9,414.670	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	2,733.420	-155.620	588.231	-588.231	4.969	-5.095	11,817.872	8,330.537	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	199.344	-109.141	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,485.050	2,027.277	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	1,307.990	-230.558	138.028	-138.028	10.717	-9.588	4,212.218	2,515.337	170

[3차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	480.497	-157.005	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,372.428	1,583.666	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	1,561.890	-355.102	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,885.404	2,809.934	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	1,986.160	-344.524	597.182	-597.182	49.014	-67.781	12,473.494	9,428.834	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	2,785.130	-99.949	598.171	-598.171	18.388	-11.401	11,829.329	8,316.291	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	1,848.740	-277.307	577.913	-577.913	39.759	-53.644	12,141.873	9,344.509	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	2,867.920	-191.144	588.231	-588.231	4.969	-5.095	11,952.372	8,295.013	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	565.991	-145.897	135.074	-135.074	8.961	-5.253	2,851.697	1,990.521	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	1,406.580	-286.819	138.028	-138.028	10.717	-9.588	4,310.808	2,459.076	170

(3) 최대 반력 집계

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	1,014.610	-157.005	138.490	-138.490	7.352	-5.418	2,906.541	1,583.666	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	1,561.890	-355.102	134.095	-134.095	12.155	-12.229	4,885.404	2,809.934	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	3,331.120	-357.853	597.182	-597.182	49.014	-67.781	13,818.454	9,415.505	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	2,785.130	-137.247	598.171	-598.171	18.388	-11.401	11,829.329	8,278.992	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	3,218.560	-285.988	577.913	-577.913	39.759	-53.644	13,511.693	9,335.828	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	2,867.920	-191.144	588.231	-588.231	4.969	-5.095	11,952.372	8,295.013	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	1,149.710	-145.897	135.074	-135.074	8.961	-5.253	3,435.416	1,990.521	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	1,406.580	-286.819	138.028	-138.028	10.717	-9.588	4,310.808	2,459.076	170

(4) 하부 설계시 작용반력

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정 하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	480.497	-157.005	1,014.610	-80.108	480.497	-157.005	2,906.541	1,583.666	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	1,561.890	-355.102	956.447	-321.400	1,561.890	-355.102	4,885.404	2,809.934	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정 하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	1,986.160	-344.524	3,331.120	-357.853	1,986.160	-344.524	13,818.454	9,415.505	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	2,785.130	-99.949	1,418.150	-137.247	2,785.130	-99.949	11,829.329	8,278.992	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정 하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	1,848.740	-277.307	3,218.560	-285.988	1,848.740	-277.307	13,511.693	9,335.828	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	2,867.920	-191.144	1,442.550	-165.017	2,867.920	-191.144	11,952.372	8,295.013	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정 하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	565.991	-145.897	1,149.710	-140.442	565.991	-145.897	3,435.416	1,990.521	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	1,406.580	-286.819	796.650	-255.149	1,406.580	-286.819	4,310.808	2,459.076	170

(5) 부반력 검토

R = $2R_{L+I}$ + R_D or R = R_D + R_W 중 불리한 값을 사용하여 설계한다. (도로교 설계기준 2.4.1.2)

R : 받침반력 (kN)　　R_{L+I} : 충격을 포함한 활하중에 의한 최대 부반력 (kN)

R_t : 고정하중에 의한 받침반력 (kN)　　R_W : 풍하중에 의한 최대 부반력 (kN)

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I}$ + R_D	R_D + R_W		
G1	459.282	-4.505	936.474	424.083	1,815.334	1,014.610	-157.005	122.623	-122.623	1,501.324	1,692.711	-	163
G2	892.781	-21.961	1,617.681	755.811	3,244.312	1,561.890	-355.102	118.462	-118.462	2,534.108	3,125.850	-	167

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I}$ + R_D	R_D + R_W		
G1	2,468.712	937.213	4,590.922	2,142.883	10,139.730	3,331.120	-357.853	541.561	-541.561	9,424.024	9,598.169	-	164
G2	2,271.544	884.094	3,743.745	1,827.343	8,726.726	2,785.130	-137.247	541.567	-541.567	8,452.232	8,185.159	-	168

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I}$ + R_D	R_D + R_W		
G1	2,470.930	918.644	4,470.237	2,104.606	9,964.417	3,218.560	-285.988	523.029	-523.029	9,392.441	9,441.388	-	165
G2	2,246.315	896.553	3,805.174	1,837.326	8,785.368	2,867.920	-191.144	532.327	-532.327	8,403.080	8,253.041	-	169

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I}$ + R_D	R_D + R_W		
G1	578.930	-9.352	1,124.068	515.562	2,209.208	1,149.710	-145.897	119.463	-119.463	1,917.414	2,089.745	-	166
G2	767.298	-17.710	1,416.658	658.250	2,824.497	1,406.580	-286.819	122.255	-122.255	2,250.859	2,702.242	-	170

(6) 허용수평력 검토

1) 원심하중에 의한 수평력 (도로교 설계기준 2.1.17)

$$CF = 0.790 \frac{V^2}{R} = 0.790 \frac{60^2}{300} = 9.48 \quad (\%)$$

P1 = 0.09 x 432 = 41 kN (DB-24)

Rh1 = 41 / 2 = 20 kN

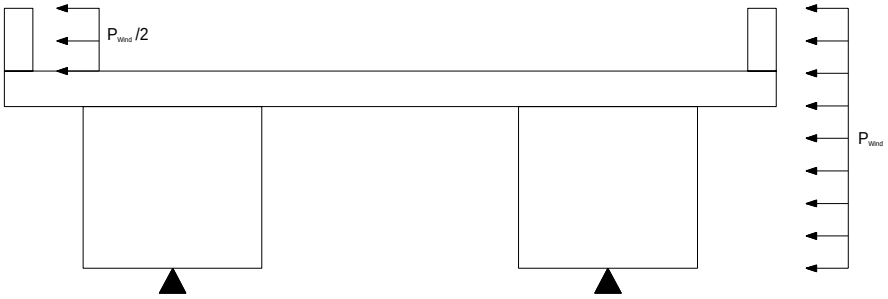
2) 충돌하중에 의한 수평력 (도로교 설계기준 2.4.3)

$$H = (\frac{V}{R})^2 \times 7.50 + 2.50 = (\frac{60}{300})^2 \times 7.50 + 2.50 = 2.80 \quad kN/m$$

P2 = 2.80 x 1 = 2.80 kN

Rh2 = 2.80 / 2 = 1.40 kN

3) 풍하중에 의한 수평력 (도로교 설계기준 2.1.11)



P_{wind} = 3.00 kN/m^2

① 교대부

w_{wind} = 3.00 x 4.600 + 1.50 x 1.270 = 15.71 kN/m

P3-1 = 15.71 x 41.000 = 644 kN/m (A1, A2)

Rh3-1 = 644 / 2 = 322 kN

② 내부지점부

w_{wind} = 3.00 x 5.300 + 1.50 x 1.270 = 18 kN/m

P3-2 = 17.81 x 87.500 = 1,558 kN/m (P1, P2)

Rh3-2 = 1,558 / 2 = 779 kN

4) 수평하중 집계 (단위:kN)

위치	원심하중(Rh1)	충돌하중(Rh2)	풍하중(Rh3)	합계	허용수평력	비고
A1	20.477	1.400	321.953	343.829	416.300	O.K
P1	20.477	1.400	778.969	800.846	994.900	O.K
P2	20.477	1.400	778.969	800.846	994.900	O.K
A2	20.477	1.400	321.953	343.829	368.550	O.K

* 허용수평력은 각지점의 G1, G2의 평균값을 적용함.

4.7 뒴비틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토

1) 합성전 WARPING TORSION 에 대한 검토 (☞ 철.설 9.10.1 ☞ 강교설계의 기초 P168)

비틀림상수비 가장 큰 단면 13 에 대하여 검토함

$B_u = U_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,418.0$ mm

$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,400.0 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,418.0$ mm

$H = h + t_u/2 + t_l/2 = 3,519.0 + 40.0 / 2 + 28.0 / 2 = 3,553.0$ mm

$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,418.0 + 2,418.0) / 2 \times 3,553.0 = 8,591,154.0$ mm^2

$\beta_u = (Bu \times t_u)/(t_w \times H) = (2,418.0 \times 40.0) / (18.0 \times 3,553.0) = 1.512$

$\beta_l = (Bl \times t_l)/(t_w \times H) = (2,418.0 \times 28.0) / (18.0 \times 3,553.0) = 1.059$

$\varepsilon = 2 \times t_u \times t_l / t_w^2 = 2 \times 40.0 \times 28.0 / 18.0^2 = 6.914$

▪ 비틀림 함수

$q' = \{(B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon\} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon)$

$= \{(2,418.0 + 2,418.0)/2 \times 18.0 \times 6.914\} / (1.512 + 1.059 + 6.914) = 31,726.0$

▪ 솟구침 함수(Unit Warping)

$\Delta\omega = \{(B_u + B_l) / 2 / 2 \times H\} + (q' \times H) / t_w$

$= \{(2,418.0 + 2,418.0)/2/2 \times 3,553.0\} + (31,726.0 \times 3,553.0)/18.0 = 10,557,931.4$

$\omega_1 = \{-\Delta\omega \times (\beta_l + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$

$= \{-10,557,931.4 \times (1.059 + 3)\} / (1.512 + 1.059 + 6) = -4,999,525.7$

$\omega_2 = \{\Delta\omega \times (\beta_u + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$

$= \{10,557,931.4 \times (1.512 + 3)\} / (1.512 + 1.059 + 6) = 5,558,405.7$

▪ 솟구침 비틀림 상수

$I_w = H \times t_w/3 \{\omega_1^2(2+\beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2(2+\beta_l)\}$

$= 3,553.0 \times 18.0/3 \times \{-4,999,525.7^2 \times (2 + 1.512) + 2 \times -4,999,525.7$

$\times 5,558,405.66 + 5,558,405.7^2 \times (2 + 1.059)\} = 2.701E+18$ mm^6

▪ 순수 비틀림 상수

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_{hu} + B_l / t_l\}$

$= 4 \times 8,591,154.0^2 / \{(3,553.0 + 3,553.0) / 18.0 + 2,418.0 / 40.0$

$+ 2,418.0 / 28.0\} = 5.451E+11$

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 81,170.0 \times \sqrt{\frac{79,000.0 \times 5.451E+11}{205,000.0 \times 2.701E+18}} = 22.636$$

$\alpha = 22.64 > 10.0$ ※ 검토결과 α > 10이므로 뒴비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(81,170.0 mm)

E_s : 탄성계수(205,000.0 MPa)

G : 전단탄성계수(79,000.0 MPa)

◎ 단면별 비틀림 모멘트 고려범위 판정 결과

구 분	B_u	B_l	H	Tu	t_l	t_w	F(mm^2)	β_u	β_l	ε	q'
단면-1	2,412.0	2,412.0	3,526.0	2.0	12.0	12.0	8.50E+06	0.114	0.684	0.333	8527.5
단면-2	2,412.0	2,412.0	3,526.0	1.9	12.0	12.0	8.50E+06	0.108	0.684	0.317	8264.4
단면-3	2,412.0	2,412.0	3,531.9	1.7	24.0	12.0	8.52E+06	0.097	1.366	0.567	8082.5
단면-4	2,412.0	2,412.0	3,531.9	1.8	24.0	12.0	8.52E+06	0.102	1.366	0.600	8396.6
단면-5	2,412.0	2,412.0	3,535.6	1.1	32.0	12.0	8.53E+06	0.063	1.819	0.489	5969.0
단면-6	2,412.0	2,412.0	3,532.6	1.1	26.0	12.0	8.52E+06	0.063	1.479	0.397	5928.8
단면-7	2,414.0	2,414.0	3,532.6	1.1	26.0	14.0	8.53E+06	0.054	1.269	0.292	6108.5
단면-8	2,414.0	2,414.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	8.52E+06	0.054	0.880	0.202	6013.9
단면-9	2,414.0	2,414.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	8.52E+06	0.054	0.880	0.202	6013.9
단면-10	2,414.0	2,414.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	8.52E+06	0.054	0.880	0.202	6013.9
단면-11	2,416.0	2,416.0	3,528.9	1.7	18.0	16.0	8.53E+06	0.073	0.770	0.239	8540.6
단면-12	2,416.0	2,416.0	3,542.0	24.0	22.0	16.0	8.56E+06	1.023	0.938	4.125	26200.3
단면-13	2,418.0	2,418.0	3,553.0	40.0	28.0	18.0	8.59E+06	1.512	1.059	6.914	31726.0
단면-14	2,418.0	2,418.0	3,553.0	40.0	28.0	18.0	8.59E+06	1.512	1.059	6.914	31726.0
단면-15	2,418.0	2,418.0	3,553.0	40.0	28.0	18.0	8.59E+06	1.512	1.059	6.914	31726.0
단면-16	2,416.0	2,416.0	3,544.0	28.0	22.0	16.0	8.56E+06	1.193	0.937	4.813	26794.7
단면-17	2,416.0	2,416.0	3,544.0	28.0	22.0	16.0	8.56E+06	1.193	0.937	4.813	26794.7
단면-18	2,414.0	2,414.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	8.52E+06	0.054	0.880	0.202	6013.9
단면-19	2,414.0	2,414.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	8.52E+06	0.054	0.880	0.202	6013.9
단면-20	2,412.0	2,412.0	3,526.6	1.1	14.0	12.0	8.51E+06	0.063	0.798	0.214	5761.4
단면-21	2,412.0	2,412.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	8.50E+06	0.063	0.684	0.183	5704.6
단면-22	2,412.0	2,412.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	8.50E+06	0.063	0.684	0.183	5704.6
단면-23	2,416.0	2,416.0	3,531.9	1.7	24.0	16.0	8.53E+06	0.073	1.026	0.319	8692.3
단면-24	2,416.0	2,416.0	3,545.0	28.0	24.0	16.0	8.56E+06	1.193	1.022	5.250	27186.2

구 분	Δω	ω_1	ω_2	L	I_w(mm^6)	K(mm^4)	α	판 정
단면-1	6,758,005.6	-3,662,348.5	3,095,657.1	81,170.0	4.43E+17	1.45E+11	28.84	α >10
단면-2	6,680,611.3	-3,623,448.3	3,057,162.9	81,170.0	4.32E+17	1.41E+11	28.75	α >10
단면-3	6,638,261.4	-3,883,590.0	2,754,671.5	81,170.0	5.05E+17	1.38E+11	26.30	α >10
단면-4	6,730,789.8	-3,934,714.8	2,796,075.0	81,170.0	5.21E+17	1.43E+11	26.41	α >10
단면-5	6,022,505.3	-3,682,404.6	2,340,100.7	81,170.0	4.48E+17	1.02E+11	24.03	α >10
단면-6	6,005,584.8	-3,566,881.0	2,438,703.7	81,170.0	4.17E+17	1.01E+11	24.79	α >10
단면-7	5,805,112.0	-3,384,309.0	2,420,803.0	81,170.0	4.33E+17	1.04E+11	24.70	α >10
단면-8	5,774,703.7	-3,231,270.7	2,543,433.0	81,170.0	3.89E+17	1.02E+11	25.85	α >10
단면-9	5,774,703.7	-3,231,270.7	2,543,433.0	81,170.0	3.89E+17	1.02E+11	25.85	α >10
단면-10	5,774,703.7	-3,231,270.7	2,543,433.0	81,170.0	3.89E+17	1.02E+11	25.85	α >10
단면-11	6,146,512.7	-3,386,502.5	2,760,010.2	81,170.0	4.93E+17	1.46E+11	27.39	α >10
단면-12	10,078,825.7	-4,985,440.9	5,093,384.9	81,170.0	1.90E+18	4.48E+11	24.48	α >10
단면-13	10,557,931.4	-4,999,525.7	5,558,405.7	81,170.0	2.70E+18	5.45E+11	22.64	α >10
단면-14	10,557,931.4	-4,999,525.7	5,558,405.7	93,000.0	2.70E+18	5.45E+11	25.93	α >10
단면-15	10,557,931.4	-4,999,525.7	5,558,405.7	93,000.0	2.70E+18	5.45E+11	25.93	α >10
단면-16	10,216,181.8	-4,947,477.0	5,268,704.9	93,000.0	2.03E+18	4.59E+11	27.43	α >10
단면-17	10,216,181.8	-4,947,477.0	5,268,704.9	93,000.0	2.03E+18	4.59E+11	27.43	α >10
단면-18	5,774,703.7	-3,231,270.7	2,543,433.0	93,000.0	3.89E+17	1.02E+11	29.62	α >10
단면-19	5,774,703.7	-3,231,270.7	2,543,433.0	93,000.0	3.89E+17	1.02E+11	29.62	α >10
단면-20	5,946,172.8	-3,291,710.4	2,654,462.4	93,000.0	3.47E+17	9.80E+10	30.69	α >10
단면-21	5,927,803.1	-3,236,898.4	2,690,904.7	93,000.0	3.33E+17	9.70E+10	31.15	α >10
단면-22	5,927,803.1	-3,236,898.4	2,690,904.7	93,000.0	3.33E+17	9.70E+10	31.15	α >10
단면-23	6,185,229.2	-3,507,972.1	2,677,257.0	93,000.0	5.35E+17	1.48E+11	30.39	α >10
단면-24	10,305,813.1	-5,046,033.5	5,259,779.5	93,000.0	2.11E+18	4.66E+11	27.10	α >10

※ 검토결과 비틀림 상수비 α < 0.4일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, α >10일 경우 뒴비틀림에 대 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

2) 합성후 WARPING TORSION 에 대한 검토

비틀림상수비 가장 큰 단면 13 에 대하여 검토함

$B_u = U_2 + t_w/2 \times 2ea$ = 2,400.0 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,418.0 mm

$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea$ = 2,325.4 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2 = 2,343.4 mm

$H = h + t_u/2 + t_l/2$ = 3,519.0 + 80.0 / 2 + 28.0 / 2 = 3,573.0 mm

$F = (Bu+Bl)/2 \times H$ = (2,418.0 + 2,343.4) / 2 × 3,573.0 = 8,506,241.1 mm^2

$\beta_u = (Bu \times t_u)/(t_w \times H)$ = (2,418.0 × 80.0) / (18.0 × 3,573.0) = 3.008

$\beta_l = (Bl \times t_l)/(t_w \times H)$ = (2,343.4 × 28.0) / (18.0 × 3,573.0) = 1.020

$\varepsilon = 2 \times t_u \times t_l / t_w^2$ = 2 × 80.0 × 28.0 / 18.0² = 13.827

▪ 비틀림 함수

$q' = \{(B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon\} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon)$

= {(2,418.0 + 2,343.4)/2 × 18.0 × 13.827} / (3.008 + 1.020 + 13.82 = 33,185.4

▪ 솟구침 함수(Unit Warping)

$\Delta\omega = \{(B_u + B_l) / 2 / 2 \times H\} + (q' \times H) / t_w$

= {(2,418.0 + 2,343.4)/2/2 × 3,573.0} + (33,185.4 × 3,573.0)/18.0 = 10,840,422.0

$\omega_1 = \{-\Delta\omega \times (\beta_l + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$

= { -10,840,422.0 × (1.020 + 3)} / (3.008 + 1.020 + 6) = -4,345,943.2

$\omega_2 = \{\Delta\omega \times (\beta_u + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$

= {10,840,422.0 × (3.008 + 3)} / (3.008 + 1.020 + 6) = 6,494,478.7

▪ 솟구침 비틀림 상수

$I_w = H \times t_w/3 \{\omega_1^2(2+\beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2(2+\beta_l)\}$

= 4 × 8,506,241.1² / {(3,683.0 + 3,683.0) / 18.0 + 2,418.0 / 80.0

× 6,494,478.73 + 6,494,478.7² × (2 + 1.020)} = 3.548E+18 mm^6

▪ 순수 비틀림 상수

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_u + B_l / t_l\}$

= 4 × 8,506,241.1² / {(3,573.0 + 3,573.0) / 18.0 + 2,418.0 / 80.0

+ 2,343.4 / 28.0 } = 5.665E+11

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 81{,}170.0 \times \sqrt{\frac{79{,}000.0 \times 5.665E{+}11}{205{,}000.0 \times 3.548E{+}18}} = 20.133$$

α = 20.13 > 10.0 ※ 검토결과 α > 10이므로 뒴비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(81,170.0 mm)

E_s : 탄성계수(205,000.0 MPa)

G : 전단탄성계수(79,000.0 MPa)

◎ 단면별 비틀림 모멘트 고려범위 판정 결과

구 분	B_u	B_l	H	Tu	t_l	t_w	F(mm^2)	β_u	β_l	ε	q'
단면-1	2,412.0	2,337.4	3,562.5	74.9	12.0	12.0	8.46E+06	4.226	0.656	12.483	20484.9
단면-2	2,412.0	2,337.4	3,546.9	43.7	12.0	12.0	8.42E+06	2.476	0.659	7.283	19920.6
단면-3	2,412.0	2,337.4	3,552.9	43.7	24.0	12.0	8.44E+06	2.472	1.316	14.567	22615.3
단면-4	2,412.0	2,337.4	3,552.9	43.7	24.0	12.0	8.44E+06	2.472	1.316	14.567	22615.3
단면-5	2,412.0	2,337.4	3,556.9	43.7	32.0	12.0	8.45E+06	2.470	1.752	19.422	23408.0
단면-6	2,412.0	2,337.4	3,553.9	43.7	26.0	12.0	8.44E+06	2.472	1.425	15.781	22853.3
단면-7	2,414.0	2,339.4	3,553.9	43.7	26.0	14.0	8.45E+06	2.120	1.223	11.594	25827.2
단면-8	2,414.0	2,339.4	3,549.9	43.7	18.0	14.0	8.44E+06	2.123	0.847	8.027	24287.1
단면-9	2,414.0	2,339.4	3,549.9	43.7	18.0	14.0	8.44E+06	2.123	0.847	8.027	24287.1
단면-10	2,414.0	2,339.4	3,549.9	43.7	18.0	14.0	8.44E+06	2.123	0.847	8.027	24287.1
단면-11	2,416.0	2,341.4	3,549.9	43.7	18.0	16.0	8.44E+06	1.859	0.742	6.145	26741.4
단면-12	2,416.0	2,341.4	3,562.0	64.0	22.0	16.0	8.47E+06	2.713	0.904	11.000	28641.6
단면-13	2,418.0	2,343.4	3,573.0	80.0	28.0	18.0	8.51E+06	3.008	1.020	13.827	33185.4
단면-14	2,418.0	2,343.4	3,573.0	80.0	28.0	18.0	8.51E+06	3.008	1.020	13.827	33185.4
단면-15	2,418.0	2,343.4	3,573.0	80.0	28.0	18.0	8.51E+06	3.008	1.020	13.827	33185.4
단면-16	2,416.0	2,341.4	3,564.0	68.0	22.0	16.0	8.48E+06	2.881	0.903	11.688	28750.1
단면-17	2,416.0	2,341.4	3,551.9	43.7	22.0	16.0	8.45E+06	1.858	0.906	7.511	27820.5
단면-18	2,414.0	2,339.4	3,549.9	43.7	18.0	14.0	8.44E+06	2.123	0.847	8.027	24287.1
단면-19	2,414.0	2,339.4	3,549.9	43.7	18.0	14.0	8.44E+06	2.123	0.847	8.027	24287.1
단면-20	2,412.0	2,337.4	3,547.9	43.7	14.0	12.0	8.43E+06	2.476	0.769	8.497	20622.4
단면-21	2,412.0	2,337.4	3,546.9	43.7	12.0	12.0	8.42E+06	2.476	0.659	7.283	19920.6
단면-22	2,412.0	2,337.4	3,546.9	43.7	12.0	12.0	8.42E+06	2.476	0.659	7.283	19920.6
단면-23	2,416.0	2,341.4	3,552.9	43.7	24.0	16.0	8.45E+06	1.857	0.989	8.194	28248.1
단면-24	2,416.0	2,341.4	3,565.0	68.0	24.0	16.0	8.48E+06	2.880	0.985	12.750	29205.1

구 분	Δω	ω_1	ω_2	L	I_w(mm^6)	K(mm^4)	α	판 정
단면-1	10,311,253.5	-3,464,325.3	6,846,928.2	81,170.0	2.16E+18	3.49E+11	20.23	α >10
단면-2	10,099,290.5	-4,045,036.7	6,054,253.8	81,170.0	1.73E+18	3.37E+11	22.27	α >10
단면-3	10,914,196.4	-4,812,316.5	6,101,879.9	81,170.0	2.39E+18	3.82E+11	20.15	α >10
단면-4	10,914,196.4	-4,812,316.5	6,101,879.9	81,170.0	2.39E+18	3.82E+11	20.15	α >10
단면-5	11,161,468.8	-5,189,226.1	5,972,242.7	81,170.0	2.73E+18	3.96E+11	19.17	α >10
단면-6	10,987,767.1	-4,912,908.1	6,074,859.0	81,170.0	2.48E+18	3.86E+11	19.88	α >10
단면-7	10,779,366.8	-4,871,777.6	5,907,589.3	81,170.0	2.53E+18	4.37E+11	20.93	α >10
단면-8	10,376,723.2	-4,450,675.6	5,926,047.6	81,170.0	2.14E+18	4.11E+11	22.11	α >10
단면-9	10,376,723.2	-4,450,675.6	5,926,047.6	81,170.0	2.14E+18	4.11E+11	22.11	α >10
단면-10	10,376,723.2	-4,450,675.6	5,926,047.6	81,170.0	2.14E+18	4.11E+11	22.11	α >10
단면-11	10,155,009.9	-4,418,180.8	5,736,829.1	81,170.0	2.17E+18	4.53E+11	23.01	α >10
단면-12	10,612,794.5	-4,308,088.9	6,304,705.5	81,170.0	2.82E+18	4.87E+11	20.93	α >10
단면-13	10,840,422.0	-4,345,943.2	6,494,478.7	81,170.0	3.55E+18	5.66E+11	20.13	α >10
단면-14	10,840,422.0	-4,345,943.2	6,494,478.7	93,000.0	3.55E+18	5.66E+11	23.07	α >10
단면-15	10,840,422.0	-4,345,943.2	6,494,478.7	93,000.0	3.55E+18	5.66E+11	23.07	α >10
단면-16	10,642,923.2	-4,245,832.4	6,397,090.7	93,000.0	2.90E+18	4.89E+11	23.72	α >10
단면-17	10,400,283.3	-4,635,633.3	5,764,650.1	93,000.0	2.39E+18	4.71E+11	25.65	α >10
단면-18	10,376,723.2	-4,450,675.6	5,926,047.6	93,000.0	2.14E+18	4.11E+11	25.34	α >10
단면-19	10,376,723.2	-4,450,675.6	5,926,047.6	93,000.0	2.14E+18	4.11E+11	25.34	α >10
단면-20	10,309,630.2	-4,202,880.2	6,106,750.1	93,000.0	1.86E+18	3.49E+11	25.02	α >10
단면-21	10,099,290.5	-4,045,036.7	6,054,253.8	93,000.0	1.73E+18	3.37E+11	25.52	α >10
단면-22	10,099,290.5	-4,045,036.7	6,054,253.8	93,000.0	1.73E+18	3.37E+11	25.52	α >10
단면-23	10,498,170.4	-4,733,561.5	5,764,608.9	93,000.0	2.49E+18	4.79E+11	25.33	α >10
단면-24	10,747,304.8	-4,341,416.0	6,405,888.8	93,000.0	3.02E+18	4.97E+11	23.42	α >10

※ 검토결과 비틀림 상수비 α < 0.4일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, α >10일 경우 뒴비틀림에 대 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

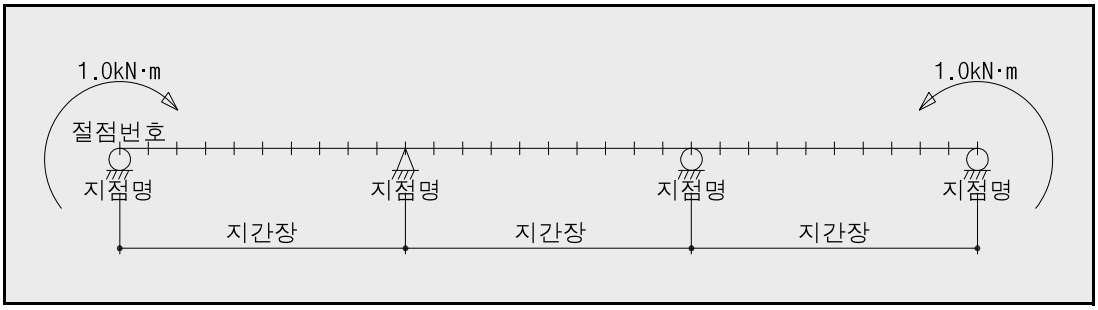
4.8 2차 부정정력에 대한 영향 검토

(☞ 강구조편람 제7장 P35)

1) k 값의 적용방법

- 콘크리트-강재 합성형 교량에서는 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 강-콘크리트 온도차에 의한 응력이 발생된다. 더구나 강항섭형교가 2경간 이상의 연속교일 경우에는 건조수축 크리프, 온도차에 의해 부정정력이 추가적으로 발생되며 이와같은 하중을 2차 모멘트라고 한다.

- 정정계의 모멘트에 영향계수 k를 곱하여 부정정계의 휨모멘트를 얻는 방법 :
  영향계수 계산은 전산을 이용하여 산출하며 산출 방법은 양단에 단위 모멘트 M = 1.0kN·m를 작용시켜 각 절점에 작용되는 모멘트 값을 영향계수 k 값을 취한다.



- k 값의 적용방법 :
  k 값은 주형의 설계에서 바닥판 콘크리트의 크리프와 건조수축, 그리고 강재보와 바닥판 콘크리트와의 온도차 등에 의해 단면내의 발생하는 2차모멘트를 계산하는 데 이용된다.

• 바닥판 콘크리트의 크리프 (☞ 도.설.해 3.9.2.6)

바닥판 콘크리트 $\Delta f_c = \frac{1}{n_1}\left[\frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}}\right] - E_{c1}\frac{f_c}{E_c}\phi_1$

강재거더 $\Delta f_s = \frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}}$

여기서, $P_\phi = E_{c1}A_c\varepsilon_{\phi 0} = E_{c1}A_c\frac{N_c}{E_cA_c}\phi_1 = N_c\frac{2\phi_1}{2+\phi_1}$

$M_\phi = P_\phi\left[d_{c1} + \frac{r_c^2}{d_c}\right] \fallingdotseq P_\phi \cdot d_{c1}$

• 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차 (☞ 도.설.해 3.9.2.7)

바닥판 콘크리트 $f_c = \frac{1}{n}\left[\frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v}\right] - E_c\varepsilon_t$

강재거더 $f_s = \frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v}$

여기서, $\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta_t$ (콘크리트가 인장이 되는 경우,즉 강재거더 쪽이 고온인 경우를 정으로 한다)

$P_1 = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot \frac{A_c}{n}$ $M_v = P_1 \cdot d_c$

• 바닥판 콘크리트의 건조수축 (☞ 도.설.해 3.9.2.8)

바닥판 콘크리트 $f_c = \frac{1}{n_2}\left[\frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2}y_{v2}}{I_{v2}}\right] - E_{c2}\varepsilon_s$

강재거더 $f_s = \frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2}y_{v2}}{I_{v2}}$

여기서, $E_2 = \frac{E_s}{n_2}$ $P_2 = \frac{E_s\varepsilon_s A_c}{n_2} = E_{c2}\varepsilon_s A_c$ $M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2}$

2) 2차 부정정력에 대한 영향계수 K, 산정결과 :

① Girder-G1

부재구분	지점명	k 값
1,I지점	A1	1.000
1,1/4지점		0.989
1,2/4지점		0.977
1,3/4지점		0.966
1,j지점		0.955
2,I지점		0.955
2,1/4지점		0.941
2,2/4지점		0.927
2,3/4지점		0.912
2,j지점		0.898
3,I지점		0.898
3,1/4지점		0.884
3,2/4지점		0.870
3,3/4지점		0.855
3,j지점		0.841
4,I지점		0.841
4,1/4지점		0.824
4,2/4지점		0.806
4,3/4지점		0.788
4,j지점		0.770
5,I지점		0.770
5,1/4지점		0.752
5,2/4지점		0.735
5,3/4지점		0.717
5,j지점		0.699
6,I지점		0.699
6,1/4지점		0.681
6,2/4지점		0.664
6,3/4지점		0.646
6,j지점		0.628
7,I지점		0.628
7,1/4지점		0.610
7,2/4지점		0.593
7,3/4지점		0.575
7,j지점		0.557
8,I지점		0.557
8,1/4지점		0.539
8,2/4지점		0.522
8,3/4지점		0.504
8,j지점		0.486

부재구분	지점명	k 값
9,I지점		0.486
9,1/4지점		0.468
9,2/4지점		0.450
9,3/4지점		0.433
9,j지점		0.415
10,I지점		0.415
10,1/4지점		0.397
10,2/4지점		0.379
10,3/4지점		0.362
10,j지점		0.344
11,I지점		0.344
11,1/4지점		0.326
11,2/4지점		0.308
11,3/4지점		0.291
11,j지점		0.273
12,I지점		0.273
12,1/4지점		0.255
12,2/4지점		0.237
12,3/4지점		0.220
12,j지점		0.202
13,I지점		0.202
13,1/4지점		0.184
13,2/4지점		0.166
13,3/4지점		0.149
13,j지점		0.131
14,I지점		0.131
14,1/4지점		0.113
14,2/4지점		0.095
14,3/4지점		0.077
14,j지점		0.060
15,I지점		0.060
15,1/4지점		0.042
15,2/4지점		0.024
15,3/4지점		0.006
15,j지점		-0.011
16,I지점		-0.011
16,1/4지점		-0.029
16,2/4지점		-0.047
16,3/4지점		-0.065
16,j지점		-0.082

부재구분	지점명	k 값
17,I지점		-0.082
17,1/4지점		-0.100
17,2/4지점		-0.118
17,3/4지점		-0.136
17,j지점	P1	-0.153
18,I지점	P1	-0.153
18,1/4지점		-0.153
18,2/4지점		-0.153
18,3/4지점		-0.153
18,j지점		-0.153
19,I지점		-0.153
19,1/4지점		-0.153
19,2/4지점		-0.153
19,3/4지점		-0.153
19,j지점		-0.153
20,I지점		-0.153
20,1/4지점		-0.153
20,2/4지점		-0.153
20,3/4지점		-0.153
20,j지점		-0.153
21,I지점		-0.153
21,1/4지점		-0.153
21,2/4지점		-0.153
21,3/4지점		-0.153
21,j지점		-0.153
22,I지점		-0.153
22,1/4지점		-0.153
22,2/4지점		-0.154
22,3/4지점		-0.154
22,j지점		-0.154
23,I지점		-0.154
23,1/4지점		-0.154
23,2/4지점		-0.154
23,3/4지점		-0.154
23,j지점		-0.154
24,I지점		-0.154
24,1/4지점		-0.154
24,2/4지점		-0.154
24,3/4지점		-0.154
24,j지점		-0.154

부재구분	지점명	k 값
25,I지점		-0.154
25,1/4지점		-0.154
25,2/4지점		-0.154
25,3/4지점		-0.154
25,j지점		-0.154
26,I지점		-0.154
26,1/4지점		-0.154
26,2/4지점		-0.154
26,3/4지점		-0.154
26,j지점		-0.154
27,I지점		-0.154
27,1/4지점		-0.154
27,2/4지점		-0.154
27,3/4지점		-0.154
27,j지점		-0.154
28,I지점		-0.154
28,1/4지점		-0.154
28,2/4지점		-0.154
28,3/4지점		-0.154
28,j지점		-0.154
29,I지점		-0.154
29,1/4지점		-0.154
29,2/4지점		-0.154
29,3/4지점		-0.154
29,j지점		-0.154
30,I지점		-0.154
30,1/4지점		-0.154
30,2/4지점		-0.154
30,3/4지점		-0.154
30,j지점		-0.154
31,I지점		-0.154
31,1/4지점		-0.154
31,2/4지점		-0.154
31,3/4지점		-0.154
31,j지점		-0.154
32,I지점		-0.154
32,1/4지점		-0.154
32,2/4지점		-0.154
32,3/4지점		-0.154
32,j지점		-0.154

① Girder-G1 - 계속

부재구분	지점명	k 값
33,I지점		-0.154
33,1/4지점		-0.154
33,2/4지점		-0.154
33,3/4지점		-0.154
33,j지점		-0.154
34,I지점		-0.154
34,1/4지점		-0.154
34,2/4지점		-0.154
34,3/4지점		-0.154
34,j지점		-0.154
35,I지점		-0.154
35,1/4지점		-0.154
35,2/4지점		-0.154
35,3/4지점		-0.154
35,j지점		-0.154
36,I지점		-0.154
36,1/4지점		-0.154
36,2/4지점		-0.154
36,3/4지점		-0.154
36,j지점	P2	-0.154
37,I지점	P2	-0.154
37,1/4지점		-0.136
37,2/4지점		-0.118
37,3/4지점		-0.100
37,j지점		-0.083
38,I지점		-0.083
38,1/4지점		-0.065
38,2/4지점		-0.047
38,3/4지점		-0.029
38,j지점		-0.012
39,I지점		-0.012
39,1/4지점		0.006
39,2/4지점		0.024
39,3/4지점		0.042
39,j지점		0.059
40,I지점		0.059
40,1/4지점		0.077
40,2/4지점		0.095
40,3/4지점		0.113
40,j지점		0.130

부재구분	지점명	k 값
41,I지점		0.130
41,1/4지점		0.148
41,2/4지점		0.166
41,3/4지점		0.184
41,j지점		0.201
42,I지점		0.201
42,1/4지점		0.219
42,2/4지점		0.237
42,3/4지점		0.255
42,j지점		0.272
43,I지점		0.272
43,1/4지점		0.290
43,2/4지점		0.308
43,3/4지점		0.326
43,j지점		0.343
44,I지점		0.343
44,1/4지점		0.361
44,2/4지점		0.379
44,3/4지점		0.397
44,j지점		0.414
45,I지점		0.414
45,1/4지점		0.432
45,2/4지점		0.450
45,3/4지점		0.468
45,j지점		0.485
46,I지점		0.485
46,1/4지점		0.503
46,2/4지점		0.521
46,3/4지점		0.539
46,j지점		0.556
47,I지점		0.556
47,1/4지점		0.574
47,2/4지점		0.592
47,3/4지점		0.610
47,j지점		0.627
48,I지점		0.627
48,1/4지점		0.645
48,2/4지점		0.663
48,3/4지점		0.681
48,j지점		0.698

부재구분	지점명	k 값
49,I지점		0.698
49,1/4지점		0.716
49,2/4지점		0.734
49,3/4지점		0.752
49,j지점		0.769
50,I지점		0.769
50,1/4지점		0.787
50,2/4지점		0.805
50,3/4지점		0.823
50,j지점		0.840
51,I지점		0.840
51,1/4지점		0.854
51,2/4지점		0.869
51,3/4지점		0.883
51,j지점		0.897
52,I지점		0.897
52,1/4지점		0.911
52,2/4지점		0.925
52,3/4지점		0.940
52,j지점		0.954
53,I지점		0.954
53,1/4지점		0.965
53,2/4지점		0.977
53,3/4지점		0.988
53,j지점	A2	1.000

② Girder-G2

절점번호	지점명	k 값
54,I지점	A1	1.000
54,1/4지점		0.989
54,2/4지점		0.977
54,3/4지점		0.966
54,j지점		0.955
55,I지점		0.955
55,1/4지점		0.941
55,2/4지점		0.926
55,3/4지점		0.912
55,j지점		0.898
56,I지점		0.898
56,1/4지점		0.884
56,2/4지점		0.870
56,3/4지점		0.855
56,j지점		0.841
57,I지점		0.841
57,1/4지점		0.823
57,2/4지점		0.805
57,3/4지점		0.788
57,j지점		0.770
58,I지점		0.770
58,1/4지점		0.752
58,2/4지점		0.734
58,3/4지점		0.717
58,j지점		0.699
59,I지점		0.699
59,1/4지점		0.681
59,2/4지점		0.663
59,3/4지점		0.645
59,j지점		0.628
60,I지점		0.628
60,1/4지점		0.610
60,2/4지점		0.592
60,3/4지점		0.574
60,j지점		0.556
61,I지점		0.556
61,1/4지점		0.539
61,2/4지점		0.521
61,3/4지점		0.503
61,j지점		0.485

절점번호	지점명	k 값
62,I지점		0.485
62,1/4지점		0.467
62,2/4지점		0.450
62,3/4지점		0.432
62,j지점		0.414
63,I지점		0.414
63,1/4지점		0.396
63,2/4지점		0.379
63,3/4지점		0.361
63,j지점		0.343
64,I지점		0.343
64,1/4지점		0.325
64,2/4지점		0.307
64,3/4지점		0.290
64,j지점		0.272
65,I지점		0.272
65,1/4지점		0.254
65,2/4지점		0.236
65,3/4지점		0.218
65,j지점		0.201
66,I지점		0.201
66,1/4지점		0.183
66,2/4지점		0.165
66,3/4지점		0.147
66,j지점		0.129
67,I지점		0.129
67,1/4지점		0.112
67,2/4지점		0.094
67,3/4지점		0.076
67,j지점		0.058
68,I지점		0.058
68,1/4지점		0.041
68,2/4지점		0.023
68,3/4지점		0.005
68,j지점		-0.013
69,I지점		-0.013
69,1/4지점		-0.031
69,2/4지점		-0.048
69,3/4지점		-0.066
69,j지점		-0.084

절점번호	지점명	k 값
70,I지점		-0.084
70,1/4지점		-0.102
70,2/4지점		-0.120
70,3/4지점		-0.137
70,j지점	P1	-0.155
71,I지점	P1	-0.155
71,1/4지점		-0.155
71,2/4지점		-0.155
71,3/4지점		-0.155
71,j지점		-0.155
72,I지점		-0.155
72,1/4지점		-0.155
72,2/4지점		-0.155
72,3/4지점		-0.155
72,j지점		-0.155
73,I지점		-0.155
73,1/4지점		-0.155
73,2/4지점		-0.155
73,3/4지점		-0.155
73,j지점		-0.154
74,I지점		-0.154
74,1/4지점		-0.154
74,2/4지점		-0.154
74,3/4지점		-0.154
74,j지점		-0.154
75,I지점		-0.154
75,1/4지점		-0.154
75,2/4지점		-0.154
75,3/4지점		-0.154
75,j지점		-0.154
76,I지점		-0.154
76,1/4지점		-0.154
76,2/4지점		-0.154
76,3/4지점		-0.154
76,j지점		-0.154
77,I지점		-0.154
77,1/4지점		-0.154
77,2/4지점		-0.154
77,3/4지점		-0.154
77,j지점		-0.154

절점번호	지점명	k 값
78,I지점		-0.154
78,1/4지점		-0.153
78,2/4지점		-0.153
78,3/4지점		-0.153
78,j지점		-0.153
79,I지점		-0.153
79,1/4지점		-0.153
79,2/4지점		-0.153
79,3/4지점		-0.153
79,j지점		-0.153
80,I지점		-0.153
80,1/4지점		-0.153
80,2/4지점		-0.153
80,3/4지점		-0.153
80,j지점		-0.153
81,I지점		-0.153
81,1/4지점		-0.153
81,2/4지점		-0.153
81,3/4지점		-0.153
81,j지점		-0.153
82,I지점		-0.153
82,1/4지점		-0.152
82,2/4지점		-0.152
82,3/4지점		-0.152
82,j지점		-0.152
83,I지점		-0.152
83,1/4지점		-0.152
83,2/4지점		-0.152
83,3/4지점		-0.152
83,j지점		-0.152
84,I지점		-0.152
84,1/4지점		-0.152
84,2/4지점		-0.152
84,3/4지점		-0.152
84,j지점		-0.152
85,I지점		-0.152
85,1/4지점		-0.152
85,2/4지점		-0.152
85,3/4지점		-0.152
85,j지점		-0.152

② Girder-G2 - 계속

절점번호	지점명	k 값
86,I지점		-0.152
86,1/4지점		-0.152
86,2/4지점		-0.151
86,3/4지점		-0.151
86,j지점		-0.151
87,I지점		-0.151
87,1/4지점		-0.151
87,2/4지점		-0.151
87,3/4지점		-0.151
87,j지점		-0.151
88,I지점		-0.151
88,1/4지점		-0.151
88,2/4지점		-0.151
88,3/4지점		-0.151
88,j지점		-0.151
89,I지점		-0.151
89,1/4지점		-0.151
89,2/4지점		-0.151
89,3/4지점		-0.151
89,j지점	P2	-0.151
90,I지점	P2	-0.151
90,1/4지점		-0.133
90,2/4지점		-0.115
90,3/4지점		-0.097
90,j지점		-0.080
91,I지점		-0.080
91,1/4지점		-0.062
91,2/4지점		-0.044
91,3/4지점		-0.026
91,j지점		-0.008
92,I지점		-0.008
92,1/4지점		0.009
92,2/4지점		0.027
92,3/4지점		0.045
92,j지점		0.063
93,I지점		0.063
93,1/4지점		0.080
93,2/4지점		0.098
93,3/4지점		0.116
93,j지점		0.134

절점번호	지점명	k 값
94,I지점		0.134
94,1/4지점		0.151
94,2/4지점		0.169
94,3/4지점		0.187
94,j지점		0.204
95,I지점		0.204
95,1/4지점		0.222
95,2/4지점		0.240
95,3/4지점		0.258
95,j지점		0.275
96,I지점		0.275
96,1/4지점		0.293
96,2/4지점		0.311
96,3/4지점		0.328
96,j지점		0.346
97,I지점		0.346
97,1/4지점		0.364
97,2/4지점		0.381
97,3/4지점		0.399
97,j지점		0.417
98,I지점		0.417
98,1/4지점		0.434
98,2/4지점		0.452
98,3/4지점		0.470
98,j지점		0.487
99,I지점		0.487
99,1/4지점		0.505
99,2/4지점		0.523
99,3/4지점		0.540
99,j지점		0.558
100,I지점		0.558
100,1/4지점		0.576
100,2/4지점		0.593
100,3/4지점		0.611
100,j지점		0.629
101,I지점		0.629
101,1/4지점		0.646
101,2/4지점		0.664
101,3/4지점		0.682
101,j지점		0.700

절점번호	지점명	k 값
102,I지점		0.700
102,1/4지점		0.717
102,2/4지점		0.735
102,3/4지점		0.753
102,j지점		0.770
103,I지점		0.770
103,1/4지점		0.788
103,2/4지점		0.806
103,3/4지점		0.823
103,j지점		0.841
104,I지점		0.841
104,1/4지점		0.855
104,2/4지점		0.869
104,3/4지점		0.883
104,j지점		0.897
105,I지점		0.897
105,1/4지점		0.912
105,2/4지점		0.926
105,3/4지점		0.940
105,j지점		0.954
106,I지점		0.954
106,1/4지점		0.966
106,2/4지점		0.977
106,3/4지점		0.989
106,j지점	A2	1.000

5. 주거더 응력검토

5.1 정모멘트 응력검토

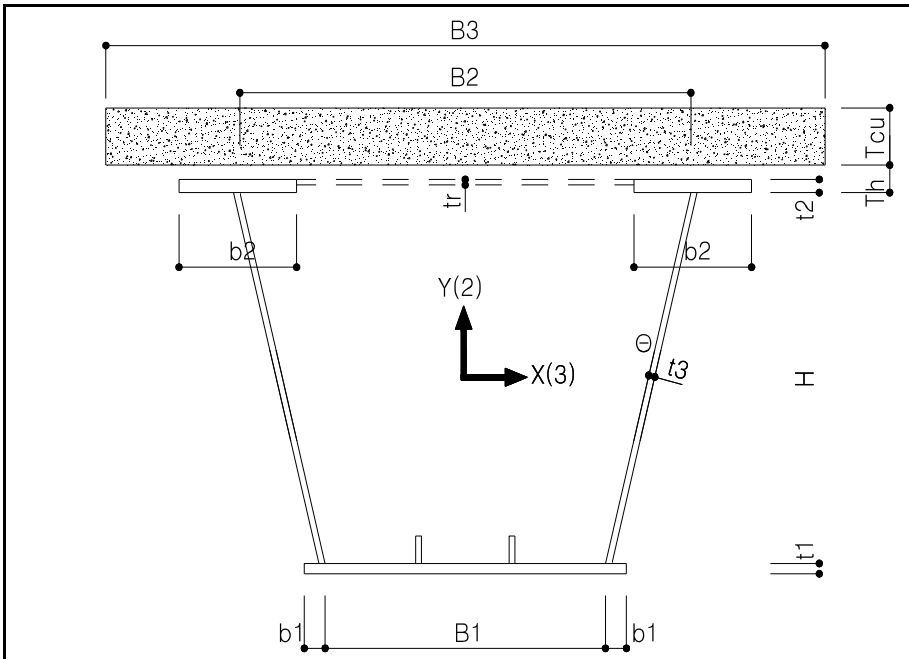
◎ 정모멘트 < 단면 1 > 단면위치: 56,1/4지점 **(외측거더)**

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.88373

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	12
t2	18
t3	12
tr	0.703
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

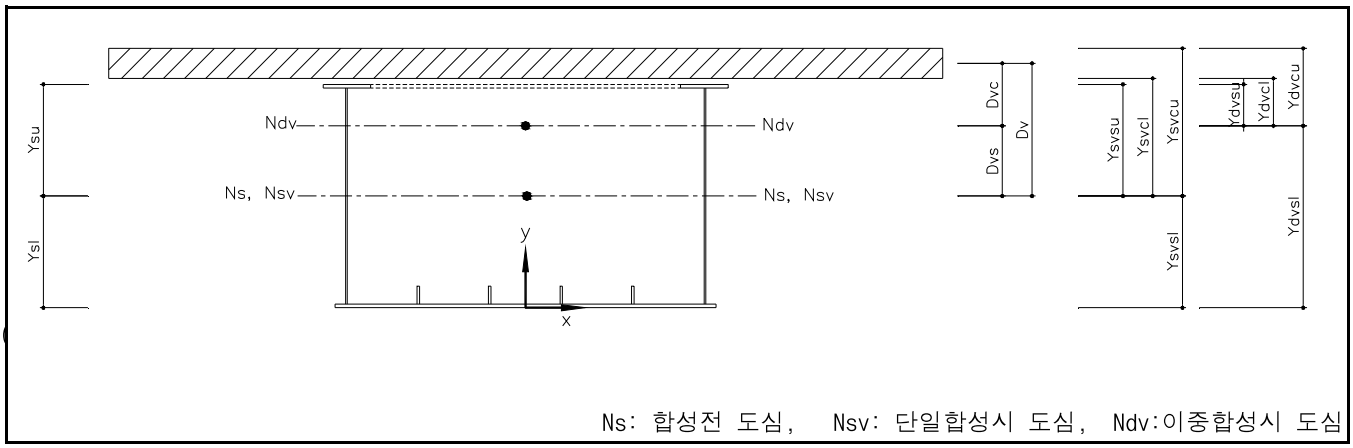
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	5003.8	9088.2	4478.8	7925.8	85.7	26582.4
전단력, S (kN)	-512.7	-877.3	-428.4	-898.4	-10.0	-2726.8
비틀림, T (kN-m)	667.6	1022.0	646.8	2212.5	7.6	4556.60

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×18×2	18,000	3,021	5.438.E+07	4.860.E+05	5.257.E+10	5.257.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,512	1.089.E+08	5.400.E+10	2.879.E+09	5.688.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	87	3.132.E+05	6.750.E+06	5.403.E+09	5.409.E+09
하부플랜지	2600×12×1	31,200	6	1.872.E+05	3.744.E+05	5.322.E+10	5.322.E+10
계		124,800		1.637.E+08			1.681.E+11

- 도심 : ys = 163742400/124800 = 1312.0 mm

Ysu = 1312.038 - 3030 = -1718.0 mm

Ysl = 1312.0 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = 5,003.8x1000000 x (-1717.962) / 168077961415 = -51.145 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = 5,003.8x1000000 x 1312.038/168077961415 = 39.060 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =163742400/124800 = 1312.0 mm

- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

Ysvbcl = 0.0 mm

Ysvsu = 1312.038-3030 = -1718.0 mm

Ysvsl = 1312.0 mm

- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)

· fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 9088.237x1000000x0/(0x168077961415)= 0.000 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 9088.237x1000000x(-1718)/168077961415= -92.895 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 9088.237x1000000 x 1312.038/168077961415 = 70.944 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3172.0	6.852.E+08	1.037.E+09	1.002.E+11	1.012.E+11
단일합성시		124800.0	1312.0	1.637.E+08	1.681.E+11	1.734.E+11	3.415.E+11
계		340800.0		8.489.E+08			4.428.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.880
- 도심 : Ydv = 848894342/340800 = 2490.9 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2490.887 - 3292 -801.1 mm
Ydvtcl = 2490.887 - 3052 -561.1 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2490.887 - 3030 -539.1 mm
Ydvsl = 2490.9 mm

Ddvtc = 2490.887 - 3172 = -681.1 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2490.887 - 1312.038 = 1178.8 mm
Ddv = 681.113 + 1178.849 = 1860.0 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=4,478.8x1000000x(-801.113)/(7x442753067476)= -1.158 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 4,478.8x1000000x0/(0x442753067476)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 4478.849x1000000x(-539.113)/442753067476= -5.454 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 4478.849x1000000x2490.887/442753067476= 25.198 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 7925.8x1000000x(-801.113)/(7x442753067476)= -2.049 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 7925.8x1000000x0/(0x442753067476)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 7925.8x1000000 x (-539.113) / 442753067476 = -9.651 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 7925.8 x1000000 x 2490.887 / 442753067476 = 44.590 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 85.7x1000000x(-801.113)/(7x442753067476)= -0.022 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 85.7x1000000x0/(0x442753067476)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 85.7x1000000x(-539.113)/442753067476= -0.104 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 85.7x1000000 x 2490.887 / 442753067476 = 0.482 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,172	342576000	518400000	107374508280	107892908280
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		124,800	1,312	163742342	168077961415	92917447714	260995409129
계		232,800		506318342			368888317409

- 도심 : yv1 = 506318342/232800 = 2174.9 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 2174.9 - 3292 = -1117.1 mm Dtc1 = 2174.9 - 3172 = -997 mm

Yv1tcl = 2174.9 - 3052 = -877.1 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 2174.9 - 1312.038 = 863 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 997.1 + 862.862 = 1,860 mm

Yv1su = 2174.9 - 3030 = -855.1 mm Yv1sl = 2,175 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 4478.849x1000000/(7x442753067476)x(-681.113)x1512000 = -1,488,256 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 4478.849x1000000/(7x442753067476)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1488256.413x2x2/(2+2) = -1,488,256 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 7257600000/1512000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1488256.413x(-997.1+4800/(-681.113))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 1494.4 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1488256.413+0)/232800+(0.88)x1494.429x1000000x(-1117.1)/368888317409)]-0.5x2x(-1.158)

= 0.417 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,488,256.4+0)/232800+(0.88)x(1494.429)x10^6x(-855.1)/368888317409 -9.441 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,488,256.4+0)/232800+(0.88)x(1494.429)x10^6x2174.9/368888317409= 1.361 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,172	2.284.E+08	3.456.E+08	1.002.E+11	1.005.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		124,800	1,312	1.637.E+08	1.681.E+11	5.779.E+10	2.259.E+11
계		196,800		3.921.E+08			3.264.E+11

- 도심 : yv2 = 392126342/196800 = 1992.5 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,992.5-3292= -1299.5 mm Dtc2 = 1992.512 - 3172 = -1,179 mm

Yv2tcl=1,992.5-3052= -1059.5 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1992.512 - 1312.038 = 681 mm

Yv2su =1,992.5-3030= -1037.5 mm Dv2 = 1179.488 + 680.5 = 1,860 mm

Yv2sl = 1992.5 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1512000 = -3,985,200 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -3985200.1 x (-1179.488) + 0x0 4,701 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-3985200.1+0)/196800+(0.88)x4700.5x10^6x(-1299.5)/326377380361)]-9761.905x(-0.00027)

= 0.887 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-3985200.1+0)/196800+(0.88)x4700.5x10^6x(-1037.5)/326377380361 = -33.399 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-3985200.1+0)/196800+(0.88)x4700.5x10^6x1992.512/326377380361 = 5.003 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,172	6.852.E+08	1.037.E+09	1.002.E+11	1.012.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		124,800	1,312	1.637.E+08	1.681.E+11	1.734.E+11	3.415.E+11
계		340,800		8.489.E+08			4.428.E+11

- 도심 : yv3 = 848894342/340800 = 2490.9 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,490.9-3292= -801.1 mm
Yv3tcl= 2,490.9-3052= -561.1 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,490.9-3030= -539.1 mm
Yv3sl= 2490.9 mm

Dtc3 = 2490.9 - 3172 = -681.1 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2490.9 - 1312.038 = 1178.9 mm
Dv3 = 681.1 + 1178.9 = 1860.0 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 5313600 x (-681.1) / 1000000 = -3619.093 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/340800+(0.88)x(-3619093000)x(-801.1)/442753067532)-27804x0.000012x10
  = -0.286 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/340800+(0.88)x(-3619093000)x0/442753067532)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 5313600/340800+(0.88)x(-3619.093)x10^6x(-539.1)/442753067532= 19.469 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 5313600/340800+(0.88)x(-3619.093)x10^6x2490.9/442753067532= -2.326 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7251462.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 512.75 x 1000 / 72000 + 667.59x10^6 / (2 x 7251462.8x12) = 10.957 MPa

2) 단일합성시

· F = 7251462.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 877.25 x 1000 /72000 + 1022.04x10^6 / (2 x 7251462.8x12) = 18.057 MPa

3) 이중합성시

· F = 7295120.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1326.82 x 1000 /72000 + 2859.37x10^6 / (2 x 7295120.7x12) = 34.760 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 18.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(18/250)² = -124.4 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.039) = 3000 / (281 x 1.039) = 10.275 mm

여기서, √(fca/fc) = √(155.52/144.04) = 1.039 < 1.2 1.039 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.188) = 3000 / (281 x 1.188) = 8.987 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/163.025) = 1.188 < 1.2 1.188 적용

∴ t_min = 10.275 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 144.040	- 155.520	110.004	287.500
	2	- 3.062	- 10.800	-	-	- 163.025	- 230.000	180.818	230.000
	3	- 1.925	- 10.800	-	-	- 202.089	- 264.500	186.638	230.000
	4	- 2.211	- 12.420	-	-	- 182.620	- 299.000	184.312	264.500
	5	- 1.639	- 12.420	-	-	- 221.558	- 299.000	188.964	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.926 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.926	0.383	29.014	168.8	0.17	0.89
	2	0.284	-	0.709	0.786	63.774	135.0	0.47	0.84
	3	0.178	-	0.764	0.811	63.774	155.3	0.41	0.83
	4	0.178	-	0.611	0.697	63.774	175.5	0.36	0.62
	5	0.132	-	0.741	0.714	63.774	175.5	0.36	0.68

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-5.1	-16.0	-	-	-234.7	-380.0	275.1	380.0
	2	-4.5	-16.0	-	-	-273.6	-380.0	279.8	380.0
	3	-6.0	-16.0	-	-	-199.4	-380.0	269.8	380.0
	4	-5.5	-16.0	-	-	-238.3	-380.0	274.5	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.736 < 1.0 ∴ O.K.							

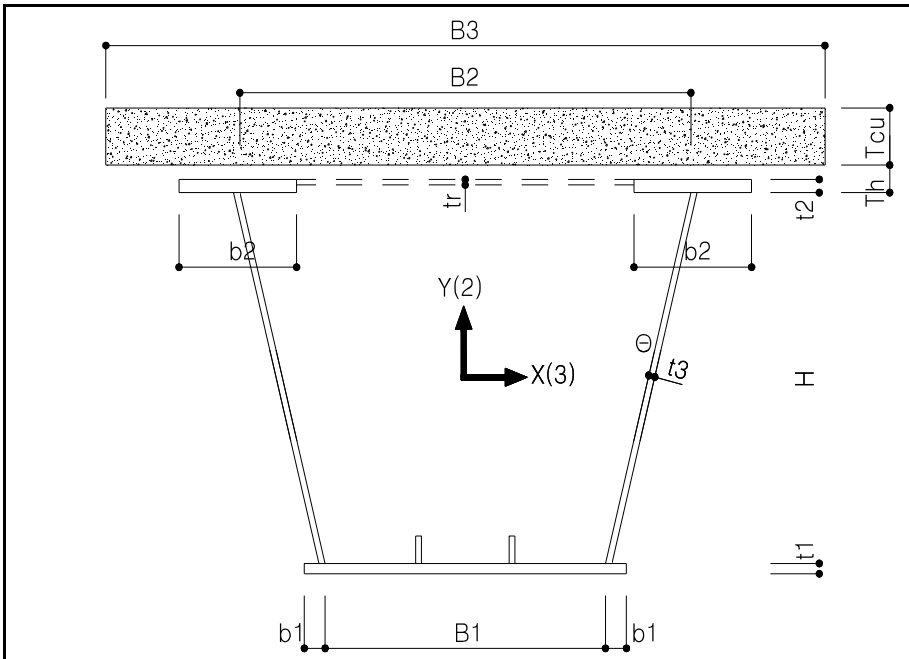
◎ 정모멘트 < 단면 2 > 단면위치: 57,3/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.78767

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	24
t2	26
t3	12
tr	0.705
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

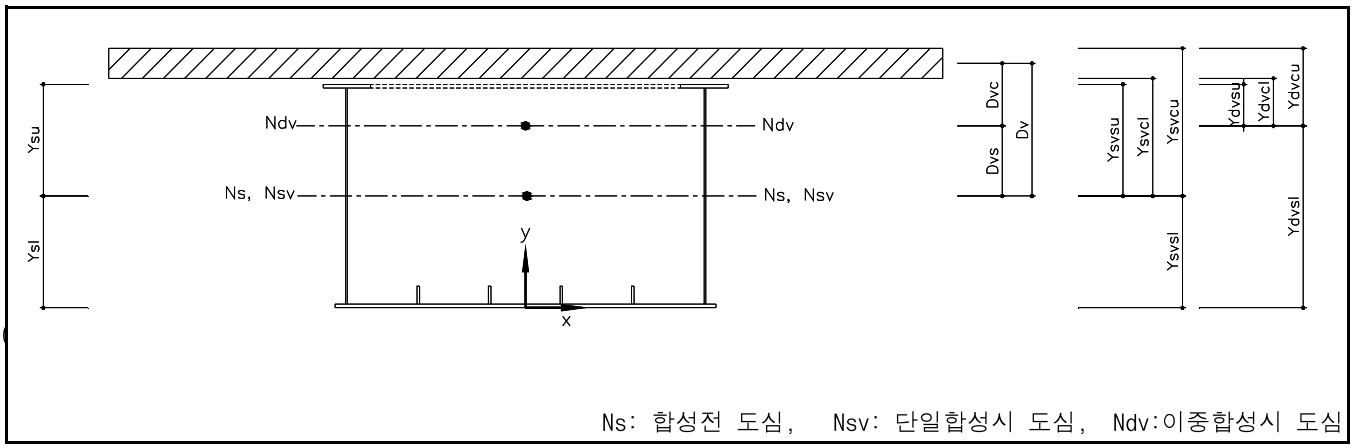
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	8142.2	14253.3	6988.6	12380.1	154.9	41919.2
전단력, S (kN)	-386.6	-613.2	-294.2	-745.8	-9.9	-2049.7
비틀림, T (kN-m)	569.1	865.7	504.5	1997.3	6.0	3942.61

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×26×2	26,000	3,037	7.896.E+07	1.465.E+06	9.187.E+10	9.187.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,524	1.097.E+08	5.400.E+10	9.682.E+09	6.368.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	99	3.564.E+05	6.750.E+06	4.032.E+09	4.039.E+09
하부플랜지	2600×24×1	62,400	12	7.488.E+05	2.995.E+06	8.185.E+10	8.185.E+10
계		164,000		1.898.E+08			2.414.E+11

- 도심 : ys = 189795200/164000 = 1157.3 mm
  Ysu = 1157.288 - 3050 = -1892.7 mm
  Ysl = 1157.3 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 8,142.2x1000000 x (-1892.712) / 241440874683 = -63.829 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 8,142.2x1000000 x 1157.288/241440874683 = 39.028 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =189795200/164000 = 1157.3 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1157.288-3050 = -1892.7 mm
  Ysvsl = 1157.3 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 14253.34x1000000x0/(0x241440874683)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 14253.34x1000000x(-1892.7)/241440874683= -111.735 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 14253.34x1000000 x 1157.288/241440874683 = 68.320 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3184.0	6.877.E+08	1.037.E+09	1.653.E+11	1.663.E+11
단일합성시		164000.0	1157.3	1.898.E+08	2.414.E+11	2.177.E+11	4.591.E+11
계		380000.0		8.775.E+08			6.254.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.790
- 도심 : Ydv = 877539232/380000 = 2309.3 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2309.314 - 330⁴ -994.7 mm
Ydvtcl = 2309.314 - 306⁴ -754.7 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2309.314 - 305(-740.7 mm
Ydvsl = 2309.3 mm

Ddvtc = 2309.314 - 3184 = -874.7 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2309.314 - 1157.288 = 1152.0 mm
Ddv = 874.686 + 1152.026 = 2026.7 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=6,988.6x1000000x(-994.686)/(7x625388884347)= -1.588 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 6,988.6x1000000x0/(0x625388884347)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 6988.649x1000000x(-740.686)/625388884347= -8.277 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 6988.649x1000000x2309.314/625388884347= 25.806 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 12380.1x1000000x(-994.686)/(7x625388884347) -2.813 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 12380.1x1000000x0/(0x625388884347)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 12380.1x1000000 x (-740.686) / 625388884347 = -14.663 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 12380.1 x1000000 x 2309.314 / 625388884347 = 45.715 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 154.9x1000000x(-994.686)/(7x625388884347)= -0.035 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 154.9x1000000x0/(0x625388884347)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 154.9x1000000x(-740.686)/625388884347= -0.183 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 154.9x1000000 x 2309.314 / 625388884347 = 0.572 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,184	343872000	518400000	161274672000	161793072000
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		164,000	1,157	189795232	241440874683	106200070083	347640944766
계		272,000		533667232			509434016766

- 도심 : yv1 = 533667232/272000 = 1962.0 mm

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) =$ 14

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1 / 2) = 0 \times (1 + 2 / 2) =$ 0

Yv1tcu = 1962 - 3304 = -1342.0 mm Dtc1 = 1962 - 3184 = -1,222 mm

Yv1tcl = 1962 - 3064 = -1102.0 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1962 - 1157.288 = 805 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1222 + 804.712 = 2,027 mm

Yv1su = 1962 - 3050 = -1088.0 mm Yv1sl = 1,962 mm

$Ec1 = Ec / (1 + \Phi_1 / 2) = 27804/(1+2/2) =$ 13,902 MPa

$Ec1 = Ec' / (1 + \Phi_1 / 2) = 0/(1+4/2) =$ - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 6988.649x1000000/(7x625388884347)x(-874.686)x1512000 = -2,111,295 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 6988.649x1000000/(7x625388884347)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· $Ptv1 = Ntc \times 2 \times \Phi_1 /(2 + \Phi_1) = -2111295.381x2x2/(2+2) =$ -2,111,295 N

· $Pbv1 = Nbc \times 2 \times \Phi_1 /(2 + \Phi_1) = 0x2x2/(2+2) =$ - N

· $\gamma tc^2 = Ix / Atc = 7257600000/1512000 =$ 4,800 mm^2

· $\gamma bc^2 = Ix / Abc = 0/0 =$ - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -2111295.381x(-1222+4800/(-874.686))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2591.6 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· $fv1tcu = 1/n1 \times ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k \times Mv1 \times Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx \ \Phi_1 \times ftc$

= [1/14x((-2111295.381+0)/272000+(0.79)x2591.589x1000000x(-1342)/509434016766)]-0.5x2x(-1.588)

= 0.648 MPa

· $fv1bcl = 1/n1' \times ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k \times Mv1 \times Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx \ \Phi_1 \times fbc$

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-2,111,295.4+0)/272000+(0.79)x(2591.589)x10^6x(-1088)/509434016766= -12.135 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-2,111,295.4+0)/272000+(0.79)x(2591.589)x10^6x1962/509434016766= 0.123 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,184	2.292.E+08	3.456.E+08	1.428.E+11	1.432.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		164,000	1,157	1.898.E+08	2.414.E+11	6.270.E+10	3.041.E+11
계		236,000		4.190.E+08			4.473.E+11

- 도심 : yv2 = 419043232/236000 = 1775.6 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,775.6-3304= -1528.4 mm Dtc2 = 1775.607 - 3184 = -1,408 mm

Yv2tcl=1,775.6-3064= -1288.4 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1775.607 - 1157.288 = 618 mm

Yv2su =1,775.6-3050= -1274.4 mm Dv2 = 1408.393 + 618.3 = 2,027 mm

Yv2sl = 1775.6 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1512000 = -3,985,200 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -3985200.1 x (-1408.393) + 0x0 5,613 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-3985200.1+0)/236000+(0.79)x5612.7x10^6x(-1528.4)/447303790604)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.110 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-3985200.1+0)/236000+(0.79)x5612.7x10^6x(-1274.4)/447303790604 = -29.519 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-3985200.1+0)/236000+(0.79)x5612.7x10^6x1775.607/447303790604 = 0.715 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,184	6.877.E+08	1.037.E+09	1.653.E+11	1.663.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		164,000	1,157	1.898.E+08	2.414.E+11	2.176.E+11	4.591.E+11
계		380,000		8.775.E+08			6.254.E+11

- 도심 : yv3 = 877539232/380000 = 2309.3 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,309.3-3304= -994.7 mm
Yv3tcl= 2,309.3-3064= -754.7 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,309.3-3050= -740.7 mm
Yv3sl= 2309.3 mm

Dtc3 = 2309.3 - 3184 = -874.7 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2309.3 - 1157.288 = 1152.0 mm
Dv3 = 874.7 + 1152 = 2026.7 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 5313600 x (-874.7) / 1000000 = -4647.806 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/380000+(0.79)x(-4647806000)x(-994.7)/625388884419)-27804x0.000012x10
  = -0.505 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/380000+(0.79)x(-4647806000)x0/625388884419)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 5313600/380000+(0.79)x(-4647.806)x10^6x(-740.7)/625388884419= 18.332 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 5313600/380000+(0.79)x(-4647.806)x10^6x2309.3/625388884419= 0.425 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7265953.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 386.58 x 1000 / 72000 + 569.13x10^6 / (2 x 7265953.7x12) = 8.633 MPa

2) 단일합성시

· F = 7265953.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 613.17 x 1000 /72000 + 865.66x10^6 / (2 x 7265953.7x12) = 13.480 MPa

3) 이중합성시

· F = 7309611.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1040.02 x 1000 /72000 + 2501.79x10^6 / (2 x 7309611.7x12) = 28.706 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 26.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/10.1 ≤ t 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -230.0 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3000 / (281 x 1.2) = 8.897 mm

여기서, √(fca/fc) = √(287.5/175.564) = 1.280 > 1.2 1.200 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.063) = 3000 / (281 x 1.063) = 10.043 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/203.541) = 1.063 < 1.2 1.063 적용

∴ t_min = 10.043 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 175.564	- 287.500	107.348	287.500
	2	- 4.177	- 10.800	-	-	- 203.541	- 230.000	179.490	230.000
	3	- 2.678	- 10.800	-	-	- 240.341	- 264.500	180.279	230.000
	4	- 3.183	- 12.420	-	-	- 222.009	- 299.000	180.704	264.500
	5	- 2.173	- 12.420	-	-	- 258.673	- 299.000	179.854	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.909 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.611	0.373	22.113	168.8	0.13	0.39
	2	0.387	-	0.885	0.780	50.819	135.0	0.38	0.92
	3	0.248	-	0.909	0.784	50.819	155.3	0.33	0.93
	4	0.256	-	0.743	0.683	50.819	175.5	0.29	0.64
	5	0.175	-	0.865	0.680	50.819	175.5	0.29	0.83

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-7.1	-16.0	-	-	-289.0	-380.0	272.6	380.0
	2	-6.1	-16.0	-	-	-325.7	-380.0	271.8	380.0
	3	-8.4	-16.0	-	-	-257.0	-380.0	271.9	380.0
	4	-7.3	-16.0	-	-	-293.7	-380.0	271.0	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.857 < 1.0 ∴ O.K.							

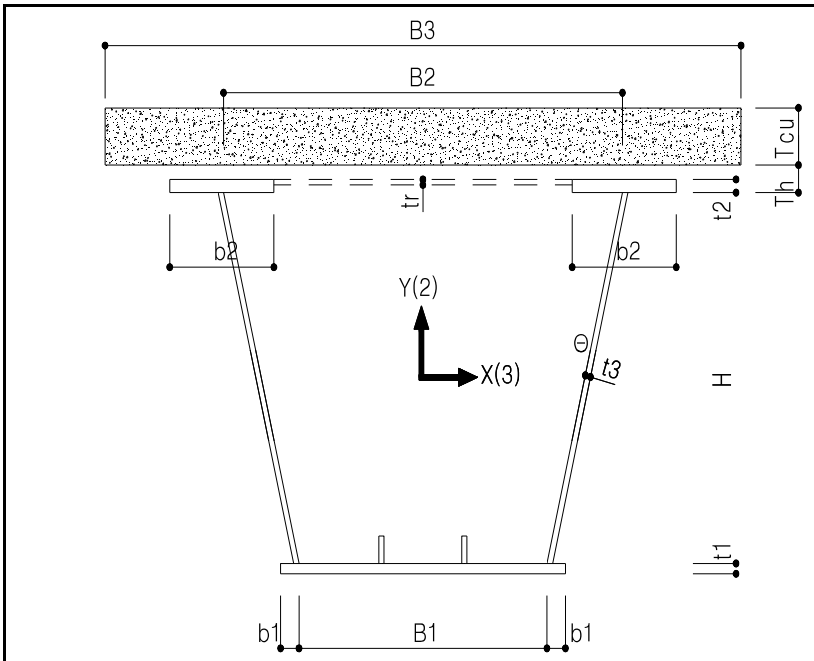
◎ 정모멘트 < 단면 3 > 단면위치: 58,3/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.71652

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	24
t2	30
t3	12
tr	0.706
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	600
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

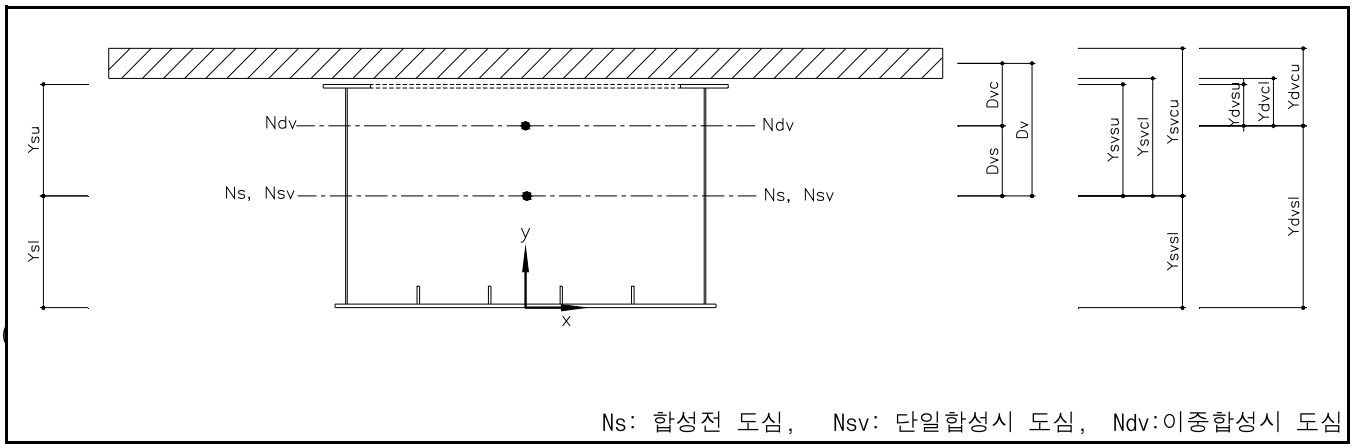
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	9871.8	16863.3	8229.2	14837.7	206.2	50008.2
전단력, S (kN)	-284.7	-416.1	-192.7	-651.9	-10.0	-1555.4
비틀림, T (kN-m)	403.7	602.8	369.1	1659.5	7.1	3042.15

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	600×30×2	36,000	3,039	1.094.E+08	2.700.E+06	1.132.E+11	1.132.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,524	1.097.E+08	5.400.E+10	4.803.E+09	5.880.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	99	3.564.E+05	6.750.E+06	4.901.E+09	4.907.E+09
하부플랜지	2600×24×1	62,400	12	7.488.E+05	2.995.E+06	9.808.E+10	9.809.E+10
계		174,000		2.202.E+08			2.750.E+11

- 도심 : ys = 220237200/174000 = 1265.7 mm
  Ysu = 1265.731 - 3054 = -1788.3 mm
  Ysl = 1265.7 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 9,871.8x1000000 x (-1788.269) / 274999883413 = -64.194 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 9,871.8x1000000 x 1265.731/274999883413 = 45.437 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =220237200/174000 = 1265.7 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1265.731-3054 = -1788.3 mm
  Ysvsl = 1265.7 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 16863.25x1000000x0/(0x274999883413)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 16863.25x1000000x(-1788.3)/274999883413= -109.660 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 16863.25x1000000 x 1265.731/274999883413 = 77.616 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3184.0	6.877.E+08	1.037.E+09	1.582.E+11	1.592.E+11
단일합성시		174000.0	1265.7	2.202.E+08	2.750.E+11	1.964.E+11	4.714.E+11
계		390000.0		9.080.E+08			6.307.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.720
- 도심 : Ydv = 907981194/390000 = 2328.2 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비: n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2328.157 - 330⁴ -975.8 mm
Ydvtcl = 2328.157 - 306⁴ -735.8 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2328.157 - 305⁴ -725.8 mm
Ydvsl = 2328.2 mm

Ddvtc = 2328.157 - 3184 = -855.8 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2328.157 - 1265.731 = 1062.4 mm
Ddv = 855.843 + 1062.426 = 1918.3 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=8,229.2x1000000x(-975.843)/(7x630651934346)= -1.819 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 8,229.2x1000000x0/(0x630651934346)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 8229.177x1000000x(-725.843)/630651934346= -9.471 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 8229.177x1000000x2328.157/630651934346= 30.379 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 14837.7x1000000x(-975.843)/(7x630651934346) -3.280 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 14837.7x1000000x0/(0x630651934346)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 14837.7x1000000 x (-725.843) / 630651934346 = -17.077 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 14837.7 x1000000 x 2328.157 / 630651934346 = 54.776 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 206.2x1000000x(-975.843)/(7x630651934346)= -0.046 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 206.2x1000000x0/(0x630651934346)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 206.2x1000000x(-725.843)/630651934346= -0.237 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 206.2x1000000 x 2328.157 / 630651934346 = 0.761 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,184	343872000	518400000	151298167680	151816567680
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		174,000	1,266	220237194	274999883413	93914505884	368914389297
계		282,000		564109194			520730956977

- 도심 : yv1 = 564109194/282000 = 2000.4 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 2000.4 - 3304 = -1303.6 mm Dtc1 = 2000.4 - 3184 = -1,184 mm

Yv1tcl = 2000.4 - 3064 = -1063.6 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 2000.4 - 1265.731 = 735 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1183.6 + 734.669 = 1,918 mm

Yv1su = 2000.4 - 3054 = -1053.6 mm Yv1sl = 2,000 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 8229.177x1000000/(7x630651934346)x(-855.843)x1512000 = -2,412,207 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 8229.177x1000000/(7x630651934346)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -2412206.734x2x2/(2+2) = -2,412,207 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 7257600000/1512000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -2412206.734x(-1183.6+4800/(-855.843))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2868.6 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-2412206.734+0)/282000+(0.72)x2868.617x1000000x(-1303.6)/520730956977)]-0.5x2x(-1.819)

= 0.839 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-2,412,206.7+0)/282000+(0.72)x(2868.617)x10^6x(-1053.6)/52073095697 -12.733 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-2,412,206.7+0)/282000+(0.72)x(2868.617)x10^6x2000.4/520730956977= -0.620 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,184	2.292.E+08	3.456.E+08	1.325.E+11	1.329.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		174,000	1,266	2.202.E+08	2.750.E+11	5.485.E+10	3.298.E+11
계		246,000		4.495.E+08			4.627.E+11

- 도심 : yv2 = 449485194/246000 = 1827.2 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,827.2-3304= -1476.8 mm Dtc2 = 1827.176 - 3184 = -1,357 mm

Yv2tcl=1,827.2-3064= -1236.8 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1827.176 - 1265.731 = 561 mm

Yv2su =1,827.2-3054= -1226.8 mm Dv2 = 1356.824 + 561.4 = 1,918 mm

Yv2sl = 1827.2 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1512000 = -3,985,200 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -3985200.1 x (-1356.824) + 0x0 = 5,407 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-3985200.1+0)/246000+(0.72)x5407.2x10^6x(-1476.8)/462743786751)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.273 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-3985200.1+0)/246000+(0.72)x5407.2x10^6x(-1226.8)/462743786751 = -26.521 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-3985200.1+0)/246000+(0.72)x5407.2x10^6x1827.176/462743786751 = -0.827 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,184	6.877.E+08	1.037.E+09	1.582.E+11	1.592.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		174,000	1,266	2.202.E+08	2.750.E+11	1.964.E+11	4.714.E+11
계		390,000		9.080.E+08			6.307.E+11

- 도심 : yv3 = 907981194/390000 = 2328.2 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,328.2-3304= -975.8 mm
Yv3tcl= 2,328.2-3064= -735.8 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,328.2-3054= -725.8 mm
Yv3sl= 2328.2 mm

Dtc3 = 2328.2 - 3184 = -855.8 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2328.2 - 1265.731 = 1062.5 mm
Dv3 = 855.8 + 1062.5 = 1918.3 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 5313600 x (-855.8) / 1000000 = -4547.379 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/390000+(0.72)x(-4547379000)x(-975.8)/630651935070)-27804x0.000012x10
  = -0.666 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/390000+(0.72)x(-4547379000)x0/630651935070)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 5313600/390000+(0.72)x(-4547.379)x10^6x(-725.8)/630651935070= 17.393 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 5313600/390000+(0.72)x(-4547.379)x10^6x2328.2/630651935070= 1.537 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7265966.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 284.73 x 1000 / 72000 + 403.72x10^6 / (2 x 7265966x12) = 6.270 MPa

2) 단일합성시

· F = 7265966.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 416.12 x 1000 /72000 + 602.76x10^6 / (2 x 7265966x12) = 9.236 MPa

3) 이중합성시

· F = 7309623.9 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 844.6 x 1000 /72000 + 2028.62x10^6 / (2 x 7309623.9x12) = 23.294 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (600 - 250) / 16 = 21.9 mm

t_min = 21.9 < t = 30.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (600 - 250) / 10.1 = 34.7 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(30/350)² = -176.3 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.126) = 3000 / (281 x 1.126) = 9.481 mm

여기서, √(fca/fc) = √(220.408/173.854) 1.126 < 1.2 1.126 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.057) = 3000 / (281 x 1.057) = 10.100 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/205.732) = 1.057 < 1.2 1.057 적용

∴ t_min = 10.100 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 173.854	- 220.408	123.053	287.500
	2	- 4.809	- 10.800	-	-	- 205.732	- 230.000	208.721	230.000
	3	- 3.033	- 10.800	-	-	- 239.893	- 264.500	207.522	230.000
	4	- 3.699	- 12.420	-	-	- 222.500	- 299.000	209.059	264.500
	5	- 2.367	- 12.420	-	-	- 257.286	- 299.000	205.985	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.907 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.789	0.428	15.506	168.8	0.09	0.63
	2	0.445	-	0.894	0.907	38.800	135.0	0.29	0.91
	3	0.281	-	0.907	0.902	38.800	155.3	0.25	0.89
	4	0.298	-	0.744	0.790	38.800	175.5	0.22	0.67
	5	0.191	-	0.860	0.779	38.800	175.5	0.22	0.79

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-8.3	-16.0	-	-	-291.8	-380.0	317.6	380.0
	2	-7.0	-16.0	-	-	-326.6	-380.0	314.5	380.0
	3	-9.7	-16.0	-	-	-262.7	-380.0	318.5	380.0
	4	-8.4	-16.0	-	-	-297.5	-380.0	315.4	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.859 < 1.0 ∴ O.K.							

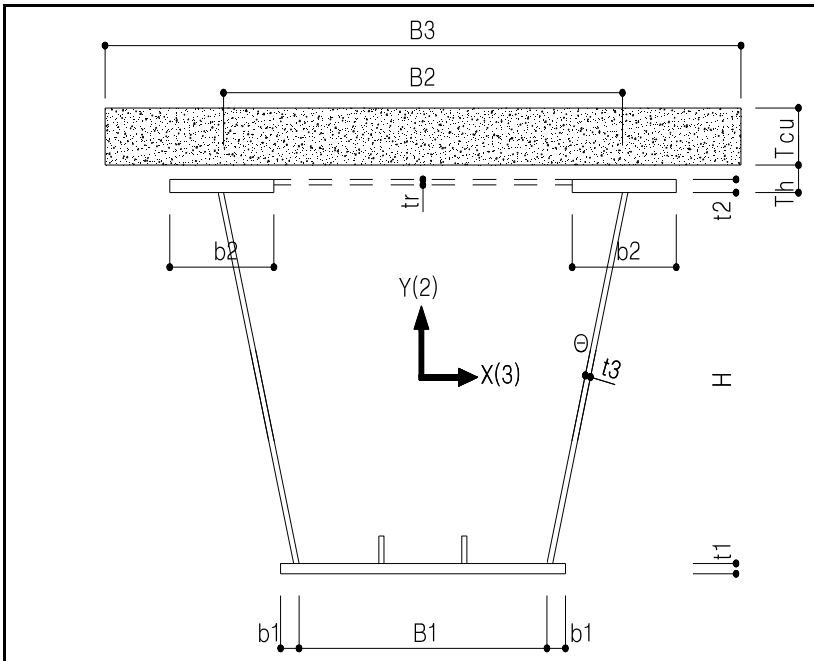
◎ 정모멘트 < 단면 4 > 단면위치: 61,1/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.53863

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	32
t2	36
t3	12
tr	0.707
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	600
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

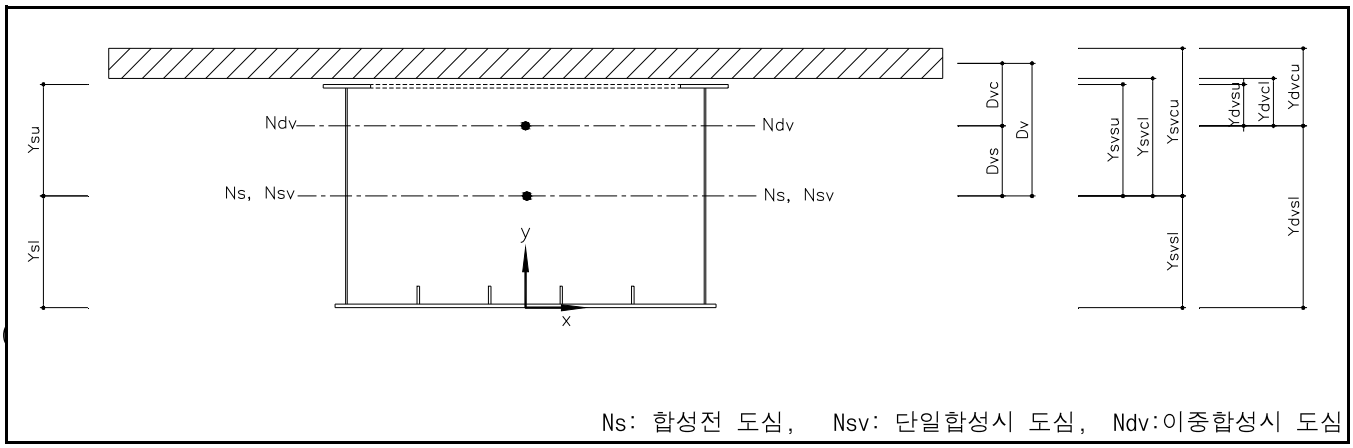
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	11444.6	18572.7	9013.4	18101.2	333.5	57465.4
전단력, S (kN)	50.5	164.3	72.5	522.9	7.4	817.6
비틀림, T (kN-m)	-14.3	-73.6	-21.4	-695.5	-8.8	-813.61

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	600×36×2	43,200	3,050	1.318.E+08	4.666.E+06	1.468.E+11	1.468.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,532	1.103.E+08	5.400.E+10	7.613.E+09	6.161.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	107	3.852.E+05	6.750.E+06	4.355.E+09	4.361.E+09
하부플랜지	2600×32×1	83,200	16	1.331.E+06	7.100.E+06	1.180.E+11	1.180.E+11
계		202,000		2.438.E+08			3.307.E+11

- 도심 : ys = 243780400/202000 = 1206.8 mm
  Ysu = 1206.834 - 3068 = -1861.2 mm
  Ysl = 1206.8 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 11,444.6x1000000 x (-1861.166) / 330732365744 = -64.403 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 11,444.6x1000000 x 1206.834/330732365744 = 41.761 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =243780400/202000 = 1206.8 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1206.834-3068 = -1861.2 mm
  Ysvsl = 1206.8 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 18572.65x1000000x0/(0x330732365744)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 18572.65x1000000x(-1861.2)/330732365744= -104.518 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 18572.65x1000000 x 1206.834/330732365744 = 67.771 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3192.0	6.895.E+08	1.037.E+09	1.988.E+11	1.998.E+11
단일합성시		202000.0	1206.8	2.438.E+08	3.307.E+11	2.126.E+11	5.433.E+11
계		418000.0		9.333.E+08			7.431.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.540
- 도심 : Ydv = 933252468/418000 = 2232.7 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2232.661 - 3312 -1079.3 mm
Ydvtcl = 2232.661 - 3072 -839.3 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2232.661 - 3068 -835.3 mm
Ydvsl = 2232.7 mm

Ddvtc = 2232.661 - 3192 = -959.3 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2232.661 - 1206.834 = 1025.8 mm
Ddv = 959.339 + 1025.827 = 1985.2 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=9,013.4x1000000x(-1079.339)/(7x743129579053)= -1.870 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 9,013.4x1000000x0/(0x743129579053)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 9013.39x1000000x(-835.339)/743129579053= -10.132 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 9013.39x1000000x2232.661/743129579053= 27.080 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 18101.2x1000000x(-1079.339)/(7x743129579053 -3.756 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 18101.2x1000000x0/(0x743129579053)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 18101.2x1000000 x (-835.339) / 743129579053 = -20.347 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 18101.2 x1000000 x 2232.661 / 743129579053 = 54.383 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 333.5x1000000x(-1079.339)/(7x743129579053)= -0.069 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 333.5x1000000x0/(0x743129579053)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 333.5x1000000x(-835.339)/743129579053= -0.375 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 333.5x1000000 x 2232.661 / 743129579053 = 1.002 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,192	344736000	518400000	180727303680	181245703680
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		202,000	1,207	243780468	330732365744	96609233536	427341599280
계		310,000		588516468			608587302960

- 도심 : yv1 = 588516468/310000 = 1898.4 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1898.4 - 3312 = -1413.6 mm Dtc1 = 1898.4 - 3192 = -1,294 mm

Yv1tcl = 1898.4 - 3072 = -1173.6 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1898.4 - 1206.834 = 692 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1293.6 + 691.566 = 1,985 mm

Yv1su = 1898.4 - 3068 = -1169.6 mm Yv1sl = 1,898 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 9013.39x1000000/(7x743129579053)x(-959.339)x1512000 = -2,513,330 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 9013.39x1000000/(7x743129579053)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -2513329.717x2x2/(2+2) = -2,513,330 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 7257600000/1512000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -2513329.717x(-1293.6+4800/(-959.339))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 3263.8 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-2513329.717+0)/310000+(0.54)x3263.819x1000000x(-1413.6)/608587302960)]-0.5x2x(-1.87)

= 0.998 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-2,513,329.7+0)/310000+(0.54)x(3263.819)x10^6x(-1169.6)/60858730296 -11.495 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-2,513,329.7+0)/310000+(0.54)x(3263.819)x10^6x1898.4/608587302960= -2.610 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,192	2.298.E+08	3.456.E+08	1.542.E+11	1.546.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		202,000	1,207	2.438.E+08	3.307.E+11	5.497.E+10	3.857.E+11
계		274,000		4.736.E+08			5.403.E+11

- 도심 : yv2 = 473604468/274000 = 1728.5 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,728.5-3312= -1583.5 mm Dtc2 = 1728.483 - 3192 = -1,464 mm

Yv2tcl=1,728.5-3072= -1343.5 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1728.483 - 1206.834 = 522 mm

Yv2su =1,728.5-3068= -1339.5 mm Dv2 = 1463.517 + 521.6 = 1,985 mm

Yv2sl = 1728.5 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1512000 = -3,985,200 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -3985200.1 x (-1463.517) + 0x0 5,832 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-3985200.1+0)/274000+(0.54)x5832.4x10^6x(-1583.5)/540261241612)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.504 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-3985200.1+0)/274000+(0.54)x5832.4x10^6x(-1339.5)/540261241612 = -22.353 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-3985200.1+0)/274000+(0.54)x5832.4x10^6x1728.483/540261241612 = -4.468 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,192	6.895.E+08	1.037.E+09	1.988.E+11	1.998.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		202,000	1,207	2.438.E+08	3.307.E+11	2.126.E+11	5.433.E+11
계		418,000		9.333.E+08			7.431.E+11

- 도심 : yv3 = 933252468/418000 = 2232.7 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,232.7-3312= -1079.3 mm
Yv3tcl= 2,232.7-3072= -839.3 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,232.7-3068= -835.3 mm
Yv3sl= 2232.7 mm

Dtc3 = 2232.7 - 3192 = -959.3 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2232.7 - 1206.834 = 1025.9 mm
Dv3 = 959.3 + 1025.9 = 1985.2 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 5313600 x (-959.3) / 1000000 = -5097.336 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/418000+(0.54)x(-5097336000)x(-1079.3)/743129579675)-27804x0.000012x10
  = -0.949 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/418000+(0.54)x(-5097336000)x0/743129579675)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 5313600/418000+(0.54)x(-5097.336)x10^6x(-835.3)/743129579675= 15.806 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 5313600/418000+(0.54)x(-5097.336)x10^6x2232.7/743129579675= 4.442 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7275619.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 50.47 x 1000 / 72000 + 14.32x10^6 / (2 x 7275619.4x12) = 0.783 MPa

2) 단일합성시

· F = 7275619.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 164.33 x 1000 /72000 + 73.55x10^6 / (2 x 7275619.4x12) = 2.704 MPa

3) 이중합성시

· F = 7319277.3 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 595.42 x 1000 /72000 + 716.89x10^6 / (2 x 7319277.3x12) = 12.351 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (600 - 250) / 16 = 21.9 mm

t_min = 21.9 < t = 36.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (600 - 250) / 10.1 = 34.7 mm

b/10.1 ≤ t 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -230.0 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3000 / (281 x 1.2) = 8.897 mm

여기서, √(fca/fc) = √(287.5/168.921) = 1.305 > 1.2 1.200 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.061) = 3000 / (281 x 1.061) = 10.062 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/204.373) = 1.061 < 1.2 1.061 적용

∴ t_min = 10.062 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 168.921	- 287.500	109.532	287.500
	2	- 5.296	- 10.800	-	-	- 204.373	- 230.000	190.953	230.000
	3	- 3.193	- 10.800	-	-	- 233.623	- 264.500	184.919	230.000
	4	- 4.142	- 12.420	-	-	- 217.817	- 299.000	189.361	264.500
	5	- 2.244	- 12.420	-	-	- 249.429	- 299.000	180.477	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.889 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.588	0.381	3.487	168.8	0.02	0.35
	2	0.490	-	0.889	0.830	15.838	135.0	0.12	0.80
	3	0.296	-	0.883	0.804	15.838	155.3	0.10	0.79
	4	0.333	-	0.728	0.716	15.838	175.5	0.09	0.54
	5	0.181	-	0.834	0.682	15.838	175.5	0.09	0.70

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-9.4	-16.0	-	-	-290.0	-380.0	292.9	380.0
	2	-7.5	-16.0	-	-	-321.6	-380.0	284.0	380.0
	3	-11.1	-16.0	-	-	-265.3	-380.0	297.9	380.0
	4	-9.2	-16.0	-	-	-296.9	-380.0	289.0	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.846 < 1.0 ∴ O.K.							

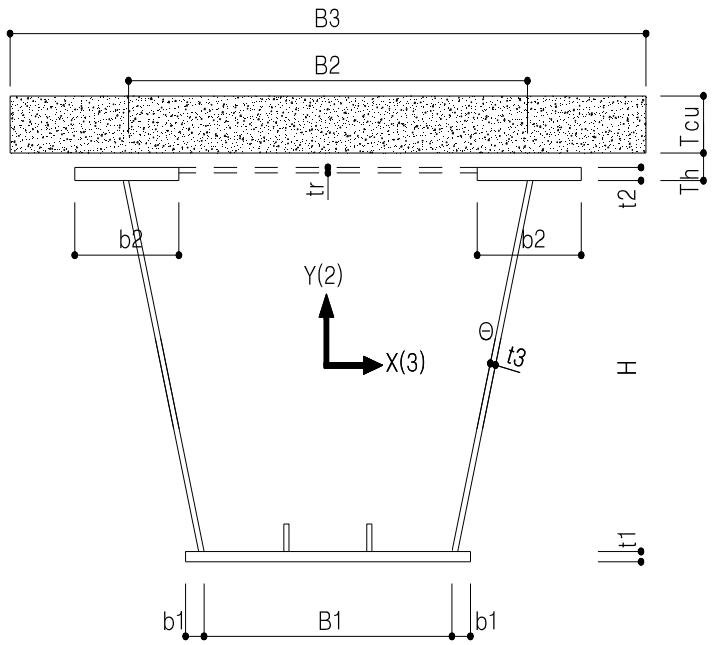
◎ 정모멘트 < 단면 5 > 단면위치: 62,3/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.43190

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	26
t2	30
t3	12
tr	0.706
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	600
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

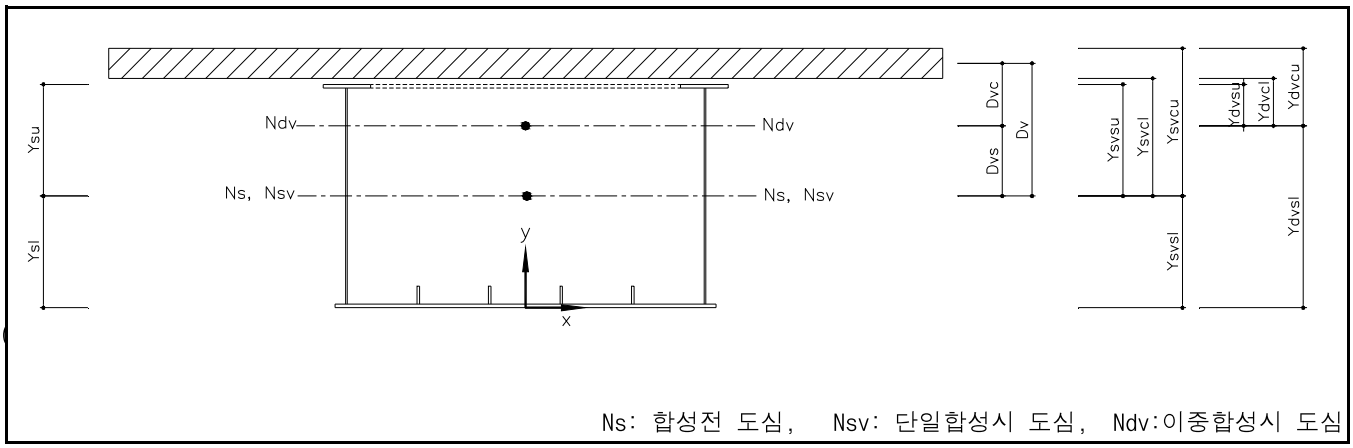
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	10337.7	16121.9	7883.4	18109.3	408.2	52860.5
전단력, S (kN)	234.1	471.2	220.0	642.9	7.3	1575.5
비틀림, T (kN-m)	-139.2	-271.4	-222.3	-850.1	-14.2	-1497.14

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	600×30×2	36,000	3,041	1.095.E+08	2.700.E+06	1.179.E+11	1.179.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,526	1.099.E+08	5.400.E+10	6.267.E+09	6.027.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	101	3.636.E+05	6.750.E+06	4.597.E+09	4.603.E+09
하부플랜지	2600×26×1	67,600	13	8.788.E+05	3.808.E+06	1.003.E+11	1.003.E+11
계		179,200		2.206.E+08			2.831.E+11

- 도심 : ys = 220590400/179200 = 1231.0 mm

Ysu = 1230.973 - 3056 = -1825.0 mm

Ysl = 1231.0 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = 10,337.7x1000000 x (-1825.027) / 283101720404.5 = -66.642 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = 10,337.7x1000000 x 1230.973/283101720404.5 = 44.950 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =220590400/179200 = 1231.0 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

Ysvbcl = 0.0 mm

Ysvsu = 1230.973-3056 = -1825.0 mm

Ysvsl = 1231.0 mm

- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)

· fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 16121.94x1000000x0/(0x283101720404.5)= 0.000 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 16121.94x1000000x(-1825)/283101720404.5= -103.929 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 16121.94x1000000 x 1230.973/283101720404.5 = 70.101 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3186.0	6.882.E+08	1.037.E+09	1.697.E+11	1.708.E+11
단일합성시		179200.0	1231.0	2.206.E+08	2.831.E+11	2.046.E+11	4.877.E+11
계		395200.0		9.088.E+08			6.585.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.430
- 도심 : Ydv = 908766362/395200 = 2299.5 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2299.51 - 3306 -1006.5 mm
Ydvtcl = 2299.51 - 3066 -766.5 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2299.51 - 3056 -756.5 mm
Ydvsl = 2299.5 mm

Ddvtc = 2299.51 - 3186 = -886.5 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2299.51 - 1230.973 = 1068.5 mm
Ddv = 886.49 + 1068.537 = 1955.0 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=7,883.4x1000000x(-1006.49)/(7x658490677356.5) -1.721 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 7,883.4x1000000x0/(0x658490677356.5)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 7883.41x1000000x(-756.49)/658490677356.5= -9.057 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 7883.41x1000000x2299.51/658490677356.5= 27.530 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 18109.3x1000000x(-1006.49)/(7x658490677356. -3.954 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 18109.3x1000000x0/(0x658490677356.5)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 18109.3x1000000 x (-756.49) / 658490677356.5 = -20.804 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 18109.3 x1000000 x 2299.51 / 658490677356.5 = 63.239 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 408.2x1000000x(-1006.49)/(7x658490677356.5)= -0.089 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 408.2x1000000x0/(0x658490677356.5)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 408.2x1000000x(-756.49)/658490677356.5= -0.469 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 408.2x1000000 x 2299.51 / 658490677356.5 = 1.425 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,186	344088000	518400000	160694500320	161212900320
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		179,200	1,231	220590362	283101720405	96868126482	379969846887
계		287,200		564678362			541182747207

- 도심 : yv1 = 564678362/287200 = 1966.2 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1966.2 - 3306 = -1339.8 mm Dtc1 = 1966.2 - 3186 = -1,220 mm

Yv1tcl = 1966.2 - 3066 = -1099.8 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1966.2 - 1230.973 = 735 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1219.8 + 735.227 = 1,955 mm

Yv1su = 1966.2 - 3056 = -1089.8 mm Yv1sl = 1,966 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 7883.41x1000000/(7x658490677356.5)x(-886.49)x1512000 = -2,292,409 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 7883.41x1000000/(7x658490677356.5)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -2292408.844x2x2/(2+2) = -2,292,409 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 7257600000/1512000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -2292408.844x(-1219.8+4800/(-886.49))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2808.7 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-2292408.844+0)/287200+(0.43)x2808.693x1000000x(-1339.8)/541182747207)]-0.5x2x(-1.721)

= 0.937 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-2,292,408.8+0)/287200+(0.43)x(2808.693)x10^6x(-1089.8)/54118274720 -10.414 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-2,292,408.8+0)/287200+(0.43)x(2808.693)x10^6x1966.2/541182747206.5 -3.594 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,186	2.294.E+08	3.456.E+08	1.400.E+11	1.404.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		179,200	1,231	2.206.E+08	2.831.E+11	5.627.E+10	3.394.E+11
계		251,200		4.500.E+08			4.798.E+11

- 도심 : yv2 = 449982362/251200 = 1791.3 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,791.3-3306= -1514.7 mm Dtc2 = 1791.331 - 3186 = -1,395 mm

Yv2tcl=1,791.3-3066= -1274.7 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1791.331 - 1230.973 = 560 mm

Yv2su =1,791.3-3056= -1264.7 mm Dv2 = 1394.669 + 560.4 = 1,955 mm

Yv2sl = 1791.3 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1512000 = -3,985,200 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -3985200.1 x (-1394.669) + 0x0 5,558 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-3985200.1+0)/251200+(0.43)x5558x10^6x(-1514.7)/479763632011.5)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.521 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-3985200.1+0)/251200+(0.43)x5558x10^6x(-1264.7)/479763632011.5 = -22.165 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-3985200.1+0)/251200+(0.43)x5558x10^6x1791.331/479763632011.5 = -6.941 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,186	6.882.E+08	1.037.E+09	1.698.E+11	1.708.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		179,200	1,231	2.206.E+08	2.831.E+11	2.046.E+11	4.877.E+11
계		395,200		9.088.E+08			6.585.E+11

- 도심 : yv3 = 908766362/395200 = 2299.5 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,299.5-3306= -1006.5 mm
Yv3tcl= 2,299.5-3066= -766.5 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,299.5-3056= -756.5 mm
Yv3sl= 2299.5 mm

Dtc3 = 2299.5 - 3186 = -886.5 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2299.5 - 1230.973 = 1068.5 mm
Dv3 = 886.5 + 1068.5 = 1955.0 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 5313600 x (-886.5) / 1000000 = -4710.506 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/395200+(0.43)x(-4710506000)x(-1006.5)/658490677395.5)-27804x0.000012x10
  = -0.973 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/395200+(0.43)x(-4710506000)x0/658490677395.5)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 5313600/395200+(0.43)x(-4710.506)x10^6x(-756.5)/658490677395.5= 15.772 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 5313600/395200+(0.43)x(-4710.506)x10^6x2299.5/658490677395.5= 6.372 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7268378.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 234.09 x 1000 / 72000 + 139.22x10^6 / (2 x 7268378x12) = 4.049 MPa

2) 단일합성시

· F = 7268378.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 471.19 x 1000 /72000 + 271.38x10^6 / (2 x 7268378x12) = 8.100 MPa

3) 이중합성시

· F = 7312035.9 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 862.97 x 1000 /72000 + 1072.39x10^6 / (2 x 7312035.9x12) = 18.097 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (600 - 250) / 16 = 21.9 mm

t_min = 21.9 < t = 30.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (600 - 250) / 10.1 = 34.7 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(30/350)² = -176.3 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.137) = 3000 / (281 x 1.137) = 9.390 mm

여기서, √(fca/fc) = √(220.408/170.571) 1.137 < 1.2 1.137 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.059) = 3000 / (281 x 1.059) = 10.081 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/205.067) = 1.059 < 1.2 1.059 적용

∴ t_min = 10.081 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 170.571	- 220.408	115.051	287.500
	2	- 5.389	- 10.800	-	-	- 205.067	- 230.000	205.807	230.000
	3	- 3.306	- 10.800	-	-	- 233.480	- 264.500	196.710	230.000
	4	- 4.279	- 12.420	-	-	- 217.708	- 299.000	203.082	264.500
	5	- 2.333	- 12.420	-	-	- 249.252	- 299.000	190.338	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.895 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.774	0.400	12.149	168.8	0.07	0.60
	2	0.499	-	0.892	0.895	30.246	135.0	0.22	0.85
	3	0.306	-	0.883	0.855	30.246	155.3	0.19	0.82
	4	0.345	-	0.728	0.768	30.246	175.5	0.17	0.62
	5	0.188	-	0.834	0.720	30.246	175.5	0.17	0.72

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-9.6	-16.0	-	-	-290.9	-380.0	318.6	380.0
	2	-7.7	-16.0	-	-	-322.4	-380.0	305.8	380.0
	3	-11.3	-16.0	-	-	-266.6	-380.0	326.3	380.0
	4	-9.4	-16.0	-	-	-298.2	-380.0	313.5	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.859 < 1.0 ∴ O.K.							

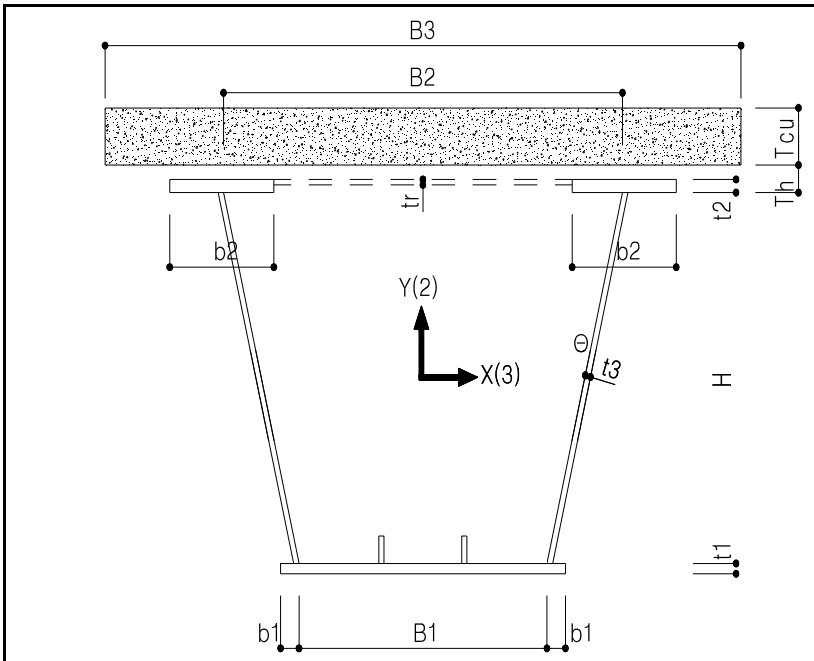
◎ 정모멘트 < 단면 6 > 단면위치: 64,1/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.32516

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3000
t1	18
t2	20
t3	14
tr	0.704
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

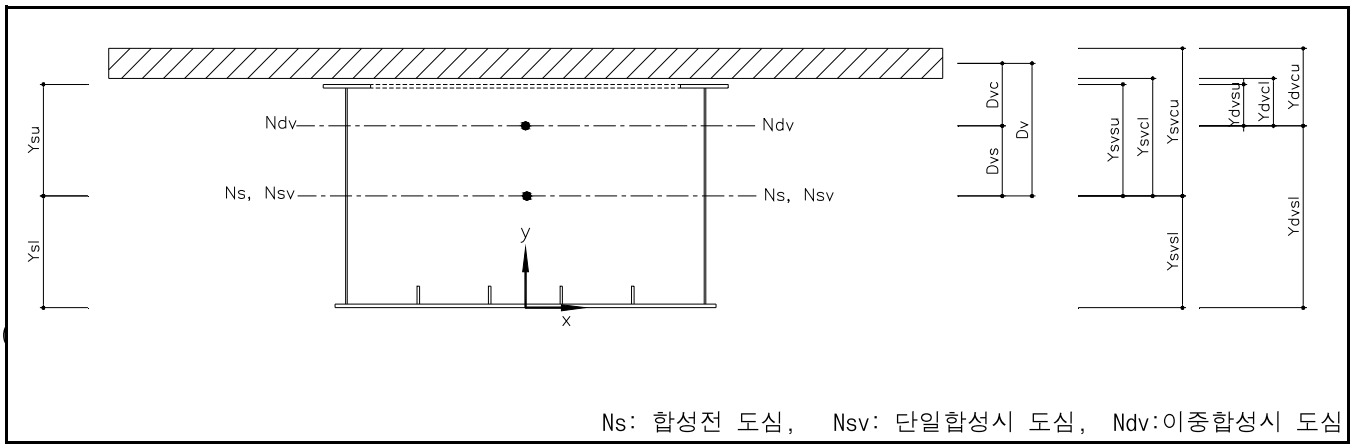
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	7782.9	11073.3	5557.2	16680.4	480.1	41573.9
전단력, S (kN)	430.3	838.4	381.4	761.4	6.9	2418.4
비틀림, T (kN-m)	-347.1	-580.1	-400.0	-1403.8	-26.2	-2757.15

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×20×2	20,000	3,028	6.056.E+07	6.667.E+05	6.516.E+10	6.516.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×14×2	84,000	1,518	1.275.E+08	6.300.E+10	7.311.E+09	7.031.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	93	3.348.E+05	6.750.E+06	4.597.E+09	4.603.E+09
하부플랜지	2600×18×1	46,800	9	4.212.E+05	1.264.E+06	6.897.E+10	6.897.E+10
계		154,400		1.888.E+08			2.090.E+11

- 도심 : ys = 188828000/154400 = 1223.0 mm

Ysu = 1222.979 - 3038 = -1815.0 mm

Ysl = 1223.0 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = 7,782.9x1000000 x (-1815.021) / 209049773001 = -67.573 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = 7,782.9x1000000 x 1222.979/209049773001 = 45.532 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =188828000/154400 = 1223.0 mm

- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

Ysvbcl = 0.0 mm

Ysvsu = 1222.979-3038 = -1815.0 mm

Ysvsl = 1223.0 mm

- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)

· fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 11073.33x1000000x0/(0x209049773001)= 0.000 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 11073.33x1000000x(-1815)/209049773001= -96.140 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 11073.33x1000000 x 1222.979/209049773001 = 64.781 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3178.0	6.864.E+08	1.037.E+09	1.435.E+11	1.445.E+11
단일합성시		154400.0	1223.0	1.888.E+08	2.090.E+11	2.007.E+11	4.097.E+11
계		370400.0		8.753.E+08			5.542.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.330
- 도심 : Ydv = 875275958/370400 = 2363.1 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2363.056 - 3298 -934.9 mm
Ydvtcl = 2363.056 - 3058 -694.9 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2363.056 - 3038 -674.9 mm
Ydvsl = 2363.1 mm

Ddvtc = 2363.056 - 3178 = -814.9 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2363.056 - 1222.979 = 1140.1 mm
Ddv = 814.944 + 1140.077 = 1955.0 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=5,557.2x1000000x(-934.944)/(7x554224804577)= -1.339 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 5,557.2x1000000x0/(0x554224804577)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 5557.197x1000000x(-674.944)/554224804577= -6.768 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 5557.197x1000000x2363.056/554224804577= 23.694 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 16680.4x1000000x(-934.944)/(7x554224804577) -4.020 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 16680.4x1000000x0/(0x554224804577)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 16680.4x1000000 x (-674.944) / 554224804577 = -20.314 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 16680.4 x1000000 x 2363.056 / 554224804577 = 71.120 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 480.1x1000000x(-934.944)/(7x554224804577)= -0.116 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 480.1x1000000x0/(0x554224804577)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 480.1x1000000x(-674.944)/554224804577= -0.585 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 480.1x1000000 x 2363.056 / 554224804577 = 2.047 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	3,178	343224000	518400000	142929377280	143447777280
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		154,400	1,223	188827958	209049773001	99960868842	309010641843
계		262,400		532051958			452458419123

- 도심 : yv1 = 532051958/262400 = 2027.6 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 2027.6 - 3298 = -1270.4 mm Dtc1 = 2027.6 - 3178 = -1,150 mm

Yv1tcl = 2027.6 - 3058 = -1030.4 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 2027.6 - 1222.979 = 805 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1150.4 + 804.621 = 1,955 mm

Yv1su = 2027.6 - 3038 = -1010.4 mm Yv1sl = 2,028 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 5557.197x1000000/(7x554224804577)x(-814.944)x1512000 = -1,765,027 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 5557.197x1000000/(7x554224804577)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1765026.993x2x2/(2+2) = -1,765,027 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 7257600000/1512000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1765026.993x(-1150.4+4800/(-814.944))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2040.9 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1765026.993+0)/262400+(0.33)x2040.883x1000000x(-1270.4)/452458419123)]-0.5x2x(-1.339)

= 0.723 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,765,027.0+0)/262400+(0.33)x(2040.883)x10^6x(-1010.4)/45245841912 -8.230 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,765,027.0+0)/262400+(0.33)x(2040.883)x10^6x2027.6/452458419123= -3.708 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	3,178	2.288.E+08	3.456.E+08	1.280.E+11	1.283.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		154,400	1,223	1.888.E+08	2.090.E+11	5.968.E+10	2.687.E+11
계		226,400		4.176.E+08			3.971.E+11

- 도심 : yv2 = 417643958/226400 = 1844.7 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,844.7-3298= -1453.3 mm Dtc2 = 1844.717 - 3178 = -1,333 mm

Yv2tcl=1,844.7-3058= -1213.3 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1844.717 - 1222.979 = 622 mm

Yv2su =1,844.7-3038= -1193.3 mm Dv2 = 1333.283 + 621.7 = 1,955 mm

Yv2sl = 1844.7 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1512000 = -3,985,200 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -3985200.1 x (-1333.283) + 0x0 5,313 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-3985200.1+0)/226400+(0.33)x5313.4x10^6x(-1453.3)/397070286098)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.492 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-3985200.1+0)/226400+(0.33)x5313.4x10^6x(-1193.3)/397070286098 = -22.872 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-3985200.1+0)/226400+(0.33)x5313.4x10^6x1844.717/397070286098 = -9.456 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1・y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	3,178	6.864.E+08	1.037.E+09	1.434.E+11	1.445.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		154,400	1,223	1.888.E+08	2.090.E+11	2.007.E+11	4.098.E+11
계		370,400		8.753.E+08			5.542.E+11

- 도심 : yv3 = 875275958/370400 = 2363.1 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,363.1-3298= -934.9 mm
Yv3tcl= 2,363.1-3058= -694.9 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,363.1-3038= -674.9 mm
Yv3sl= 2363.1 mm

Dtc3 = 2363.1 - 3178 = -814.9 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2363.1 - 1222.979 = 1140.1 mm
Dv3 = 814.9 + 1140.1 = 1955.0 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 5313600 x (-814.9) / 1000000 = -4330.053 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/370400+(0.33)x(-4330053000)x(-934.9)/554224805294)-27804x0.000012x10
  = -0.943 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/370400+(0.33)x(-4330053000)x0/554224805294)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 5313600/370400+(0.33)x(-4330.053)x10^6x(-674.9)/554224805294= 16.086 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 5313600/370400+(0.33)x(-4330.053)x10^6x2363.1/554224805294= 8.253 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7264723.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 430.28 x 1000 / 84000 + 347.15x10^6 / (2 x 7264723.7x14) = 6.829 MPa

2) 단일합성시

· F = 7264723.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 838.43 x 1000 /84000 + 580.06x10^6 / (2 x 7264723.7x14) = 12.833 MPa

3) 이중합성시

· F = 7308417.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1142.77 x 1000 /84000 + 1803.75x10^6 / (2 x 7308417.8x14) = 22.419 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 20.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(20/250)² = -153.6 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.083) = 3000 / (281 x 1.083) = 9.858 mm

여기서, √(fca/fc) = √(192/163.713) = 1.083 < 1.2 1.083 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.087) = 3000 / (281 x 1.087) = 9.822 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/194.672) = 1.087 < 1.2 1.087 적용

∴ t_min = 9.858 < t = 14.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 163.713	- 192.000	110.313	287.500
	2	- 5.186	- 10.800	-	-	- 194.672	- 230.000	205.691	230.000
	3	- 3.260	- 10.800	-	-	- 222.482	- 264.500	194.010	230.000
	4	- 4.203	- 12.420	-	-	- 206.396	- 299.000	202.263	264.500
	5	- 2.317	- 12.420	-	-	- 238.568	- 299.000	185.757	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.894 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.853	0.384	19.662	168.8	0.12	0.74
	2	0.480	-	0.846	0.894	42.081	135.0	0.31	0.90
	3	0.302	-	0.841	0.844	42.081	155.3	0.27	0.78
	4	0.338	-	0.690	0.765	42.081	175.5	0.24	0.64
	5	0.187	-	0.798	0.702	42.081	175.5	0.24	0.69

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-9.4	-16.0	-	-	-277.0	-380.0	323.7	380.0
	2	-7.5	-16.0	-	-	-309.2	-380.0	307.2	380.0
	3	-11.0	-16.0	-	-	-252.5	-380.0	333.9	380.0
	4	-9.2	-16.0	-	-	-284.7	-380.0	317.4	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.879 < 1.0 ∴ O.K.							

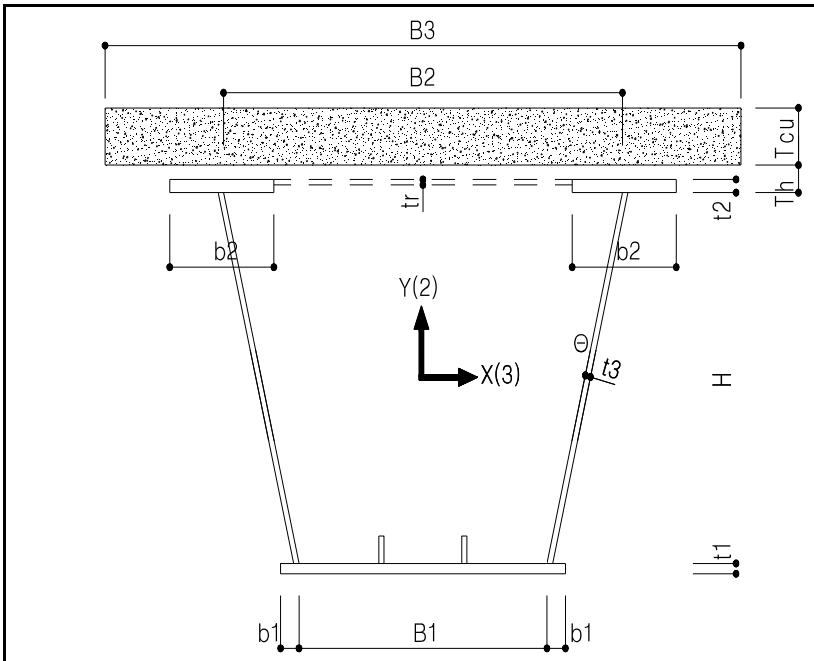
◎ **정모멘트** **< 단면 17 >** 단면위치: 80,2/4지점 **(외측거더)**

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15290

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2500
t1	12
t2	18
t3	12
tr	0.703
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

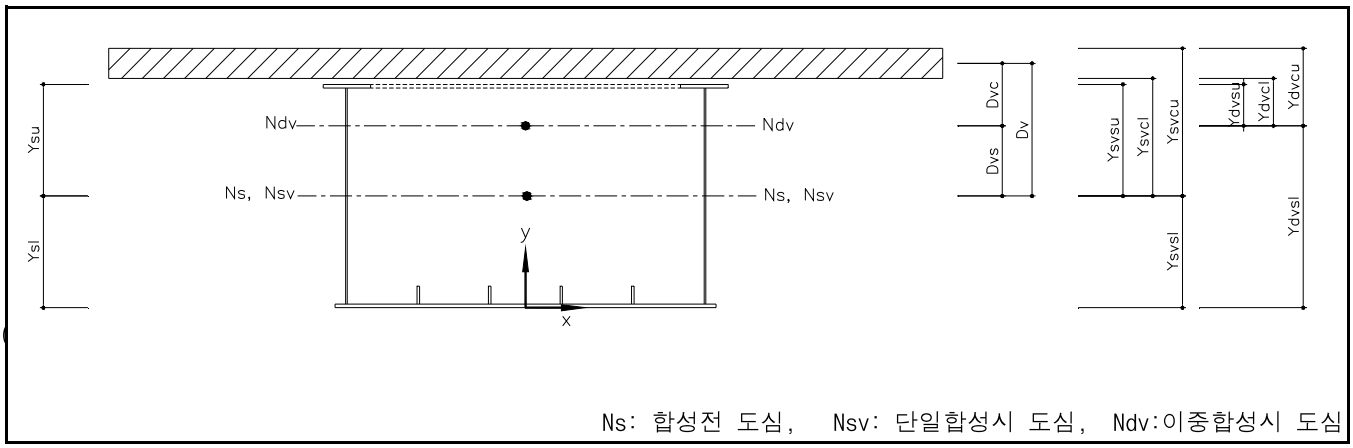
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	2167.5	7056.2	3471.7	10824.7	101.9	23622.0
전단력, S (kN)	-3.1	-4.9	-2.5	-527.7	-15.0	-553.3
비틀림, T (kN-m)	5.6	6.1	9.8	682.1	4.0	707.52

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×18×2	18,000	2,521	4.538.E+07	4.860.E+05	3.748.E+10	3.748.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,500.0×12×2	60,000	1,262	7.572.E+07	3.125.E+10	2.031.E+09	3.328.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	87	3.132.E+05	6.750.E+06	3.535.E+09	3.542.E+09
하부플랜지	2600×12×1	31,200	6	1.872.E+05	3.744.E+05	3.585.E+10	3.585.E+10
계		112,800		1.216.E+08			1.102.E+11

- 도심 : ys = 121598400/112800 = 1078.0 mm
  Ysu = 1078 - 2530 = -1452.0 mm
  Ysl = 1078.0 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 2,167.5x1000000 x (-1452) / 110159484800 = -28.570 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 2,167.5x1000000 x 1078/110159484800 = 21.211 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =121598400/112800 = 1078.0 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1078-2530 = -1452.0 mm
  Ysvsl = 1078.0 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 7056.207x1000000x0/(0x110159484800)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 7056.207x1000000x(-1452)/110159484800= -93.007 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 7056.207x1000000 x 1078/110159484800 = 69.051 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	2672.0	5.772.E+08	1.037.E+09	6.459.E+10	6.563.E+10
단일합성시		112800.0	1078.0	1.216.E+08	1.102.E+11	1.237.E+11	2.338.E+11
계		328800.0		6.988.E+08			2.995.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.150
- 도심 : Ydv = 698750400/328800 = 2125.2 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2125.153 - 2792 -666.8 mm
Ydvtcl = 2125.153 - 2552 -426.8 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2125.153 - 2530 -404.8 mm
Ydvsl = 2125.2 mm

Ddvtc = 2125.153 - 2672 = -546.8 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2125.153 - 1078 = 1047.2 mm
Ddv = 546.847 + 1047.153 = 1594.0 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=3,471.7x1000000x(-666.847)/(7x299477796274)= -1.104 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 3,471.7x1000000x0/(0x299477796274)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 3471.686x1000000x(-404.847)/299477796274= -4.693 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 3471.686x1000000x2125.153/299477796274= 24.636 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 10824.7x1000000x(-666.847)/(7x299477796274) -3.443 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 10824.7x1000000x0/(0x299477796274)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 10824.7x1000000 x (-404.847) / 299477796274 = -14.633 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 10824.7 x1000000 x 2125.153 / 299477796274 = 76.814 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 101.9x1000000x(-666.847)/(7x299477796274)= -0.032 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 101.9x1000000x0/(0x299477796274)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 101.9x1000000x(-404.847)/299477796274= -0.138 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 101.9x1000000 x 2125.153 / 299477796274 = 0.723 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7257600000		
환산 상부바닥판		108,000	2,672	288576000	518400000	71613124920	72131524920
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		112,800	1,078	121598400	110159484800	68574739752	178734224552
계		220,800		410174400			250865749472

- 도심 : yv1 = 410174400/220800 = 1857.7 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1857.7 - 2792 = -934.3 mm Dtc1 = 1857.7 - 2672 = -814 mm

Yv1tcl = 1857.7 - 2552 = -694.3 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1857.7 - 1078 = 780 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 814.3 + 779.7 = 1,594 mm

Yv1su = 1857.7 - 2530 = -672.3 mm Yv1sl = 1,858 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 3471.686x1000000/(7x299477796274)x(-546.847)x1512000 = -1,369,290 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 3471.686x1000000/(7x299477796274)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1369289.868x2x2/(2+2) = -1,369,290 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 7257600000/1512000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1369289.868x(-814.3+4800/(-546.847))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 1127.0 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1369289.868+0)/220800+(-0.15)x1127.032x1000000x(-934.3)/250865749472)]-0.5x2x(-1.104)

= 0.706 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,369,289.9+0)/220800+(-0.15)x(1127.032)x10^6x(-672.3)/25086574947 -5.748 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,369,289.9+0)/220800+(-0.15)x(1127.032)x10^6x1857.7/250865749472= -7.453 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		72,000	2,672	1.924.E+08	3.456.E+08	6.816.E+10	6.850.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		112,800	1,078	1.216.E+08	1.102.E+11	4.351.E+10	1.537.E+11
계		184,800		3.140.E+08			2.222.E+11

- 도심 : yv2 = 313982400/184800 = 1699.0 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,699.0-2792= -1093.0 mm Dtc2 = 1699.039 - 2672 = -973 mm

Yv2tcl=1,699.0-2552= -853.0 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1699.039 - 1078 = 621 mm

Yv2su =1,699.0-2530= -831.0 mm Dv2 = 972.961 + 621 = 1,594 mm

Yv2sl = 1699.0 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1512000 = -3,985,200 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -3985200.1 x (-972.961) + 0x0 3,877 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-3985200.1+0)/184800+(-0.15)x3877.4x10^6x(-1093)/222169877320)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.745 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-3985200.1+0)/184800+(-0.15)x3877.4x10^6x(-831)/222169877320 = -19.389 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-3985200.1+0)/184800+(-0.15)x3877.4x10^6x1699.039/222169877320 = -26.013 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216,000	2,672	5.772.E+08	1.037.E+09	6.458.E+10	6.562.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		112,800	1,078	1.216.E+08	1.102.E+11	1.237.E+11	2.339.E+11
계		328,800		6.988.E+08			2.995.E+11

- 도심 : yv3 = 698750400/328800 = 2125.2 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,125.2-2792= -666.8 mm
Yv3tcl= 2,125.2-2552= -426.8 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,125.2-2530= -404.8 mm
Yv3sl= 2125.2 mm

Dtc3 = 2125.2 - 2672 = -546.8 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2125.2 - 1078 = 1047.2 mm
Dv3 = 546.8 + 1047.2 = 1594.0 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 5313600 x (-546.8) / 1000000 = -2905.476 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/328800+(-0.15)x(-2905476000)x(-666.8)/299477796992)-27804x0.000012x10
  = -1.166 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(5313600/328800+(-0.15)x(-2905476000)x0/299477796992)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 5313600/328800+(-0.15)x(-2905.476)x10^6x(-404.8)/299477796992= 15.571 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 5313600/328800+(-0.15)x(-2905.476)x10^6x2125.2/299477796992= 19.253 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6045462.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 3.13 x 1000 / 60000 + 5.55x10^6 / (2 x 6045462.8x12) = 0.090 MPa

2) 단일합성시

· F = 6045462.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 4.94 x 1000 /60000 + 6.08x10^6 / (2 x 6045462.8x12) = 0.124 MPa

3) 이중합성시

· F = 6089120.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 530.2 x 1000 /60000 + 691.86x10^6 / (2 x 6089120.7x12) = 13.571 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 18.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(18/250)² = -124.4 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.131) = 2500 / (281 x 1.131) = 7.866 mm

여기서, √(fca/fc) = √(155.52/121.577) 1.131 < 1.2 1.131 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2500 / (281 x 1.2) = 7.414 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/143.34) = 1.267 > 1.2 1.200 적용

∴ t_min = 7.866 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 121.577	- 155.520	90.262	287.500
	2	- 4.297	- 10.800	-	-	- 143.340	- 230.000	189.454	230.000
	3	- 2.128	- 10.800	-	-	- 166.178	- 264.500	158.969	230.000
	4	- 3.294	- 12.420	-	-	- 150.607	- 299.000	178.222	264.500
	5	- 0.962	- 12.420	-	-	- 181.749	- 299.000	139.716	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.824 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.782	0.314	0.214	168.8	0.00	0.61
	2	0.398	-	0.623	0.824	13.785	135.0	0.10	0.69
	3	0.197	-	0.628	0.691	13.785	155.3	0.09	0.49
	4	0.265	-	0.504	0.674	13.785	175.5	0.08	0.46
	5	0.077	-	0.608	0.528	13.785	175.5	0.08	0.38

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-7.8	-16.0	-	-	-202.9	-380.0	303.3	380.0
	2	-5.5	-16.0	-	-	-234.0	-380.0	264.8	380.0
	3	-9.7	-16.0	-	-	-182.3	-380.0	330.8	380.0
	4	-7.4	-16.0	-	-	-213.5	-380.0	292.3	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.870 < 1.0 ∴ O.K.							

5.2 교번구간 응력검토

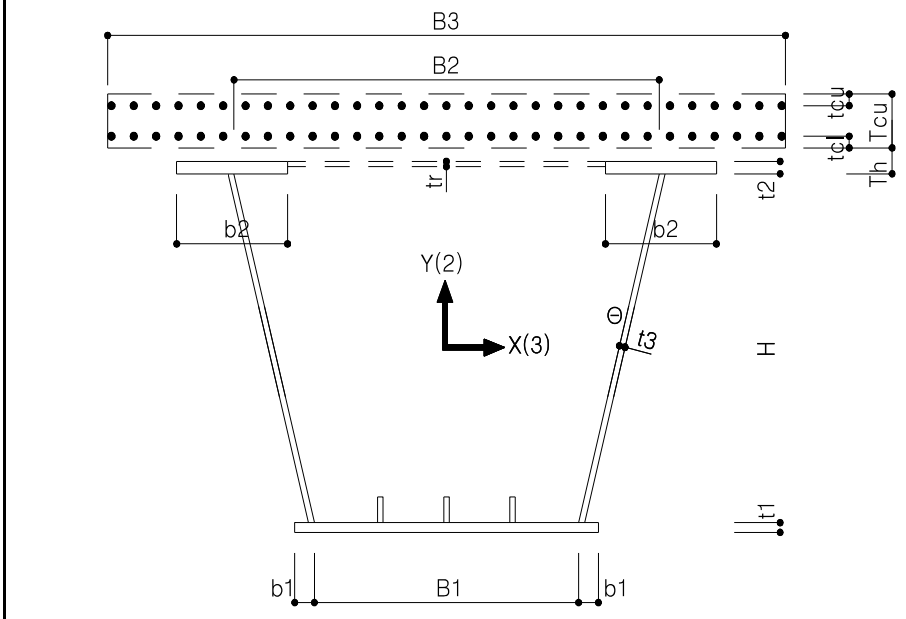
◎ 교번구간 < 단면 7 > 단면위치: 67,1/4지점(외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.11170

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3088
t1	18
t2	20
t3	16
tr	0.68
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	180	16	4	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

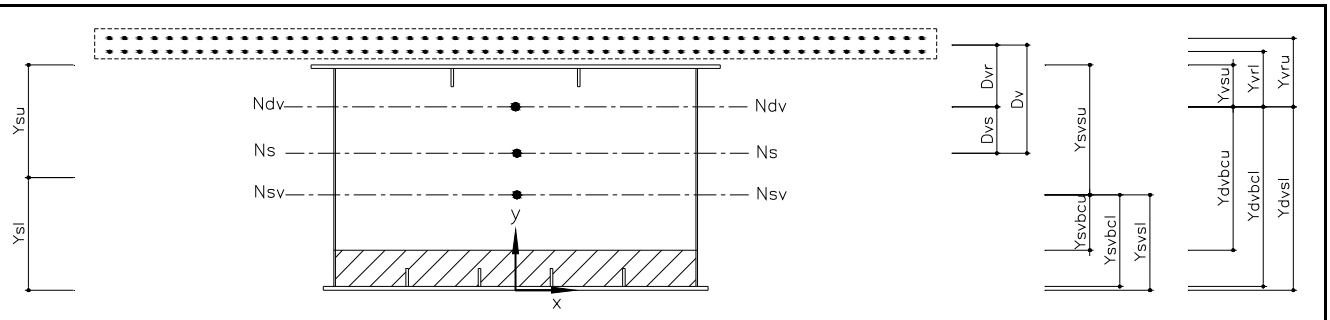
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-1300.9	-6832.0	-2673.8	-12805.8	-463.2	-24075.8
전단력, S (kN)	747.4	1492.1	687.8	1095.3	5.3	4027.8
비틀림, T (kN-m)	-436.1	-554.0	-523.3	-2169.2	-42.5	-3725.05

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×20×2	20,000	3,116	6.232.E+07	6.667.E+05	7.094.E+10	7.094.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,088.0×16×2	98,816	1,562	1.544.E+08	7.852.E+10	1.072.E+10	8.925.E+10
하부리브	180×16×4	11,520	108	1.244.E+06	3.110.E+07	1.457.E+10	1.460.E+10
하부플랜지	2600×18×1	46,800	9	4.212.E+05	1.264.E+06	7.007.E+10	7.007.E+10
계		177,136		2.183.E+08			2.449.E+11

- 도심 : ys = 218335952/177136 = 1232.6 mm

Ysu = 1232.6 - 3126 = -1893.4 mm

Ysl = 1232.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -1,300.9x1000000 x (-1893.4) / 244861037134.8 = 10.059 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -1,300.9x1000000 x 1232.6/244861037134.8 = -6.549 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		177136.0	1232.6	2.18.E+08	2.45.E+11	-	2.45.E+11
계		177136.0		2.18.E+08			2.45.E+11

- 도심 : ysv = 218337834/177136 = 1232.6 mm n' = 0

Ysvsu = 1232.6-3126= -1893.4 mm

Ysvsl = 1232.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -6832.048x1000000 x (-1893.4) / 244861037134.8 = 52.829 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -6832.048x1000000 x 1232.6/244861037134.8 = -34.392 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x100	28650.0					
환산바닥판 철근		28650.0	3256.0	9.328.E+07		8.691.E+10	8.691.E+10
단일합성시		177136.0	1232.6	2.183.E+08	2.449.E+11	1.406.E+10	2.589.E+11
계		205786.0		3.116.E+08			3.458.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.112
- 도심 : Ydv = 311622234/205786 = 1514 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1514.3-3326= -1811.7 mm Ddvr = 1514.3 - 3256 = -1741.7 mm
Ydvrcl= 1514.3-3186= -1671.7 mm Ddvs = 1514.3 - 1232.6 = 281.7 mm
Ydvsu= 1514.3-3126= -1611.7 mm Ddv = 1741.7 + (281.7) = 2023.4 mm
Ydvsl= 1514.3 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-2,673.8x1000000x(-1811.7)/(1x345827961128.8) 14.007 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -2673.773x1000000 x (-1611.7)/345827961128.8 = 12.461 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -2673.773x1000000 x 1514.3/345827961128.8 = -11.708 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -12805.8x1000000x(-1811.7)/(1x345827961128.8 67.086 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -12805.8x1000000 x (-1611.7)/345827961128.8 = 59.680 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -12805.8x1000000 x 1514.3/345827961128.8 = -56.074 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -463.2x1000000x(-1811.7)/(1x345827961128.8)= 2.427 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -463.2x1000000 x (-1611.7) / 345827961128.8= 2.159 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -463.2x1000000 x 1514.3/345827961128.8= -2.028 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3266.0	7.055.E+08	1.037.E+09	1.813.E+11	1.824.E+11
합성전		177136.0	1232.6	2.183.E+08	2.449.E+11	2.211.E+11	4.660.E+11
계		393136.0		9.238.E+08			6.483.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 923793834/393136 = 2349.8 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		108000.0	3266.0	3.527.E+08	5.184.E+08	1.723.E+11	1.729.E+11
합성전		177136.0	1232.6	2.183.E+08	2.449.E+11	1.051.E+11	3.499.E+11
계		285136.0		5.711.E+08			5.228.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 571065833.6/285136 = 2002.8 mm

Yv1tcu= 2349.8-3386= -1036.2 mm Dtc1 = 2349.8 - 3266 = -916.2 mm
Yv1tcl= 2349.8-3146= -796.2 mm Ddvtc1 = 2002.8 - 3266 = -1263.2 mm
Yv1su= 2349.8-3126= -776.2 mm Av1 = As +Ac/n1 = 285136.0 mm^2
Yv1sl= 2349.8 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1263.216 mm
Dvs1= 2349.8-1232.6= 1117.2 mm ds1 = dv - dc1 = 770.184 mm
Dv1= 916.2+1117.2= 2033.4 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  · Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
  = -2673.773x1000000/(7x648302874328.8)x(-916.2)x1512000 = 816,189 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 816188.8x2x2/(2+2) = 816,189 N
  · Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
  = 816188.8x (-1263.2) /1000000 = -1031.0 kN-m
- 상부철근 응력 :
  · fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
  = 816188.8/205786+(0.112)x(-1031)x1000000x(-1811.7)/345827961129
  = 4.571 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
  = 816188.8/285136+(0.112)x(-1031)x1000000x(-776.2)/522790754355.724
  = 3.034 MPa
  · fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
  = 816188.8/285136+(0.112)x(-1031)x1000000x2349.8/522790754355.724
  = 2.343 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산상부바닥판		72,000	3,266	2.352.E+08	3.456.E+08	1.505.E+11	1.508.E+11
합성전		177,136	1,233	2.183.E+08	2.449.E+11	6.118.E+10	3.060.E+11
계		249,136	-	4.535.E+08			4.569.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 453489833.6/249136 = 1820.30 mm

  Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

  Ydv2su = 1820.3 - 3126 = -1305.7 mm

  Ydv2sl = 1820.3 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

  Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1512000 = - 3,985,198 N

  Ddv = 1820.3 - 3266 = - 1,446 mm

  Av2 = As + Acu/n2 = 177136 + 1512000 / 21 = - mm^2

  dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 2033.4 x 177136 / (1512000 / 21 + 177136) = 1,446 mm

  ds2 = dv - dc2 = 2033.4 - 1445.7 = 588 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-3985198.1 x (-1445.7)] / 1000000

= 5761.4 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -3985198.1/205786+(0.112)x5761.4x1000000x(-1811.7)/345827961129

= -22.746 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -3985198.1/249136+(0.112)x5761.4x1000000x(-1305.7)/456871359960.24

= -17.840 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -3985198.1/249136+(0.112)x5761.4x1000000x1820.3/456871359960.24

= -13.425 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 5313600x-916.2 / 1000000 = -4868.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 5313600/205786 + (0.112)x(-4868.3)x(-1811.7) / 345827961128.8 - 205000 x 0.00012

= 4.077 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 5313600 /205786+(0.112)x(-4868.3)x1000000x(-1611.7)/345827961128.8 28.362 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 5313600 /205786+(0.112)x(-4868.3)x100000x1514.3/345827961128.8 = 23.433 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7483350.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 747.39 x 1000 /98816 + 436.07x1000000 / (2 x 7483350.5x16) = 9.384 MPa

2) 단일합성시

· F = 7483350.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1492.08 x 1000 /98816 + 554x1000000 / (2 x 7483350.5x16) = 17.413 MPa

3) 이중합성시

· F = 7527080.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1783.08 x 1000 /98816 + 2692.53x1000000 / (2 x 7527080.8x16) = 29.223 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 5) = 6.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 5) = 10.9 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 21.8mm ⓑ b/(44xixn) = 10.9mm ⓒ b/(80xixn) = 6.0mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -205.7 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3088 / (281 x 1.2 = 9.158

여기서, √(fca/fc) = √(230/40.941) = 2.242 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3088 / (281 x 1.2 = 9.158

여기서, √(fca/fc) = √(205.733/110.751) 1.363 > 1.2 1.20 적용

∴ t_min = 9.158 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	10.1	287.5	-6.5	-257.2
	2	-	-	0.0	0.0	62.9	230.0	-40.9	-205.7
	3	83.5	160.0	0.0	0.0	137.2	230.0	-110.8	-205.7
	4	65.3	160.0	0.0	0.0	122.4	230.0	-121.8	-205.7
	5	69.4	184.0	0.0	0.0	150.7	264.5	-98.4	-236.6
	6	61.3	184.0	0.0	0.0	94.0	264.5	-145.3	-236.6
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.035	0.025	9.384	168.8	0.06	0.00
	2	-	0.000	0.273	0.199	26.797	135.0	0.20	0.11
	3	0.522	0.000	0.596	0.538	56.02	135.0	0.41	0.53
	4	0.408	0.000	0.532	0.592	56.02	135.0	0.41	0.52
	5	0.377	0.000	0.570	0.416	56.02	155.3	0.36	0.46
	6	0.333	0.000	0.355	0.614	56.02	155.3	0.36	0.51

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	148.3	400.0	0.00	0.0	239.8	380.0	-176.7	-380.0
	2	140.2	400.0	0.00	0.0	183.1	380.0	-223.5	-380.0
	3	166.5	400.0	0.00	0.0	254.6	380.0	-165.6	-380.0
	4	158.4	400.0	0.00	0.0	197.9	380.0	-212.4	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.670	<	1.0	∴	O.K.

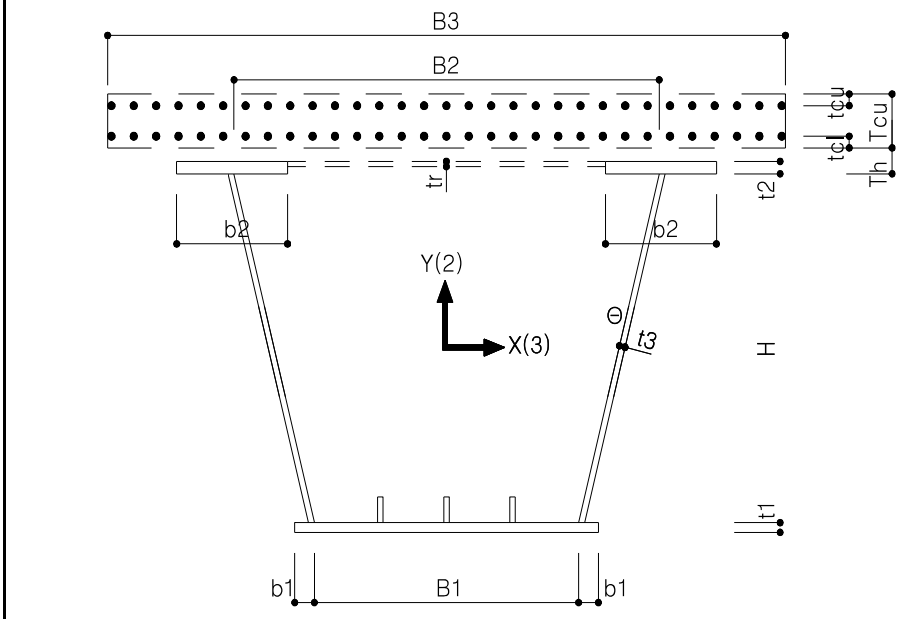
◎ 교번구간 < 단면 8 > 단면위치: 68,1/4지점(외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.04054

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3202
t1	18
t2	20
t3	16
tr	0.68
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	985	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	200	20	4	하부플랜지	2583	하부슬래브	0	n'(하부)	0

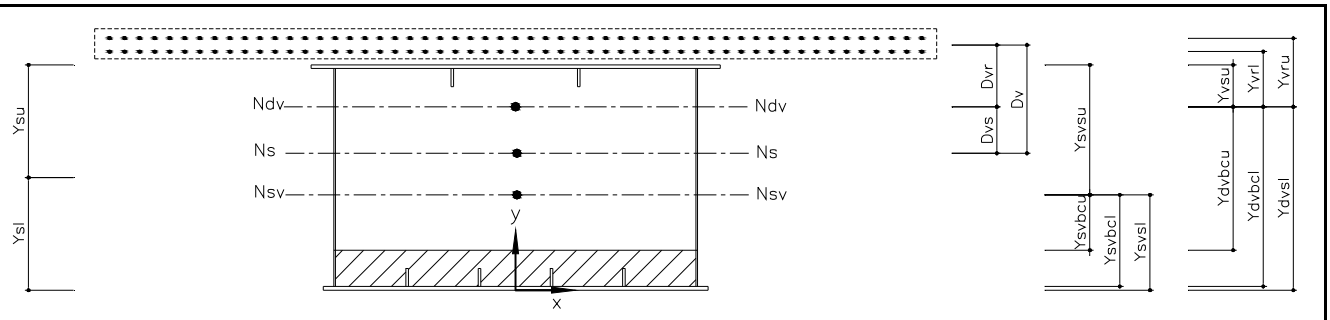
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-5360.7	-14895.9	-6447.3	-15050.7	-488.5	-42243.2
전단력, S (kN)	825.1	1624.2	778.8	1216.6	4.2	4448.8
비틀림, T (kN-m)	-585.4	-683.7	-488.4	-2465.5	-45.7	-4268.60

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	984.8×20×2	39,393	3,230	1.272.E+08	1.313.E+06	1.254.E+11	1.254.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,202.0×16×2	102,464	1,619	1.659.E+08	8.755.E+10	3.077.E+09	9.062.E+10
하부리브	200×20×4	16,000	118	1.888.E+06	5.333.E+07	2.820.E+10	2.826.E+10
하부플랜지	2582.8×18×1	46,490	9	4.184.E+05	1.255.E+06	9.596.E+10	9.596.E+10
계		204,346		2.954.E+08			3.403.E+11

- 도심 : ys = 295433400/204346.4 = 1445.7 mm
  Ysu = 1445.7 - 3240 = -1794.3 mm
  Ysl = 1445.7 mm

- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = -5,360.7x1000000 x (-1794.3) / 340258132740 = 28.269 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = -5,360.7x1000000 x 1445.7/340258132740 = -22.777 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		204346.4	1445.7	2.95.E+08	3.40.E+11	-	3.40.E+11
계		204346.4		2.95.E+08			3.40.E+11

- 도심 : ysv = 295423590/204346.4 = 1445.7 mm n' = 0
  Ysvsu = 1445.7-3240= -1794.3 mm
  Ysvsl = 1445.7 mm

- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -14895.86x1000000 x (-1794.3) / 340258132740 = 78.551 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -14895.86x1000000 x 1445.7/340258132740 = -63.290 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x100	28650.0					
환산바닥판 철근		28650.0	3370.0	9.655.E+07		8.160.E+10	8.160.E+10
단일합성시		204346.4	1445.7	2.954.E+08	3.403.E+11	1.144.E+10	3.517.E+11
계		232996.4		3.920.E+08			4.333.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.041
- 도심 : Ydv = 391974090/232996.4 = 1682 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1682.3-3440= -1757.7 mm Ddvr = 1682.3 - 3370 = -1687.7 mm
Ydvrcl= 1682.3-3300= -1617.7 mm Ddvs = 1682.3 - 1445.7 = 236.6 mm
Ydvsu= 1682.3-3240= -1557.7 mm Ddv = 1687.7 + (236.6) = 1924.3 mm
Ydvsl= 1682.3 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-6,447.3x1000000x(-1757.7)/(1x433302045759)= 26.154 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -6447.326x1000000 x (-1557.7)/433302045759 = 23.178 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -6447.326x1000000 x 1682.3/433302045759 = -25.032 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -15050.7x1000000x(-1757.7)/(1x433302045759)= 61.054 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -15050.7x1000000 x (-1557.7)/433302045759 = 54.107 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -15050.7x1000000 x 1682.3/433302045759 = -58.435 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -488.5x1000000x(-1757.7)/(1x433302045759)= 1.982 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -488.5x1000000 x (-1557.7) / 433302045759= 1.756 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -488.5x1000000 x 1682.3/433302045759= -1.897 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3380.0	7.301.E+08	1.037.E+09	1.910.E+11	1.920.E+11
합성전		204346.4	1445.7	2.954.E+08	3.403.E+11	2.019.E+11	5.422.E+11
계		420346.4		1.026.E+09			7.342.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 1025503590/420346.4 = 2439.7 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		108000.0	3380.0	3.650.E+08	5.184.E+08	1.730.E+11	1.735.E+11
합성전		204346.4	1445.7	2.954.E+08	3.403.E+11	9.141.E+10	4.317.E+11
계		312346.4		6.605.E+08			6.051.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 660463590.5/312346.4 = 2114.5 mm

Yv1tcu= 2439.7-3500=	-1060.3 mm	Dtc1 = 2439.7 - 3380 =	-940.3	mm	
Yv1tcl= 2439.7-3260=	-820.3 mm	Ddvtc1 = 2114.5 - 3380 =	-1265.5	mm	
Yv1su= 2439.7-3240=	-800.3 mm	Av1 = As +Ac/n1 =	312346.4	mm^2	
Yv1sl=	2439.7 mm	dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)=	1265.477	mm	
Dvs1= 2439.7-1445.7=	994.0 mm	ds1 = dv - dc1 =	668.823	mm	
Dv1= 940.3+994=	1934.3 mm				

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  - Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
    = -6447.326x1000000/(7x734175975850)x(-940.3)x1512000 = 1,783,609 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  - Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1783609x2x2/(2+2) = 1,783,609 N
  - Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
    = 1783609x (-1265.5) /1000000 = -2257.1 kN-m
- 상부철근 응력 :
  - fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
    = 1783609/232996.4+(0.041)x(-2257.1)x1000000x(-1757.7)/433302045759
    = 8.030 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  - fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
    = 1783609/312346.4+(0.041)x(-2257.1)x1000000x(-800.3)/605140283784.964
    = 5.833 MPa
  - fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
    = 1783609/312346.4+(0.041)x(-2257.1)x1000000x2439.7/605140283784.964
    = 5.337 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산상부바닥판		72,000	3,380	2.434.E+08	3.456.E+08	1.473.E+11	1.476.E+11
합성전		204,346	1,446	2.954.E+08	3.403.E+11	5.191.E+10	3.922.E+11
계		276,346	-	5.388.E+08			5.398.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 538783590.5/276346.4 = 1949.70 mm

  Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

  Ydv2su = 1949.7 - 3240 = -1290.3 mm

  Ydv2sl = 1949.7 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

  Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1512000 = - 3,985,198 N

  Ddv = 1949.7 - 3380 = - 1,430 mm

  Av2 = As + Acu/n2 = 204346.4 + 1512000 / 21 = - mm^2

  dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1934.3 x 204346.4 / (1512000 / 21 + 204346.4) 1,430 mm

  ds2 = dv - dc2 = 1934.3 - 1430.3 = 504 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-3985198.1 x (-1430.3)] / 1000000

= 5700.0 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -3985198.1/232996.4+(0.041)x5700x1000000x(-1757.7)/433302045759

= -18.052 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -3985198.1/276346.4+(0.041)x5700x1000000x(-1290.3)/539805570362.4

= -14.980 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -3985198.1/276346.4+(0.041)x5700x1000000x1949.7/539805570362.4

= -13.577 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 5313600x-940.3 / 1000000 = -4996.4 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 5313600/232996.4 + (0.041)x(-4996.4)x(-1757.7) / 433302045759 - 205000 x 0.00012

= -0.964 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 5313600 /232996.4+(0.041)x(-4996.4)x1000000x(-1557.7)/433302045759 23.542 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 5313600 /232996.4+(0.041)x(-4996.4)x100000x1682.3/433302045759 = 22.010 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7758774.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 825.08 x 1000 /102464 + 585.38x1000000 / (2 x 7758774.5x16) = 10.410 MPa

2) 단일합성시

· F = 7758774.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1624.15 x 1000 /102464 + 683.7x1000000 / (2 x 7758774.5x16) = 18.605 MPa

3) 이중합성시

· F = 7802504.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1995.44 x 1000 /102464 + 2953.83x1000000 / (2 x 7802504.8x16) = 31.305 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 5) = 6.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 5) = 10.9 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 21.8mm ⓑ b/(44xixn) = 10.9mm ⓒ b/(80xixn) = 6.0mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -205.7 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3202 / (281 x 1.2 = 9.496

여기서, √(fca/fc) = √(230/86.067) = 1.546 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.095) = 3202 / (281 x 1 = 10.406

여기서, √(fca/fc) = √(205.733/171.431) 1.095 < 1.2 1.10 적용

∴ t_min = 10.406 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	28.3	287.5	-22.8	-257.2
	2	-	-	0.0	0.0	106.8	230.0	-86.1	-205.7
	3	89.2	160.0	0.0	0.0	185.9	230.0	-171.4	-205.7
	4	79.2	160.0	0.0	0.0	176.7	230.0	-179.7	-205.7
	5	78.2	184.0	0.0	0.0	200.3	264.5	-157.7	-236.6
	6	80.1	184.0	0.0	0.0	153.2	264.5	-201.7	-236.6
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.098	0.089	10.410	168.8	0.06	0.01
	2	-	0.000	0.464	0.418	29.015	135.0	0.21	0.26
	3	0.557	0.000	0.808	0.833	60.32	135.0	0.45	0.89
	4	0.495	0.000	0.768	0.873	60.32	135.0	0.45	0.96
	5	0.425	0.000	0.757	0.666	60.32	155.3	0.39	0.72
	6	0.436	0.000	0.579	0.852	60.32	155.3	0.39	0.88

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	154.3	400.0	0.00	0.0	299.7	380.0	-256.3	-380.0
	2	156.2	400.0	0.00	0.0	252.6	380.0	-300.3	-380.0
	3	164.3	400.0	0.00	0.0	308.9	380.0	-248.1	-380.0
	4	166.2	400.0	0.00	0.0	261.8	380.0	-292.1	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.813	<	1.0	∴	O.K.

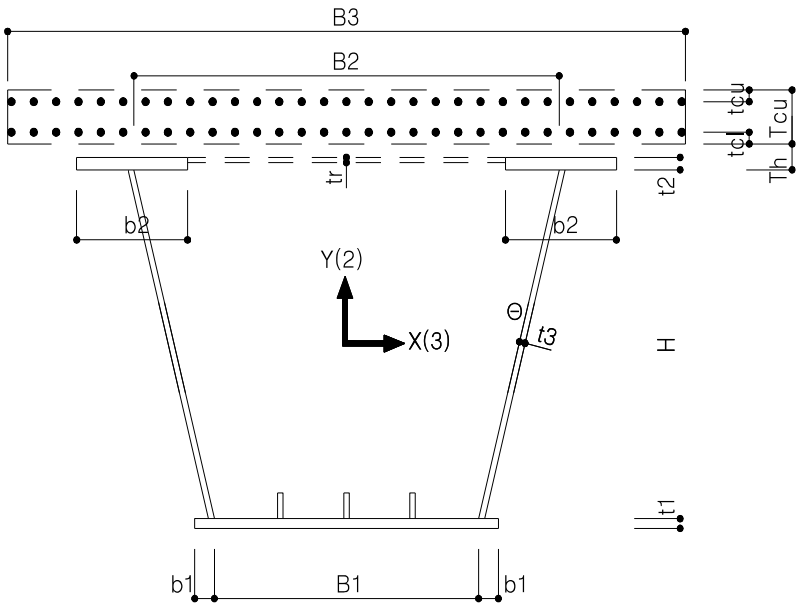
◎ **교번구간** **< 단면 9 >** 단면위치: 68,J지점 **(외측거더)**

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.01282

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3320
t1	22
t2	24
t3	16
tr	0.66
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	2878	상부바닥판	6139	n(상부)	7
하부리브	220	20	4	하부플랜지	2578	하부슬래브	0	n'(하부)	0

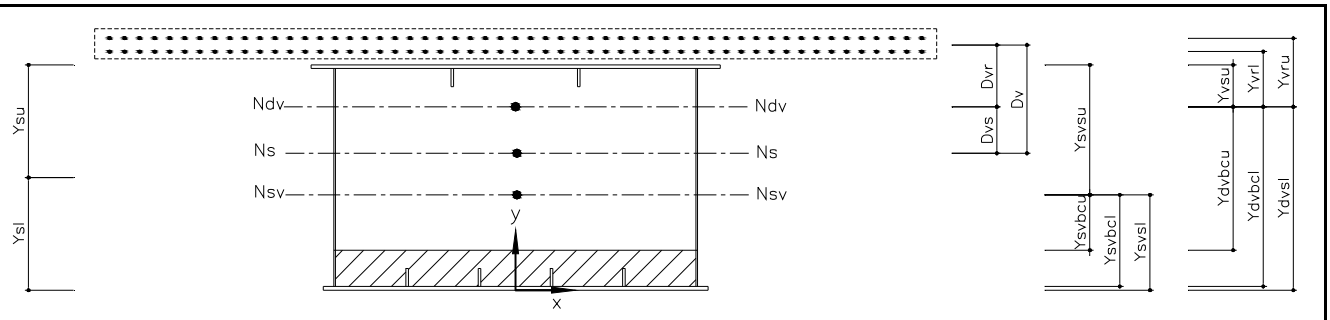
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-8828.7	-21397.0	-9576.3	-17903.6	-504.6	-58210.1
전단력, S (kN)	985.2	1748.1	844.2	1305.1	4.2	4886.7
비틀림, T (kN-m)	-585.4	-681.8	-577.4	-2436.7	-45.7	-4326.99

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	2877.6×24×1	69,064	3,354	2.316.E+08	3.315.E+06	1.992.E+11	1.992.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,320.0×16×2	106,240	1,682	1.787.E+08	9.758.E+10	7.349.E+07	9.766.E+10
하부리브	220×20×4	17,600	132	2.323.E+06	7.099.E+07	4.086.E+10	4.093.E+10
하부플랜지	2577.6×22×1	56,708	11	6.238.E+05	2.287.E+06	1.534.E+11	1.534.E+11
계		249,612		4.133.E+08			4.912.E+11

- 도심 : ys = 413281985/249611.9 = 1655.7 mm
  Ysu = 1655.7 - 3366 = -1710.3 mm
  Ysl = 1655.7 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -8,828.7x1000000 x (-1710.3) / 491189228679.6 = 30.741 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -8,828.7x1000000 x 1655.7/491189228679.6 = -29.760 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		249611.9	1655.7	4.13.E+08	4.91.E+11	-	4.91.E+11
계		249611.9		4.13.E+08			4.91.E+11

- 도심 : ysv = 413282423/249611.9 = 1655.7 mm n' = 0
  Ysvsu = 1655.7-3366= -1710.3 mm
  Ysvsl = 1655.7 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -21397.03x1000000 x (-1710.3) / 491189228679.6 = 74.504 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -21397.03x1000000 x 1655.7/491189228679.6 = -72.125 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x98	28077.0					
환산바닥판 철근		28077.0	3492.0	9.804.E+07		7.650.E+10	7.650.E+10
단일합성시		249611.9	1655.7	4.133.E+08	4.912.E+11	8.608.E+09	4.998.E+11
계		277688.9		5.113.E+08			5.763.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.013
- 도심 : Ydv = 511327307/277688.9 = 1841 mm
  Atc = 6139.4x240 = 1473451 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1841.4-3562= -1720.6 mm Ddvr = 1841.4 - 3492 = -1650.6 mm
Ydvrcl= 1841.4-3422= -1580.6 mm Ddvs = 1841.4 - 1655.7 = 185.7 mm
Ydvsu= 1841.4-3366= -1524.6 mm Ddv = 1650.6 + (185.7) = 1836.3 mm
Ydvsl= 1841.4 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-9,576.3x1000000x(-1720.6)/(1x576292202816.6) 28.591 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -9576.25x1000000 x (-1524.6)/576292202816.6 = 25.334 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -9576.25x1000000 x 1841.4/576292202816.6 = -30.599 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -17903.6x1000000x(-1720.6)/(1x576292202816.6 53.454 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -17903.6x1000000 x (-1524.6)/576292202816.6 = 47.365 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -17903.6x1000000 x 1841.4/576292202816.6 = -57.207 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -504.6x1000000x(-1720.6)/(1x576292202816.6)= 1.507 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -504.6x1000000 x (-1524.6) / 576292202816.6= 1.335 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -504.6x1000000 x 1841.4/576292202816.6= -1.612 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6139.4x240	1473451.1			7.073.E+09		
환산 상부바닥판		210493.0	3502.0	7.371.E+08	1.010.E+09	2.112.E+11	2.122.E+11
합성전		249611.9	1655.7	4.133.E+08	4.912.E+11	1.781.E+11	6.693.E+11
계		460104.9		1.150.E+09			8.815.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 1150428959/460104.9 = 2500.4 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6139.4x240	1473451.1			7.073.E+09		
환산 상부바닥판		105246.5	3502.0	3.686.E+08	5.052.E+08	1.775.E+11	1.780.E+11
합성전		249611.9	1655.7	4.133.E+08	4.912.E+11	7.485.E+10	5.660.E+11
계		354858.4		7.819.E+08			7.441.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 781855690.8/354858.4 = 2203.3 mm

Yv1tcu= 2500.4-3622= -1121.6 mm Dtc1 = 2500.4 - 3502 = -1001.6 mm
Yv1tcl= 2500.4-3382= -881.6 mm Ddvtc1 = 2203.3 - 3502 = -1298.7 mm
Yv1su= 2500.4-3366= -865.6 mm Av1 = As +Ac/n1 = 354858.4 mm^2
Yv1sl= 2500.4 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1298.711 mm
Dvs1= 2500.4-1655.7= 844.7 mm ds1 = dv - dc1 = 547.589 mm
Dv1= 1001.6+844.7= 1846.3 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
= -9576.25x1000000/(7x881469332049.6)x(-1001.6)x1473451.1 = 2,290,447 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2290447.1x2x2/(2+2) = 2,290,447 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
= 2290447.1x (-1298.7) /1000000 = -2974.6 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
= 2290447.1/277688.9+(-0.013)x(-2974.6)x1000000x(-1720.6)/576292202817
= 8.133 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
= 2290447.1/354858.4+(-0.013)x(-2974.6)x1000000x(-865.6)/744055515704.026
= 6.410 MPa

· fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
= 2290447.1/354858.4+(-0.013)x(-2974.6)x1000000x2500.4/744055515704.026
= 6.584 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6139.4x240	1,473,451			7.073.E+09		
환산상부바닥판		70,164	3,502	2.457.E+08	3.368.E+08	1.457.E+11	1.461.E+11
합성전		249,612	1,656	4.133.E+08	4.912.E+11	4.096.E+10	5.322.E+11
계		319,776	-	6.590.E+08			6.782.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 658997934.8/319776.2 = 2060.80 mm

  Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

  Ydv2su = 2060.8 - 3366 = -1305.2 mm

  Ydv2sl = 2060.8 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

  Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1473451.1 = - 3,883,594 N

  Ddv = 2060.8 - 3502 = - 1,441 mm

  Av2 = As + Acu/n2 = 249611.9 + 1473451.1 / 21 = - mm^2

  dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1846.3 x 249611.9 / (1473451.1 / 21 + 249611.! 1,441 mm

  ds2 = dv - dc2 = 1846.3 - 1441.2 = 405 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-3883594.2 x (-1441.2)] / 1000000

= 5597.0 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -3883594.2/277688.9+(-0.013)x5597x1000000x(-1720.6)/576292202817

= -13.768 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -3883594.2/319776.2+(-0.013)x5597x1000000x(-1305.2)/678224190916.175

= -12.005 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -3883594.2/319776.2+(-0.013)x5597x1000000x2060.8/678224190916.175

= -12.366 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1473451.1/7 = 5178128.2 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 5178128.2x-1001.6 / 1000000 = -5186.4 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 5178128.2/277688.9 + (-0.013)x(-5186.4)x(-1720.6) / 576292202816.6 - 205000 x 0.00012

= -6.154 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 5178128.2 /277688.9+(-0.013)x(-5186.4)x1000000x(-1524.6)/5762922028 18.469 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 5178128.2 /277688.9+(-0.013)x(-5186.4)x100000x1841.4/576292202816.6 18.863 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 8048659.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 985.16 x 1000 /106240 + 585.38x1000000 / (2 x 8048659x16) = 11.546 MPa

2) 단일합성시

· F = 8048659.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1748.09 x 1000 /106240 + 681.8x1000000 / (2 x 8048659x16) = 19.101 MPa

3) 이중합성시

· F = 8092389.3 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 2149.28 x 1000 /106240 + 3014.12x1000000 / (2 x 8092389.3x16) = 31.870 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 5) = 6.0 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 5) = 10.9 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 21.8mm ⓑ b/(44xixn) = 10.9mm ⓒ b/(80xixn) = 6.0mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[fsua1] = -230.0 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3320 / (281 x 1.2 = 9.846

여기서, √(fca/fc) = √(230/101.885) = 1.502 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.096) = 3320 / (281 x 1 = 10.780

여기서, √(fca/fc) = √(230/191.303) = 1.096 < 1.2 1.10 적용

∴ t_min = 10.780 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	30.7	287.5	-29.8	-287.5
	2	-	-	0.0	0.0	105.2	230.0	-101.9	-230.0
	3	83.6	160.0	0.0	0.0	179.3	230.0	-191.3	-230.0
	4	77.9	160.0	0.0	0.0	173.7	230.0	-197.1	-230.0
	5	71.8	184.0	0.0	0.0	192.2	264.5	-178.2	-264.5
	6	84.1	184.0	0.0	0.0	155.2	264.5	-215.9	-264.5
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.107	0.104	11.546	168.8	0.07	0.02
	2	-	0.000	0.458	0.443	30.647	135.0	0.23	0.26
	3	0.522	0.000	0.779	0.832	62.517	135.0	0.46	0.91
	4	0.487	0.000	0.755	0.857	62.517	135.0	0.46	0.95
	5	0.390	0.000	0.726	0.674	62.517	155.3	0.40	0.69
	6	0.457	0.000	0.587	0.816	62.517	155.3	0.40	0.83

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	140.3	400.0	0.00	0.0	284.5	380.0	-282.1	-380.0
	2	152.6	400.0	0.00	0.0	247.5	380.0	-319.9	-380.0
	3	145.9	400.0	0.00	0.0	290.1	380.0	-276.4	-380.0
	4	158.2	400.0	0.00	0.0	253.1	380.0	-314.1	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.842	<	1.0	∴	O.K.

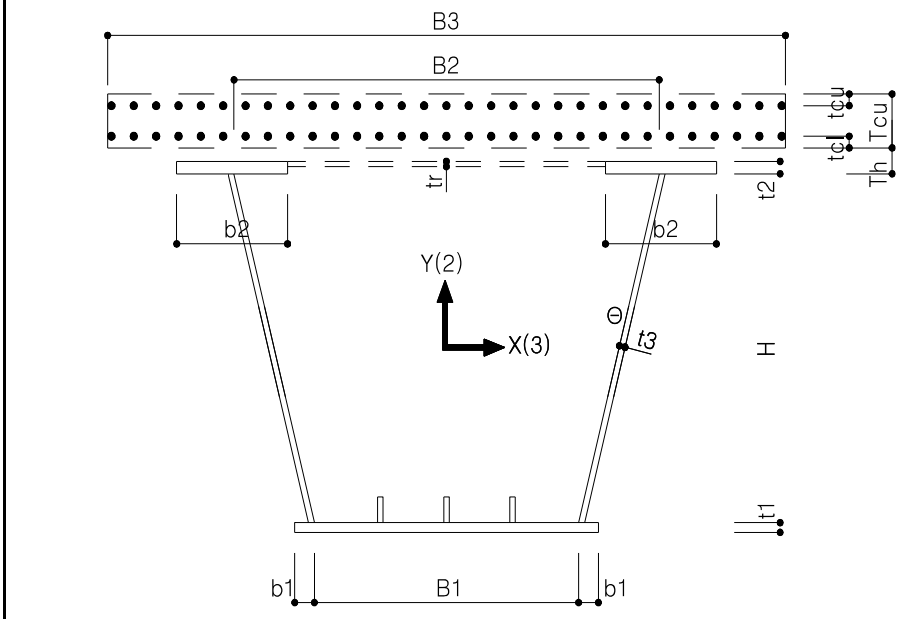
◎ 교번구간 < 단면 14 > 단면위치: 73,J지점 **(외측거더)**

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15446

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2833
t1	22
t2	28
t3	16
tr	0.69
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	1010	상부바닥판	6198	n(상부)	7
하부리브	220	20	4	하부플랜지	2574	하부슬래브	0	n'(하부)	0

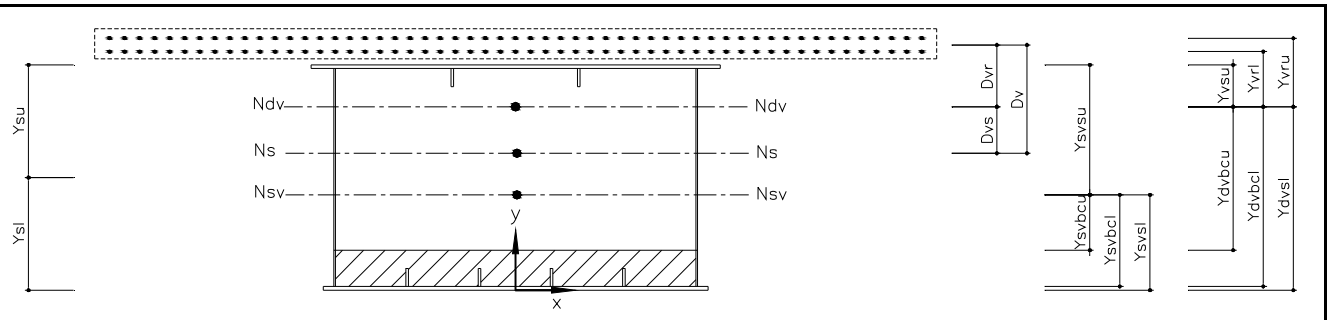
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-6677.3	-16753.3	-7681.1	-13860.2	-378.8	-45350.6
전단력, S (kN)	-644.1	-1392.6	-662.2	-1179.1	-11.8	-3889.9
비틀림, T (kN-m)	-101.2	-192.4	56.0	-1749.9	-10.9	-1998.36

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	1010.4×28×2	56,581	2,869	1.623.E+08	3.697.E+06	1.331.E+11	1.331.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,833.0×16×2	90,656	1,439	1.304.E+08	6.063.E+10	9.674.E+08	6.160.E+10
하부리브	220×20×4	17,600	132	2.323.E+06	7.099.E+07	2.548.E+10	2.555.E+10
하부플랜지	2573.6×22×1	56,620	11	6.228.E+05	2.284.E+06	9.928.E+10	9.929.E+10
계		221,456		2.957.E+08			3.195.E+11

- 도심 : ys = 295684130/221456.4 = 1335.2 mm
  Ysu = 1335.2 - 2883 = -1547.8 mm
  Ysl = 1335.2 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -6,677.3x1000000 x (-1547.8) / 319547952966.8 = 32.343 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -6,677.3x1000000 x 1335.2/319547952966.8 = -27.900 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		221456.4	1335.2	2.96.E+08	3.20.E+11	-	3.20.E+11
계		221456.4		2.96.E+08			3.20.E+11

- 도심 : ysv = 295688585/221456.4 = 1335.2 mm n' = 0
  Ysvsu = 1335.2-2883= -1547.8 mm
  Ysvsl = 1335.2 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -16753.29x1000000 x (-1547.8) / 319547952966.8 = 81.148 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -16753.29x1000000 x 1335.2/319547952966.8 = -70.002 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x98	28077.0					
환산바닥판 철근		28077.0	3005.0	8.437.E+07		6.166.E+10	6.166.E+10
단일합성시		221456.4	1335.2	2.957.E+08	3.195.E+11	7.819.E+09	3.274.E+11
계		249533.4		3.801.E+08			3.890.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.154
- 도심 : Ydv = 380059970/249533.4 = 1523 mm
  Atc = 6198.2x240 = 1487570 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1523.1-3075= -1551.9 mm Ddvr = 1523.1 - 3005 = -1481.9 mm
Ydvrcl= 1523.1-2935= -1411.9 mm Ddvs = 1523.1 - 1335.2 = 187.9 mm
Ydvsu= 1523.1-2883= -1359.9 mm Ddv = 1481.9 + (187.9) = 1669.8 mm
Ydvsl= 1523.1 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-7,681.1x1000000x(-1551.9)/(1x389024650628.8) 30.641 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -7681.082x1000000 x (-1359.9)/389024650628.8 = 26.850 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -7681.082x1000000 x 1523.1/389024650628.8 = -30.073 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -13860.2x1000000x(-1551.9)/(1x389024650628.8 55.291 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -13860.2x1000000 x (-1359.9)/389024650628.8 = 48.451 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -13860.2x1000000 x 1523.1/389024650628.8 = -54.265 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -378.8x1000000x(-1551.9)/(1x389024650628.8)= 1.511 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -378.8x1000000 x (-1359.9) / 389024650628.8= 1.324 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -378.8x1000000 x 1523.1/389024650628.8= -1.483 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6198.2x240	1487570.1			7.140.E+09		
환산 상부바닥판		212510.0	3015.0	6.407.E+08	1.020.E+09	1.562.E+11	1.572.E+11
합성전		221456.4	1335.2	2.957.E+08	3.195.E+11	1.499.E+11	4.694.E+11
계		433966.4		9.364.E+08			6.266.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 936406278/433966.4 = 2157.8 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6198.2x240	1487570.1			7.140.E+09		
환산 상부바닥판		106255.0	3015.0	3.204.E+08	5.100.E+08	1.369.E+11	1.374.E+11
합성전		221456.4	1335.2	2.957.E+08	3.195.E+11	6.569.E+10	3.852.E+11
계		327711.4		6.160.E+08			5.227.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 616047431.8/327711.4 = 1879.8 mm

Yv1tcu= 2157.8-3135= -977.2 mm Dtc1 = 2157.8 - 3015 = -857.2 mm
Yv1tcl= 2157.8-2895= -737.2 mm Ddvtc1 = 1879.8 - 3015 = -1135.2 mm
Yv1su= 2157.8-2883= -725.2 mm Av1 = As +Ac/n1 = 327711.4 mm^2
Yv1sl= 2157.8 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1135.153 mm
Dvs1= 2157.8-1335.2= 822.6 mm ds1 = dv - dc1 = 544.647 mm
Dv1= 857.2+822.6= 1679.8 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  · Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
  = -7681.082x1000000/(7x626571695967.9)x(-857.2)x1487570.1 = 2,233,126 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2233125.8x2x2/(2+2) = 2,233,126 N
  · Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
  = 2233125.8x (-1135.2) /1000000 = -2534.9 kN-m
- 상부철근 응력 :
  · fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
  = 2233125.8/249533.4+(-0.154)x(-2534.9)x1000000x(-1551.9)/389024650629
  = 7.392 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
  = 2233125.8/327711.4+(-0.154)x(-2534.9)x1000000x(-725.2)/522668144529.217
  = 6.273 MPa
  · fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
  = 2233125.8/327711.4+(-0.154)x(-2534.9)x1000000x2157.8/522668144529.217
  = 8.426 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6198.2x240	1,487,570			7.140.E+09		
환산상부바닥판		70,837	3,015	2.136.E+08	3.400.E+08	1.147.E+11	1.151.E+11
합성전		221,456	1,335	2.957.E+08	3.195.E+11	3.670.E+10	3.563.E+11
계		292,293	-	5.093.E+08			4.713.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 509261149.6/292293.1 = 1742.30 mm

  Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

  Ydv2su = 1742.3 - 2883 = -1140.7 mm

  Ydv2sl = 1742.3 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

  Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1487570.1 = - 3,920,808 N

  Ddv = 1742.3 - 3015 = - 1,273 mm

  Av2 = As + Acu/n2 = 221456.4 + 1487570.1 / 21 = - mm^2

  dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1679.8 x 221456.4 / (1487570.1 / 21 + 221456. 1,273 mm

  ds2 = dv - dc2 = 1679.8 - 1272.7 = 407 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-3920807.9 x (-1272.7)] / 1000000

= 4990.0 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -3920807.9/249533.4+(-0.154)x4990x1000000x(-1551.9)/389024650629

= -12.647 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -3920807.9/292293.1+(-0.154)x4990x1000000x(-1140.7)/471328810605.44

= -11.554 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -3920807.9/292293.1+(-0.154)x4990x1000000x1742.3/471328810605.44

= -16.255 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1487570.1/7 = 5227746.4 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 5227746.4x-857.2 / 1000000 = -4481.2 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 5227746.4/249533.4 + (-0.154)x(-4481.2)x(-1551.9) / 389024650628.8 - 205000 x 0.00012

= -6.403 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 5227746.4 /249533.4+(-0.154)x(-4481.2)x1000000x(-1359.9)/3890246506 18.538 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 5227746.4 /249533.4+(-0.154)x(-4481.2)x100000x1523.1/389024650628.8 23.652 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6872118.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 644.08 x 1000 /90656 + 101.16x1000000 / (2 x 6872118.5x16) = 7.565 MPa

2) 단일합성시

· F = 6872118.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1392.64 x 1000 /90656 + 192.39x1000000 / (2 x 6872118.5x16) = 16.237 MPa

3) 이중합성시

· F = 6915848.9 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1841.38 x 1000 /90656 + 1693.9x1000000 / (2 x 6915848.9x16) = 27.966 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 5) = 6.0 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 5) = 10.9 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 21.8mm ⓑ b/(44xixn) = 10.9mm ⓒ b/(80xixn) = 6.0mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[fsua1] = -230.0 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2833 / (281 x 1.2 = 8.402

여기서, √(fca/fc) = √(230/97.902) = 1.533 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.119) = 2833 / (281 x 1 = 9.010

여기서, √(fca/fc) = √(230/183.723) = 1.119 < 1.2 1.12 적용

∴ t_min = 9.010 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	32.3	287.5	-27.9	-287.5
	2	-	-	0.0	0.0	113.5	230.0	-97.9	-230.0
	3	87.4	160.0	0.0	0.0	190.1	230.0	-183.7	-230.0
	4	82.2	160.0	0.0	0.0	184.8	230.0	-191.6	-230.0
	5	75.8	184.0	0.0	0.0	203.4	264.5	-167.9	-264.5
	6	88.6	184.0	0.0	0.0	166.3	264.5	-215.2	-264.5
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.112	0.097	7.565	168.8	0.04	0.01
	2	-	0.000	0.493	0.426	23.802	135.0	0.18	0.27
	3	0.547	0.000	0.827	0.799	51.768	135.0	0.38	0.83
	4	0.514	0.000	0.804	0.833	51.768	135.0	0.38	0.84
	5	0.412	0.000	0.769	0.635	51.768	155.3	0.33	0.70
	6	0.481	0.000	0.629	0.814	51.768	155.3	0.33	0.77

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	147.1	400.0	0.00	0.0	299.9	380.0	-267.2	-380.0
	2	159.9	400.0	0.00	0.0	262.8	380.0	-314.5	-380.0
	3	152.3	400.0	0.00	0.0	305.2	380.0	-259.4	-380.0
	4	165.1	400.0	0.00	0.0	268.1	380.0	-306.7	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.828	<	1.0	∴	O.K.

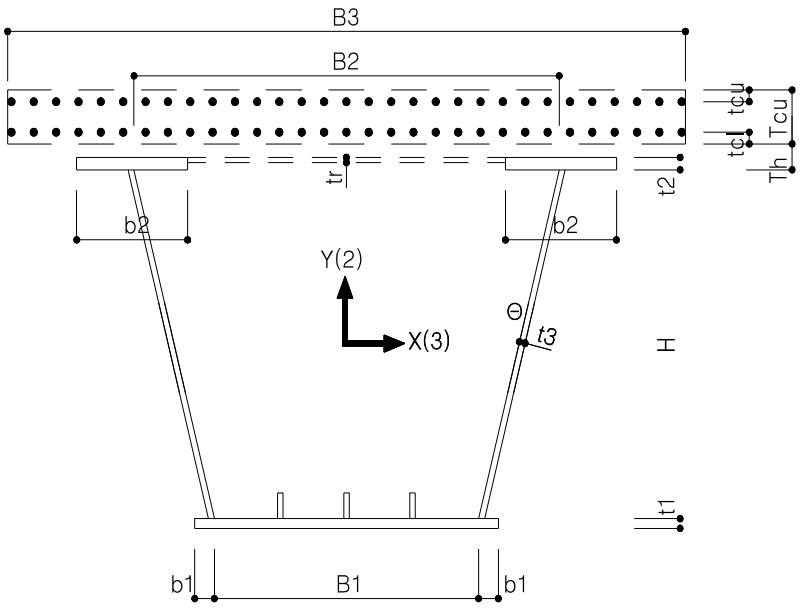
◎ 교번구간 < 단면 15 > 단면위치: 74,3/4지점(외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15428

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2680
t1	18
t2	28
t3	14
tr	0.69
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	600	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	200	20	4	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

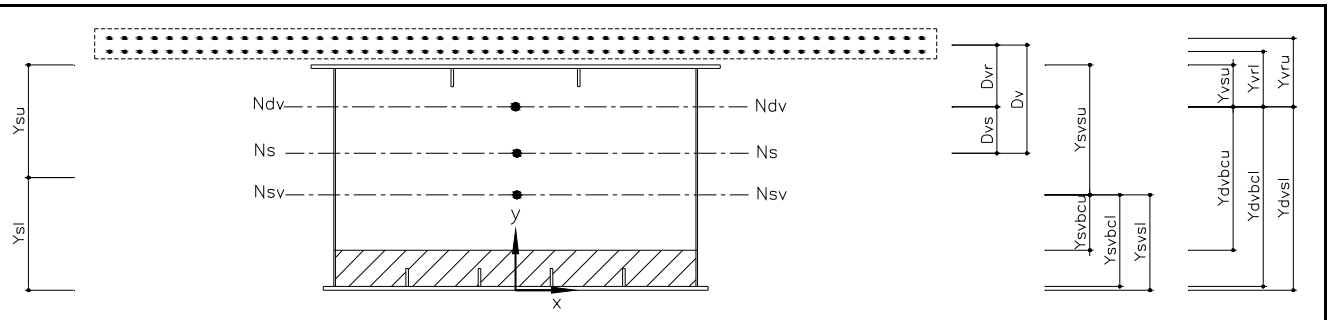
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-4545.9	-11697.8	-5278.3	-11053.8	-328.0	-32903.8
전단력, S (kN)	-488.6	-1250.6	-589.9	-1088.2	-13.2	-3430.4
비틀림, T (kN-m)	8.7	-5.3	159.8	1789.9	23.0	1976.13

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	600×28×2	33,600	2,712	9.112.E+07	2.195.E+06	8.310.E+10	8.310.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,680.0×14×2	75,040	1,358	1.019.E+08	4.491.E+10	3.586.E+09	4.850.E+10
하부리브	200×20×4	16,000	118	1.888.E+06	5.333.E+07	1.669.E+10	1.675.E+10
하부플랜지	2600×18×1	46,800	9	4.212.E+05	1.264.E+06	5.980.E+10	5.980.E+10
계		171,440		1.953.E+08			2.081.E+11

- 도심 : ys = 195336720/171440 = 1139.4 mm
  Ysu = 1139.4 - 2726 = -1586.6 mm
  Ysl = 1139.4 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -4,545.9x1000000 x (-1586.6) / 208145131488.4 = 34.651 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -4,545.9x1000000 x 1139.4/208145131488.4 = -24.884 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		171440.0	1139.4	1.95.E+08	2.08.E+11	-	2.08.E+11
계		171440.0		1.95.E+08			2.08.E+11

- 도심 : ysv = 195338736/171440 = 1139.4 mm n' = 0
  Ysvsu = 1139.4-2726= -1586.6 mm
  Ysvsl = 1139.4 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -11697.84x1000000 x (-1586.6) / 208145131488.4 = 89.168 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -11697.84x1000000 x 1139.4/208145131488.4 = -64.035 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x100	28650.0					
환산바닥판 철근		28650.0	2848.0	8.160.E+07		6.141.E+10	6.141.E+10
단일합성시		171440.0	1139.4	1.953.E+08	2.081.E+11	1.026.E+10	2.184.E+11
계		200090.0		2.769.E+08			2.798.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.154
- 도심 : Ydv = 276933936/200090 = 1384 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1384-2918= -1534.0 mm Ddvr = 1384 - 2848 = -1464.0 mm
Ydvrcl= 1384-2778= -1394.0 mm Ddvs = 1384 - 1139.4 = 244.6 mm
Ydvsu= 1384-2726= -1342.0 mm Ddv = 1464 + (244.6) = 1708.6 mm
Ydvsl= 1384.0 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-5,278.3x1000000x(-1534)/(1x279807673078.4)= 28.938 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -5278.315x1000000 x (-1342)/279807673078.4 = 25.316 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -5278.315x1000000 x 1384/279807673078.4 = -26.108 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -11053.8x1000000x(-1534)/(1x279807673078.4)= 60.601 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -11053.8x1000000 x (-1342)/279807673078.4 = 53.016 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -11053.8x1000000 x 1384/279807673078.4 = -54.675 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -328x1000000x(-1534)/(1x279807673078.4)= 1.798 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -328x1000000 x (-1342) / 279807673078.4= 1.573 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -328x1000000 x 1384/279807673078.4= -1.622 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	2858.0	6.173.E+08	1.037.E+09	1.249.E+11	1.260.E+11
합성전		171440.0	1139.4	1.953.E+08	2.081.E+11	1.574.E+11	3.655.E+11
계		387440.0		8.127.E+08			4.915.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 812666736/387440 = 2097.5 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		108000.0	2858.0	3.087.E+08	5.184.E+08	1.201.E+11	1.206.E+11
합성전		171440.0	1139.4	1.953.E+08	2.081.E+11	7.564.E+10	2.838.E+11
계		279440.0		5.040.E+08			4.044.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 504002736/279440 = 1803.6 mm

Yv1tcu= 2097.5-2978= -880.5 mm Dtc1 = 2097.5 - 2858 = -760.5 mm
Yv1tcl= 2097.5-2738= -640.5 mm Ddvtc1 = 1803.6 - 2858 = -1054.4 mm
Yv1su= 2097.5-2726= -628.5 mm Av1 = As +Ac/n1 = 279440.0 mm^2
Yv1sl= 2097.5 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1054.383 mm
Dvs1= 2097.5-1139.4= 958.1 mm ds1 = dv - dc1 = 664.217 mm
Dv1= 760.5+958.1= 1718.6 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
= -5278.315x1000000/(7x491482055266.4)x(-760.5)x1512000 = 1,764,171 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1764170.7x2x2/(2+2) = 1,764,171 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
= 1764170.7x (-1054.4) /1000000 = -1860.1 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
= 1764170.7/200090+(-0.154)x(-1860.1)x1000000x(-1534)/279807673078
= 7.246 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
= 1764170.7/279440+(-0.154)x(-1860.1)x1000000x(-628.5)/404366293849.19
= 5.868 MPa

· fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
= 1764170.7/279440+(-0.154)x(-1860.1)x1000000x2097.5/404366293849.19
= 7.799 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산상부바닥판		72,000	2,858	2.058.E+08	3.456.E+08	1.055.E+11	1.058.E+11
합성전		171,440	1,139	1.953.E+08	2.081.E+11	4.429.E+10	2.524.E+11
계		243,440	-	4.011.E+08			3.583.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 401114736/243440 = 1647.70 mm

  Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

  Ydv2su = 1647.7 - 2726 = -1078.3 mm

  Ydv2sl = 1647.7 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

  Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1512000 = - 3,985,198 N

  Ddv = 1647.7 - 2858 = - 1,210 mm

  Av2 = As + Acu/n2 = 171440 + 1512000 / 21 = - mm^2

  dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1718.6 x 171440 / (1512000 / 21 + 171440) = 1,210 mm

  ds2 = dv - dc2 = 1718.6 - 1210.3 = 508 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-3985198.1 x (-1210.3)] / 1000000

= 4823.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -3985198.1/200090+(-0.154)x4823.3x1000000x(-1534)/279807673078

= -15.845 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -3985198.1/243440+(-0.154)x4823.3x1000000x(-1078.3)/358252972470

= -14.135 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -3985198.1/243440+(-0.154)x4823.3x1000000x1647.7/358252972470

= -19.787 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 5313600x-760.5 / 1000000 = -4041.0 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 5313600/200090 + (-0.154)x(-4041)x(-1534) / 279807673078.4 - 205000 x 0.00012

= -1.456 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 5313600 /200090+(-0.154)x(-4041)x1000000x(-1342)/279807673078.4 = 23.571 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 5313600 /200090+(-0.154)x(-4041)x100000x1384/279807673078.4 = 29.634 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6492259.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 488.56 x 1000 /75040 + 8.72x1000000 / (2 x 6492259.7x14) = 6.559 MPa

2) 단일합성시

· F = 6492259.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1250.58 x 1000 /75040 + 5.29x1000000 / (2 x 6492259.7x14) = 16.695 MPa

3) 이중합성시

· F = 6535953.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1678.09 x 1000 /75040 + 1949.66x1000000 / (2 x 6535953.8x14) = 33.016 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 5) = 6.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 5) = 10.9 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 21.8mm ⓑ b/(44xixn) = 10.9mm ⓒ b/(80xixn) = 6.0mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -205.7 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2680 / (281 x 1.2 = 7.948

여기서, √(fca/fc) = √(230/88.919) = 1.521 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.096) = 2680 / (281 x 1 = 8.702

여기서, √(fca/fc) = √(205.733/171.324) 1.096 < 1.2 1.10 적용

∴ t_min = 8.702 < t = 14.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	34.7	287.5	-24.9	-257.2
	2	-	-	0.0	0.0	123.8	230.0	-88.9	-205.7
	3	91.3	160.0	0.0	0.0	203.7	230.0	-171.3	-205.7
	4	82.7	160.0	0.0	0.0	195.5	230.0	-183.3	-205.7
	5	81.3	184.0	0.0	0.0	219.0	264.5	-153.7	-236.6
	6	84.2	184.0	0.0	0.0	171.9	264.5	-212.9	-236.6
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.121	0.097	6.559	168.8	0.04	0.02
	2	-	0.000	0.538	0.432	23.254	135.0	0.17	0.32
	3	0.571	0.000	0.886	0.833	56.27	135.0	0.42	0.96
	4	0.517	0.000	0.850	0.891	56.27	135.0	0.42	0.97
	5	0.442	0.000	0.828	0.650	56.27	155.3	0.36	0.82
	6	0.458	0.000	0.650	0.900	56.27	155.3	0.36	0.94

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	157.9	400.0	0.00	0.0	323.2	380.0	-249.4	-380.0
	2	160.8	400.0	0.00	0.0	276.0	380.0	-308.7	-380.0
	3	166.5	400.0	0.00	0.0	331.4	380.0	-237.5	-380.0
	4	169.4	400.0	0.00	0.0	284.3	380.0	-296.7	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.872	<	1.0	∴	O.K.

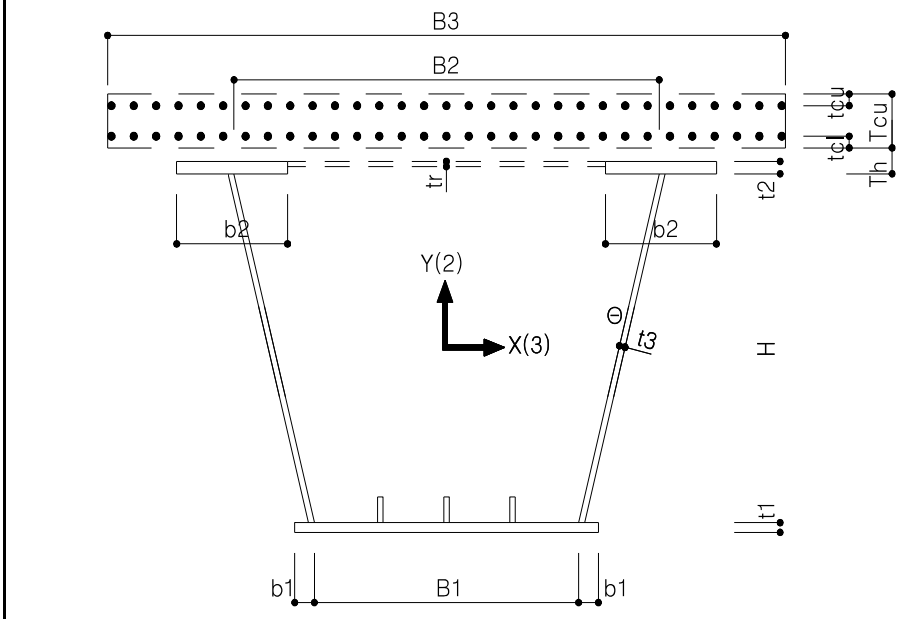
◎ 교번구간 < 단면 16 > 단면위치: 76,1/4지점(외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15392

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	2514
t1	14
t2	18
t3	12
tr	0.68
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	180	16	4	하부플랜지	2600	하부슬래브	0	n'(하부)	0

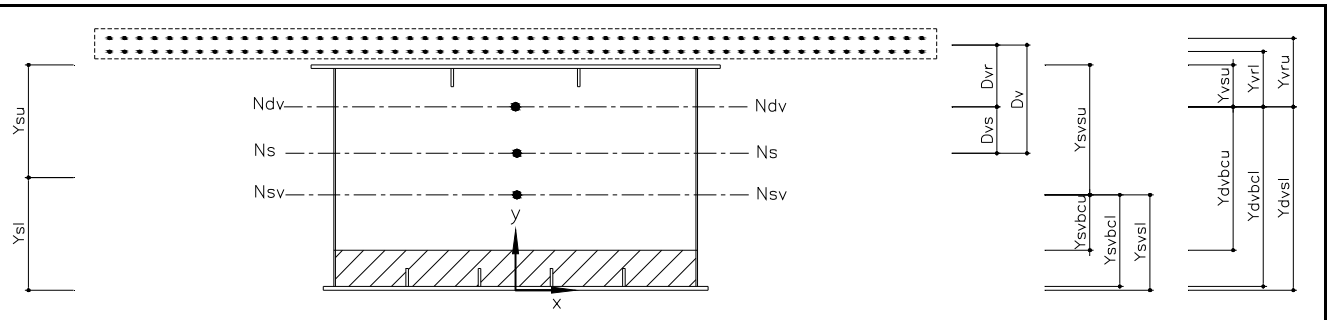
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-1417.5	-3288.6	-1329.4	-7055.7	-221.4	-13312.6
전단력, S (kN)	-331.8	-926.7	-432.4	-912.1	-14.4	-2617.5
비틀림, T (kN-m)	63.4	193.7	244.2	1391.6	15.7	1908.63

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×18×2	18,000	2,537	4.567.E+07	4.860.E+05	4.360.E+10	4.360.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,514.0×12×2	60,336	1,271	7.669.E+07	3.178.E+10	5.088.E+09	3.687.E+10
하부리브	180×16×4	11,520	104	1.198.E+06	3.110.E+07	8.852.E+09	8.883.E+09
하부플랜지	2600×14×1	36,400	7	2.548.E+05	5.945.E+05	3.450.E+10	3.450.E+10
계		126,256		1.238.E+08			1.239.E+11

- 도심 : ys = 123805936/126256 = 980.6 mm
  Ysu = 980.6 - 2546 = -1565.4 mm
  Ysl = 980.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -1,417.5x1000000 x (-1565.4) / 123856987341.8 = 17.915 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -1,417.5x1000000 x 980.6/123856987341.8 = -11.222 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		126256.0	980.6	1.24.E+08	1.24.E+11	-	1.24.E+11
계		126256.0		1.24.E+08			1.24.E+11

- 도심 : ysv = 123806634/126256 = 980.6 mm n' = 0
  Ysvsu = 980.6-2546= -1565.4 mm
  Ysvsl = 980.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -3288.638x1000000 x (-1565.4) / 123856987341.8 = 41.564 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -3288.638x1000000 x 980.6/123856987341.8 = -26.037 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x100	28650.0					
환산바닥판 철근		28650.0	2678.0	7.672.E+07		5.484.E+10	5.484.E+10
단일합성시		126256.0	980.6	1.238.E+08	1.239.E+11	1.244.E+10	1.363.E+11
계		154906.0		2.005.E+08			1.911.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.154
- 도심 : Ydv = 200531334/154906 = 1295 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1294.5-2748= -1453.5 mm Ddvr = 1294.5 - 2678 = -1383.5 mm
Ydvrcl= 1294.5-2608= -1313.5 mm Ddvs = 1294.5 - 980.6 = 313.9 mm
Ydvsu= 1294.5-2546= -1251.5 mm Ddv = 1383.5 + (313.9) = 1697.4 mm
Ydvsl= 1294.5 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-1,329.4x1000000x(-1453.5)/(1x191135566266.8) 10.110 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -1329.439x1000000 x (-1251.5)/191135566266.8 = 8.705 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -1329.439x1000000 x 1294.5/191135566266.8 = -9.004 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -7055.7x1000000x(-1453.5)/(1x191135566266.8) 53.655 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -7055.7x1000000 x (-1251.5)/191135566266.8 = 46.199 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -7055.7x1000000 x 1294.5/191135566266.8 = -47.786 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -221.4x1000000x(-1453.5)/(1x191135566266.8)= 1.684 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -221.4x1000000 x (-1251.5) / 191135566266.8= 1.450 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -221.4x1000000 x 1294.5/191135566266.8= -1.499 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	2688.0	5.806.E+08	1.037.E+09	8.568.E+10	8.671.E+10
합성전		126256.0	980.6	1.238.E+08	1.239.E+11	1.466.E+11	2.705.E+11
계		342256.0		7.044.E+08			3.572.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 704414634/342256 = 2058.2 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		108000.0	2688.0	2.903.E+08	5.184.E+08	9.146.E+10	9.198.E+10
합성전		126256.0	980.6	1.238.E+08	1.239.E+11	7.823.E+10	2.021.E+11
계		234256.0		4.141.E+08			2.941.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 414110633.6/234256 = 1767.8 mm

Yv1tcu= 2058.2-2808= -749.8 mm Dtc1 = 2058.2 - 2688 = -629.8 mm
Yv1tcl= 2058.2-2568= -509.8 mm Ddvtc1 = 1767.8 - 2688 = -920.2 mm
Yv1su= 2058.2-2546= -487.8 mm Av1 = As +Ac/n1 = 234256.0 mm^2
Yv1sl= 2058.2 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 920.230 mm
Dvs1= 2058.2-980.6= 1077.6 mm ds1 = dv - dc1 = 787.170 mm
Dv1= 629.8+1077.6= 1707.4 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  · Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
  = -1329.439x1000000/(7x357180978512.8)x(-629.8)x1512000 = 506,333 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 506333.3x2x2/(2+2) = 506,333 N
  · Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
  = 506333.3x (-920.2) /1000000 = -465.9 kN-m
- 상부철근 응력 :
  · fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
  = 506333.3/154906+(-0.154)x(-465.9)x1000000x(-1453.5)/191135566267
  = 2.723 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
  = 506333.3/234256+(-0.154)x(-465.9)x1000000x(-487.8)/294065138348.239
  = 2.042 MPa
  · fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
  = 506333.3/234256+(-0.154)x(-465.9)x1000000x2058.2/294065138348.239
  = 2.664 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산상부바닥판		72,000	2,688	1.935.E+08	3.456.E+08	8.512.E+10	8.547.E+10
합성전		126,256	981	1.238.E+08	1.239.E+11	4.855.E+10	1.724.E+11
계		198,256	-	3.173.E+08			2.579.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 317342633.6/198256 = 1600.70 mm

  Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

  Ydv2su = 1600.7 - 2546 = -945.3 mm

  Ydv2sl = 1600.7 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

  Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1512000 = - 3,985,198 N

  Ddv = 1600.7 - 2688 = - 1,087 mm

  Av2 = As + Acu/n2 = 126256 + 1512000 / 21 = - mm^2

  dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1707.4 x 126256 / (1512000 / 21 + 126256) = 1,087 mm

  ds2 = dv - dc2 = 1707.4 - 1087.3 = 620 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-3985198.1 x (-1087.3)] / 1000000

= 4333.1 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -3985198.1/154906+(-0.154)x4333.1x1000000x(-1453.5)/191135566267

= -20.652 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -3985198.1/198256+(-0.154)x4333.1x1000000x(-945.3)/257870983628.36

= -17.655 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -3985198.1/198256+(-0.154)x4333.1x1000000x1600.7/257870983628.36

= -24.243 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 5313600x-629.8 / 1000000 = -3346.5 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 5313600/154906 + (-0.154)x(-3346.5)x(-1453.5) / 191135566266.8 - 205000 x 0.00012

= 5.783 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 5313600 /154906+(-0.154)x(-3346.5)x1000000x(-1251.5)/191135566266.8 30.928 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 5313600 /154906+(-0.154)x(-3346.5)x100000x1294.5/191135566266.8 = 37.792 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6081642.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 331.76 x 1000 /60336 + 63.38x1000000 / (2 x 6081642.8x12) = 5.933 MPa

2) 단일합성시

· F = 6081642.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 926.75 x 1000 /60336 + 193.73x1000000 / (2 x 6081642.8x12) = 16.687 MPa

3) 이중합성시

· F = 6125300.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1344.57 x 1000 /60336 + 1635.86x1000000 / (2 x 6125300.7x12) = 33.412 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 5) = 6.0 mm < t = 14 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 5) = 10.9 mm < t = 14 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 21.8mm ⓑ b/(44xixn) = 10.9mm ⓒ b/(80xixn) = 6.0mm

t = 14 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -166.1 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2514 / (281 x 1.2 = 7.456

여기서, √(fca/fc) = √(230/37.259) = 2.111 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2514 / (281 x 1.2 = 7.456

여기서, √(fca/fc) = √(166.114/95.548) 1.319 > 1.2 1.20 적용

∴ t_min = 7.456 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	17.9	287.5	-11.2	-207.6
	2	-	-	0.0	0.0	59.5	230.0	-37.3	-166.1
	3	65.4	160.0	0.0	0.0	115.8	230.0	-95.5	-166.1
	4	47.5	160.0	0.0	0.0	100.2	230.0	-117.1	-166.1
	5	53.3	184.0	0.0	0.0	131.1	264.5	-79.3	-191.0
	6	41.7	184.0	0.0	0.0	69.3	264.5	-154.9	-191.0
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.062	0.054	5.933	168.8	0.04	0.01
	2	-	0.000	0.259	0.224	22.620	135.0	0.17	0.09
	3	0.409	0.000	0.504	0.575	56.032	135.0	0.42	0.50
	4	0.297	0.000	0.436	0.705	56.032	135.0	0.42	0.67
	5	0.290	0.000	0.496	0.415	56.032	155.3	0.36	0.38
	6	0.227	0.000	0.262	0.811	56.032	155.3	0.36	0.79

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	116.4	400.0	0.00	0.0	203.3	380.0	-146.7	-380.0
	2	104.8	400.0	0.00	0.0	141.4	380.0	-222.3	-380.0
	3	134.3	400.0	0.00	0.0	218.9	380.0	-125.1	-380.0
	4	122.7	400.0	0.00	0.0	157.0	380.0	-200.7	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.585	<	1.0	∴	O.K.

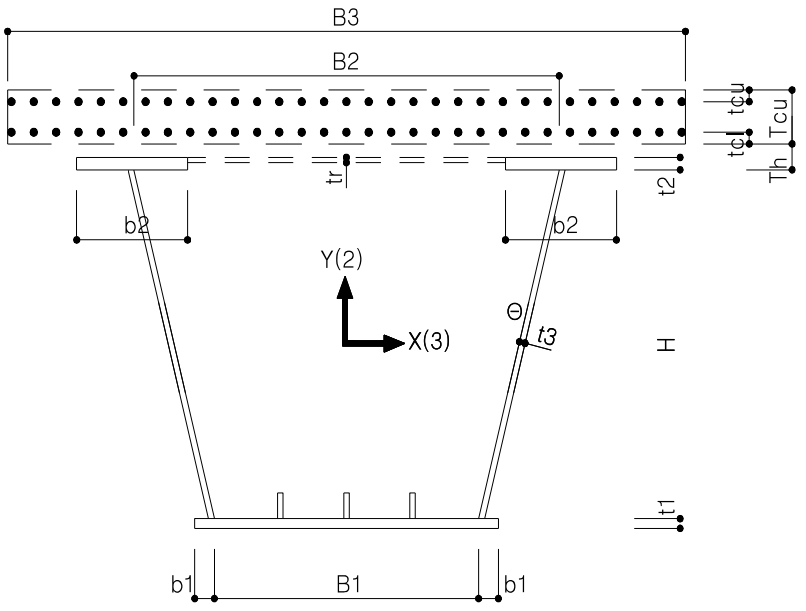
◎ 교번구간 < 단면 18 > 단면위치: 68,I지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.05833

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3168
t1	18
t2	24
t3	16
tr	0.68
Tcu	240
Th	40
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	6300	n(상부)	7
하부리브	180	16	4	하부플랜지	2583	하부슬래브	0	n'(하부)	0

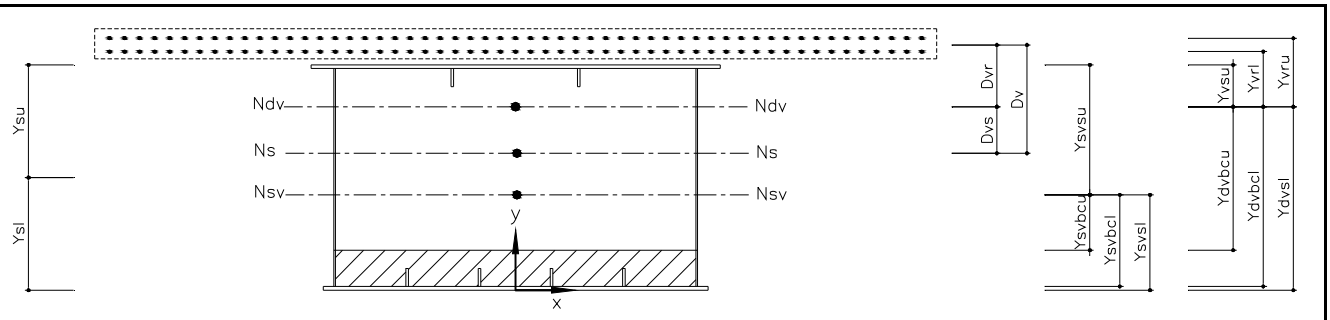
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-4325.7	-12835.0	-5460.4	-14298.0	-483.2	-37402.2
전단력, S (kN)	786.9	1582.8	757.0	1188.3	4.2	4319.3
비틀림, T (kN-m)	-585.4	-684.3	-458.7	-2475.0	-45.7	-4249.14

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×24×2	24,000	3,198	7.675.E+07	1.152.E+06	8.526.E+10	8.526.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,168.0×16×2	101,376	1,602	1.624.E+08	8.479.E+10	8.455.E+09	9.324.E+10
하부리브	180×16×4	11,520	108	1.244.E+06	3.110.E+07	1.673.E+10	1.676.E+10
하부플랜지	2582.8×18×1	46,490	9	4.184.E+05	1.255.E+06	7.908.E+10	7.908.E+10
계		183,386		2.408.E+08			2.743.E+11

- 도심 : ys = 240818921/183385.9 = 1313.2 mm
  Ysu = 1313.2 - 3210 = -1896.8 mm
  Ysl = 1313.2 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -4,325.7x1000000 x (-1896.8) / 274343448315.4 = 29.907 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -4,325.7x1000000 x 1313.2/274343448315.4 = -20.706 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		183385.9	1313.2	2.41.E+08	2.74.E+11	-	2.74.E+11
계		183385.9		2.41.E+08			2.74.E+11

- 도심 : ysv = 240822364/183385.9 = 1313.2 mm n' = 0
  Ysvsu = 1313.2-3210= -1896.8 mm
  Ysvsl = 1313.2 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -12834.99x1000000 x (-1896.8) / 274343448315.4 = 88.741 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -12834.99x1000000 x 1313.2/274343448315.4 = -61.437 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x100	28650.0					
환산바닥판 철근		28650.0	3336.0	9.558.E+07		8.769.E+10	8.769.E+10
단일합성시		183385.9	1313.2	2.408.E+08	2.743.E+11	1.370.E+10	2.880.E+11
계		212035.9		3.364.E+08			3.757.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.058
- 도심 : Ydv = 336398764/212035.9 = 1587 mm
  Atc = 6300x240 = 1512000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1586.5-3406= -1819.5 mm Ddvr = 1586.5 - 3336 = -1749.5 mm
Ydvrcl= 1586.5-3266= -1679.5 mm Ddvs = 1586.5 - 1313.2 = 273.3 mm
Ydvsu= 1586.5-3210= -1623.5 mm Ddv = 1749.5 + (273.3) = 2022.8 mm
Ydvsl= 1586.5 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-5,460.4x1000000x(-1819.5)/(1x375731565834.4) 26.442 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -5460.355x1000000 x (-1623.5)/375731565834.4 = 23.594 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -5460.355x1000000 x 1586.5/375731565834.4 = -23.056 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -14298x1000000x(-1819.5)/(1x375731565834.4)= 69.239 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -14298x1000000 x (-1623.5)/375731565834.4 = 61.780 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -14298x1000000 x 1586.5/375731565834.4 = -60.372 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -483.2x1000000x(-1819.5)/(1x375731565834.4)= 2.340 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -483.2x1000000 x (-1623.5) / 375731565834.4= 2.088 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -483.2x1000000 x 1586.5/375731565834.4= -2.040 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		216000.0	3346.0	7.227.E+08	1.037.E+09	1.882.E+11	1.892.E+11
합성전		183385.9	1313.2	2.408.E+08	2.743.E+11	2.217.E+11	4.960.E+11
계		399385.9		9.636.E+08			6.852.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 963558364/399385.9 = 2412.6 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1512000.0			7.258.E+09		
환산 상부바닥판		108000.0	3346.0	3.614.E+08	5.184.E+08	1.768.E+11	1.773.E+11
합성전		183385.9	1313.2	2.408.E+08	2.743.E+11	1.041.E+11	3.784.E+11
계		291385.9		6.022.E+08			5.557.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 602190363.9/291385.9 = 2066.6 mm

Yv1tcu= 2412.6-3466= -1053.4 mm
Yv1tcl= 2412.6-3226= -813.4 mm
Yv1su= 2412.6-3210= -797.4 mm
Yv1sl= 2412.6 mm
Dvs1= 2412.6-1313.2= 1099.4 mm
Dv1= 933.4+1099.4= 2032.8 mm

Dtc1 = 2412.6 - 3346 = -933.4 mm
Ddvtc1 = 2066.6 - 3346 = -1279.4 mm
Av1 = As +Ac/n1 = 291385.9 mm^2
dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1279.358 mm
ds1 = dv - dc1 = 753.442 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  · Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
  = -5460.355x1000000/(7x685222064906.4)x(-933.4)x1512000 = 1,606,612 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1606612.3x2x2/(2+2) = 1,606,612 N
  · Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
  = 1606612.3x (-1279.4) /1000000 = -2055.4 kN-m
- 상부철근 응력 :
  · fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
  = 1606612.3/212035.9+(0.058)x(-2055.4)x1000000x(-1819.5)/375731565834
  = 8.154 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
  = 1606612.3/291385.9+(0.058)x(-2055.4)x1000000x(-797.4)/555735155460.32
  = 5.685 MPa
  · fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
  = 1606612.3/291385.9+(0.058)x(-2055.4)x1000000x2412.6/555735155460.32
  = 4.996 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6300x240	1,512,000			7.258.E+09		
환산상부바닥판		72,000	3,346	2.409.E+08	3.456.E+08	1.534.E+11	1.538.E+11
합성전		183,386	1,313	2.408.E+08	2.743.E+11	6.023.E+10	3.346.E+11
계		255,386	-	4.817.E+08			4.883.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 481734363.9/255385.9 = 1886.30 mm

  Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

  Ydv2su = 1886.3 - 3210 = -1323.7 mm

  Ydv2sl = 1886.3 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

  Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1512000 = - 3,985,198 N

  Ddv = 1886.3 - 3346 = - 1,460 mm

  Av2 = As + Acu/n2 = 183385.9 + 1512000 / 21 = - mm^2

  dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 2032.8 x 183385.9 / (1512000 / 21 + 183385.9) 1,460 mm

  ds2 = dv - dc2 = 2032.8 - 1459.7 = 573 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-3985198.1 x (-1459.7)] / 1000000

= 5817.2 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -3985198.1/212035.9+(0.058)x5817.2x1000000x(-1819.5)/375731565834

= -20.429 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -3985198.1/255385.9+(0.058)x5817.2x1000000x(-1323.7)/488333109814.499

= -16.519 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -3985198.1/255385.9+(0.058)x5817.2x1000000x1886.3/488333109814.499

= -14.301 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1512000/7 = 5313600.0 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 5313600x-933.4 / 1000000 = -4959.7 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 5313600/212035.9 + (0.058)x(-4959.7)x(-1819.5) / 375731565834.4 - 205000 x 0.00012

= 1.853 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 5313600 /212035.9+(0.058)x(-4959.7)x1000000x(-1623.5)/375731565834. 26.303 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 5313600 /212035.9+(0.058)x(-4959.7)x100000x1586.5/375731565834.4 = 23.845 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7676639.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 786.91 x 1000 /101376 + 585.38x1000000 / (2 x 7676639.8x16) = 10.145 MPa

2) 단일합성시

· F = 7676639.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1582.84 x 1000 /101376 + 684.34x1000000 / (2 x 7676639.8x16) = 18.399 MPa

3) 이중합성시

· F = 7720370.1 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1945.38 x 1000 /101376 + 2933.74x1000000 / (2 x 7720370.1x16) = 31.065 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 5) = 6.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 5) = 10.9 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 21.8mm ⓑ b/(44xixn) = 10.9mm ⓒ b/(80xixn) = 6.0mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -205.7 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3168 / (281 x 1.2 = 9.395

여기서, √(fca/fc) = √(230/82.143) = 1.583 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.108) = 3168 / (281 x 1 = 10.175

여기서, √(fca/fc) = √(205.733/167.611) 1.108 < 1.2 1.11 적용

∴ t_min = 10.175 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	29.9	287.5	-20.7	-257.2
	2	-	-	0.0	0.0	118.6	230.0	-82.1	-205.7
	3	98.0	160.0	0.0	0.0	206.1	230.0	-167.6	-205.7
	4	85.7	160.0	0.0	0.0	195.3	230.0	-176.9	-205.7
	5	87.6	184.0	0.0	0.0	221.6	264.5	-153.1	-236.6
	6	83.9	184.0	0.0	0.0	169.0	264.5	-200.8	-236.6
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.104	0.081	10.145	168.8	0.06	0.01
	2	-	0.000	0.516	0.399	28.544	135.0	0.21	0.31
	3	0.613	0.000	0.896	0.815	59.609	135.0	0.44	1.00
	4	0.536	0.000	0.849	0.860	59.609	135.0	0.44	0.93
	5	0.476	0.000	0.838	0.647	59.609	155.3	0.38	0.85
	6	0.456	0.000	0.639	0.849	59.609	155.3	0.38	0.87

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	172.8	400.0	0.00	0.0	333.2	380.0	-252.0	-380.0
	2	169.1	400.0	0.00	0.0	280.6	380.0	-299.7	-380.0
	3	185.1	400.0	0.00	0.0	344.0	380.0	-242.7	-380.0
	4	181.4	400.0	0.00	0.0	291.4	380.0	-290.4	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.905	<	1.0	∴	O.K.

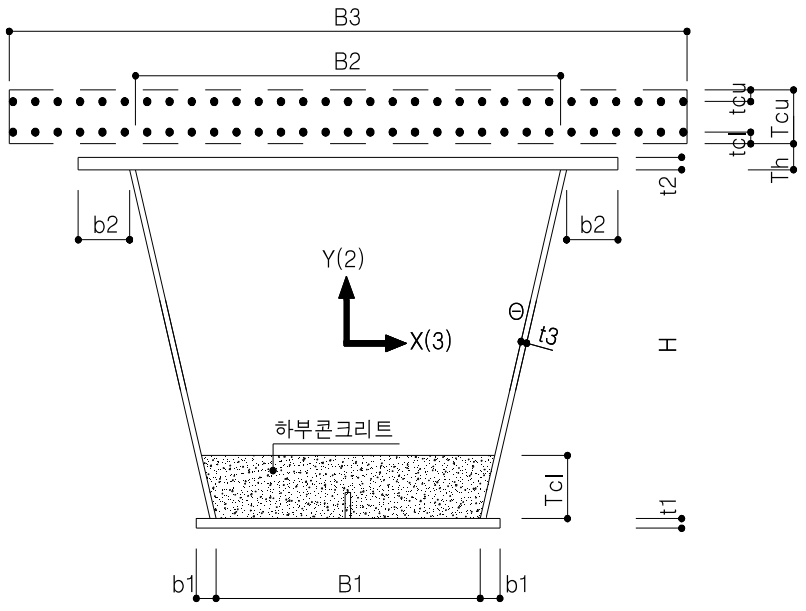
◎ 이중합성구간 < 단면 10 > 단면위치: 69,3/4지점(외측거더) <폐합단면>

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.06619

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3466
t1	22
t2	24
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	40
Tcl	490
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2854	상부바닥판	6045	n(상부)	7
하부리브	220	20	1	하부플랜지	2554	하부슬래브	2354	n'(하부)	7

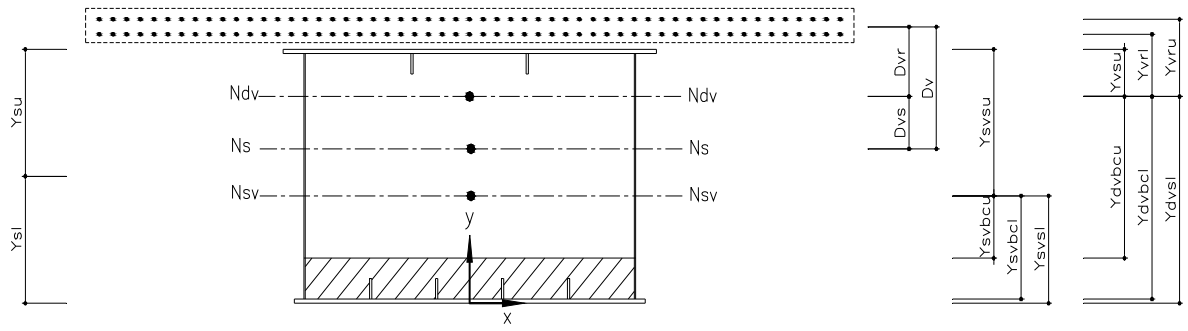
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-12909.8	-28126.6	-12909.1	-21593.3	-511.7	-76050.5
전단력, S (kN)	1168.0	1802.9	895.1	1419.8	1.9	5287.7
비틀림, T (kN-m)	-696.0	-809.8	-484.6	-2749.1	-43.6	-4783.08

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm²)	y (mm)	As·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Is (mm⁴)
상부플랜지	2853.6×24×1	68,487	3,500	2.397.E+08	3.287.E+06	1.901.E+11	1.901.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,428	9.873.E+06	3.456.E+06	7.317.E+09	7.320.E+09
복부판	3,466.0×16×2	110,912	1,755	1.947.E+08	1.110.E+11	6.940.E+08	1.117.E+11
하부리브	220×20×1	4,400	132	5.808.E+05	1.775.E+07	1.275.E+10	1.277.E+10
하부플랜지	2553.6×22×1	56,180	11	6.180.E+05	2.266.E+06	1.867.E+11	1.867.E+11
계		242,859		4.454.E+08			5.086.E+11

- 도심 : ys = 445427530/242859.3 = 1834.1 mm

Ysu = 1834.1 - 3512 = -1677.9 mm

Ysl = 1834.1 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -12,909.8x1000000 x (-1677.9) / 508611056948.7 = 42.589 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -12,909.8x1000000 x 1834.1/508611056948.7 = -46.554 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.31.E+10		
환산 하부콘크리트		164754.5	267.0	4.40.E+07	3.30.E+09	1.44.E+11	1.47.E+11
STEEL		242859.3	1834.1	4.45.E+08	5.09.E+11	9.74.E+10	6.06.E+11
계		407613.8		4.89.E+08			7.53.E+11

- 도심 : ysv = 489417694/407613.8 = 1200.7 mm n' = 7

Ysvbcu = 1200.7 - 512 = 688.7 mm Ysvsu = 1200.7-3512= -2311.3 mm

Ysvbcl = 1200.7 - 22 = 1178.7 mm Ysvsl = 1200.7 mm

Dsvbc = 1200.7 - 267 = 933.7 mm

- 하부콘크리트 응력 :

· fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -28126.59x1000000x688.7/(7x752973855559.7) = -3.675 MPa

· fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -28126.59x1000000x1178.7/(7x752973855559.7) = -6.290 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -28126.59x1000000 x (-2311.3) / 752973855559.7 = 86.336 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -28126.59x1000000 x 1200.7/752973855559.7 = -44.851 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x96	27504.0					
환산바닥판 철근		27504.0	3638.0	1.001.E+08		1.434.E+11	1.434.E+11
단일합성시		407613.8	1200.7	4.894.E+08	7.530.E+11	9.680.E+09	7.627.E+11
계		435117.8		5.895.E+08			9.060.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.066
- 도심 : Ydv = 589481442/435117.8 = 1355 mm
  Atc = 6045.3x240 = 1450864 mm^2
  Abc = 2353.6x490 = 1153281 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1354.8-3708 = -2353.2 mm Ddvr = 1354.8 - 3638 = -2283.2 mm
Ydvrcl = 1354.8-3568 = -2213.2 mm Ddvbc = 1354.8 - 267 = 1221.3 mm
Ydvbcu = 1354.8-512 = 842.8 mm Ddvs = 1354.8 - 1834.1 = -479.3 mm
Ydvbcl = 1354.8-22 = 1332.8 mm Ddv = 2283.2 + (-479.3) = 1803.9 mm
Ydvsu = 1354.8-3500 = -2145.2 mm
Ydvsl = 1354.8 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-12,909.1x1000000x(-2353.2)/(1x906031796630.7 33.528 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -12,909.1x1000000x842.8/(7x906031796630.7)= -1.715 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -12,909.1x1000000x1332.8/(7x906031796630.7) -2.713 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -12909.13x1000000 x (-2145.2)/906031796630.7 = 30.565 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -12909.13x1000000 x 1354.8/906031796630.7 = -19.303 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -21593.3x1000000x(-2353.2)/(1x906031796630.7 56.083 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -21593.3x1000000x842.8/(7x906031796630.7)= -2.869 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -21593.3x1000000x1332.8/(7x906031796630.7)= -4.538 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -21593.3x1000000 x (-2145.2)/906031796630.7 = 51.126 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -21593.3x1000000 x 1354.8/906031796630.7 = -32.289 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -511.7x1000000x(-2353.2)/(1x906031796630.7)= 1.329 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -511.7x1000000x842.8/(7x906031796630.7)= -0.068 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -511.7x1000000x1332.8/(7x906031796630.7)= -0.108 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -511.7x1000000 x (-2145.2) / 906031796630.7= 1.212 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -511.7x1000000 x 1354.8/906031796630.7= -0.765 MPa

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.308.E+10	1.928.E+12	1.951.E+12
환산 하부콘크리트		128142.4	267.0	3.421.E+07	3.296.E+09	1.348.E+11	1.381.E+11
합성전		242859.3	1834.1	4.454.E+08	5.086.E+11	7.116.E+10	5.798.E+11
계		371001.7		4.796.E+08			7.179.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.468 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.468** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 479642257/371001.7 = 1292.8 mm

Ysv1bcu = 1292.8 - 512 = 780.8 mm Ysv1su = 1292.8 - 3500 = -2207.2 mm

Ysv1bcl = 1292.8 - 22 = 1270.8 mm Ysv1sl = 1292.8 mm

Dsvbc1 = 1292.8 - 267 1025.8 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -28126.59x1000000/(7x752973855559.7)x(933.7)x1153281.4 = - 5,746,214 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -5746213.9x2x0.468/(2+0.468) = - 2,179,277 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -2179277.2x 1025.8/1000000 = -2235.5 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2179277/371002+(-0.066)x(-2235.5)x1000000x781/717906497620)-0.468/(1+0.468/2)x(-3.675)

= 0.759 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2179277/371002+(-0.066)x(-2235.5)x1000000x1271/717906497620)-0.468/(1+0.468/2)x(-6.29)

= 1.762 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -2179277.2 /371001.7+(-0.066)x(-2235.5)x1000000x(-2207.2)/717906497619.715

= -6.328 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -2179277.2 /371001.7+(-0.066)x(-2235.5)x1000000x1292.8/717906497619.715

= -5.608 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6045.3x240	1450863.8			6.964.E+09		
환산 상부바닥판		207266.3	3648.0	7.561.E+08	9.949.E+08	5.456.E+11	5.466.E+11
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.308.E+10		
환산 하부콘크리트		164754.5	267.0	4.399.E+07	3.296.E+09	5.095.E+11	5.128.E+11
합성전		242859.3	1834.1	4.454.E+08	5.086.E+11	8.906.E+09	5.175.E+11
계		614880.0		1.246.E+09			1.577.E+12

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 1245524996/614880 = 2025.6 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6045.3x240	1450863.8			6.964.E+09		
환산 상부바닥판		103633.1	3648.0	3.781.E+08	4.974.E+08	3.100.E+11	3.105.E+11
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.308.E+10	4.245.E+12	4.268.E+12
환산 하부콘크리트		96106.8	267.0	2.566.E+07	3.296.E+09	2.621.E+11	2.654.E+11
합성전		242859.3	1834.1	4.454.E+08	5.086.E+11	1.730.E+09	5.103.E+11
계		442599.2		8.491.E+08			1.086.E+12

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) =$ 14

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1' / 2) = 7 \times (1 + 1.53 / 2) =$ 12

$\Phi_1' = \Phi_1 - \Phi_1'(60,30) = 2.00 - 0.47 =$ 1.53

- 도심 : ydv1 = 849142406.3/442599.2 = 1918.5 mm

Ydv1tcu = 1918.5 - 3768 = -1849.5 mm

Ydv1tcl = 1918.5 - 3528 = -1609.5 mm

Ydv1bcu = 1918.5 - 512 = 1406.5 mm

Ydv1bcl = 1918.5 - 22 = 1896.5 mm

Ydv1su = 1918.5 - 3500 = -1581.5 mm

Ydv1sl = 1918.5 mm

Dvs1 = 2025.6 - 1834.1 = 191.5 mm

Dv1 = 1622.4 + 191.5 = 1813.9 mm

Ddvtc = 2025.6 - 3648 = -1622.4 mm

Ddvbc = 2025.6 - 267 = 1758.6 mm

Ddvtc1 = 1918.5 - 3648 = -1729.5 mm

Ddvbc1 = 1918.5 - 267 = 1651.5 mm

Av1 = As +Ac/n1 = 346492.4 mm^2

dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1271.377 mm

ds1 = dv - dc1 = 542.523 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= -12909.13x1000000/(7x1576902963965)x(-1622.4)x1450863.8 = 2,752,825 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= -12909.13x1000000/(7x1576902963965)x(1758.6)x1153281.4 = - 2,371,900 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2752824.6x2x2/(2+2) = 2,752,825 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1'/(2 + Φ_1') = -2371899.7x2x1.53/(2+1.53) = - 2,056,094 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1

= 2752824.6x (-1729.5) /1000000 + -2056094.4x 1651.5/1000000 = -8156.7 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2752824.6 + -2056094.4)/442599.2+(-0.066)x(-8156.7)x1000000x(-2353.2)/1086245926469

= 0.408 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2752824.6+-2056094)/442599+(-0.066)x(-8156.7)x1000000x1407/1086245926469)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.713)

= 2.541 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2752824.6+-2056094)/442599+(-0.066)x(-8156.7)x1000000x1897/1086245926469)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.713)

= 2.561 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2752824.6 + -2056094.4)/442599.2+(-0.066)x(-8156.7)x1000000x(-1581.5)/1086245926468.71

= 0.790 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2752824.6 + -2056094.4)/442599.2+(-0.066)x(-8156.7)x1000000x1918.5/1086245926468.71

= 2.525 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.308.E+10	2.039.E+12	2.062.E+12
환산 하부콘크리트		115328.1	267.0	3.079.E+07	3.296.E+09	1.302.E+11	1.335.E+11
합성전		242859.3	1834.1	4.454.E+08	5.086.E+11	6.184.E+10	5.704.E+11
계		358187.4		4.762.E+08			7.039.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.936 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.936**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000011

- 도심 : ysv2 = 476220855.5/358187.4 = 1329.5 mm

Ysv2bcu = 1329.5 - 512 = 817.5 mm Ysv2su = 1329.5 - 3500 = -2170.5 mm

Ysv2bcl = 1329.5 - 22 = 1307.5 mm Ysv2sl = 1329.5 mm

Dsvbc1 = 1329.5 - 267 1062.5 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.000011x1153281.4 = - 260,065 N

Ddvbc = 1329.5 - 267 = 1,063 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-260065) x 1062.5 / 1000000

= -276.3 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-260065)/358187+(-0.066)x-276x1000000x818/703939294417)-20500x(-0.000011)

= 0.2 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-260065)/358187+(-0.066)x-276x1000000x1308/703939294417)-20500x(-0.000011)

= 0.2 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -260065 /358187.4+(-0.066)x-276.3x1000000x(-2170.5)/703939294416.506

= -0.782 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -260065 /358187.4+(-0.066)x-276.3x1000000x1329.5/703939294416.506

= -0.692 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	6045.3x240	1450863.8			6.964.E+09		
환산상부바닥판	0.000	69088.8	3648.0	2.520.E+08	3.316.E+08	2.013.E+11	2.016.E+11
하부콘크리트	2353.6x490	1153281.4			2.308.E+10	4.345.E+12	4.368.E+12
환산 하부콘크리트		54918.2	267.0	1.466.E+07	1.099.E+09	1.539.E+11	1.550.E+11
합성전		242859.3	1834.1	4.454.E+08	5.086.E+11	2.780.E+09	5.114.E+11
계		366866.2	0.0	7.121.E+08			8.680.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 712127160/366866.2 = 1941.10 mm

Ydv2bcu = 1941.1 - 512 = 1429.1 mm Ydv2su = 1941.1 - 3500 = -1558.9 mm

Ydv2bcl = 1941.1 - 22 = 1919.1 mm Ydv2sl = 1941.1 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1450863.8 = - 3,824,061 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1153281.4 = - 3,039,719 N

Ddv = 1941.1 - 3648 = - 1,707 mm

Ddvbc = 1941.1 - 267 = 1,674 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 242859.3 + 1450863.8 / 21+ 1153281.4 / 21 = 366,866 mm²

dc2 = dv・As / (Ac/n2 + As) = 1813.9 x 242859.3 / (1450863.8 / 21 + 242859. 1,412 mm

ds2 = dv - dc2 = 1813.9 - 1412.2 = 402 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-3824060.6 x (-1706.9) + (-3039718.8) x 1674.1] / 1000000

= 1438.5 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-3824060.6 + (-3039718.8))/435117.8+(-0.066)x1438.5x1000000x(-2353.2)/906031796631

= -15.528 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-3824061-3039719)/366866+(-0.066)x1439x1000000x1429/868026840046)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-3824061-3039719)/366866+(-0.066)x1439x1000000x1919/868026840046)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-3824060.6 + (-3039718.8))/366866.2+(-0.066)x1438.5x1000000x(-1558.9)/868026840046.422

= -18.539 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-3824060.6 + (-3039718.8))/366866.2+(-0.066)x1438.5x1000000x1941.1/868026840046.422

= -18.922 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1450863.8/7 = 5,098,750 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 5098749.9x-1622.4 / 1000000 = - 8,272 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 5098749.9/435117.8 + (-0.066)x(-8272.2)x(-2353.2) / 906031796630.7 - 205000 x 0.00012

= -14.300 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(5098749.9/435117.8+(-0.066)x(-8272.2)x842.8/906031796630.7)-30891.1x0.000012x10

= -2.000 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(5098749.9/435117.8+(-0.066)x(-8272.2)x1000000x1332.8/906031796630.7)-30891.1x0.000012x10

= -1.900 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 5098749.9 /435117.8+(-0.066)x(-8272.2)x1000000x(-2145.2)/9060317966 10.425 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 5098749.9 /435117.8+(-0.066)x(-8272.2)x100000x1354.8/906031796630.7 12.534 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 8429424.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1167.99 x 1000 /110912 + 696.01x1000000 / (2 x 8429424x16) = 13.111 MPa

2) 단일합성시

· F = 8528619.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1802.89 x 1000 /110912 + 809.81x1000000 / (2 x 8528619.5x16) = 19.222 MPa

3) 이중합성시

· F = 8572349.8 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 2314.89 x 1000 /110912 + 3233.68x1000000 / (2 x 8572349.8x16) = 32.660 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 2) = 15.0 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 54.5mm ⓑ b/(44xixn) = 27.3mm ⓒ b/(80xixn) = 15.0mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -73.9 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 4) = 13.6 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 27.3mm ⓑ b/(44xixn) = 13.6mm ⓒ b/(80xixn) = 7.5mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -202.6 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3466 / (281 x 1.2 = 10.279

여기서, √(fca/fc) = √(230/91.405) = 1.489 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.162) = 3466 / (281 x 1 = 10.615

여기서, √(fca/fc) = √(202.582/150.062) 1.162 < 1.2 1.16 적용

∴ t_min = 10.615 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	42.6	287.5	-46.6	-92.4
	2	-	-	-6.3	-16.0	128.9	230.0	-91.4	-202.6
	3	90.9	160.0	-11.7	-16.0	204.7	230.0	-150.1	-202.6
	4	75.8	160.0	-7.4	-16.0	187.0	230.0	-172.1	-202.6
	5	61.5	184.0	-9.3	-18.4	197.4	264.5	-159.5	-233.0
	6	90.1	184.0	-5.5	-18.4	176.5	264.5	-184.6	-233.0
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.148	0.504	13.111	168.8	0.08	0.26
	2	-	0.393	0.561	0.451	32.333	135.0	0.24	0.37
	3	0.568	0.730	0.890	0.741	64.993	135.0	0.48	1.02
	4	0.474	0.464	0.813	0.849	64.993	135.0	0.48	0.95
	5	0.334	0.507	0.746	0.685	64.993	155.3	0.42	0.73
	6	0.490	0.300	0.667	0.792	64.993	155.3	0.42	0.80

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	134.7	400.0	-17.14	-24.0	302.8	380.0	-223.5	-380.0
	2	163.3	400.0	-13.34	-24.0	282.0	380.0	-248.6	-380.0
	3	149.9	400.0	-21.40	-24.0	320.6	380.0	-207.1	-380.0
	4	149.7	400.0	-17.60	-24.0	299.7	380.0	-232.2	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.892		< 1.0		∴ O.K.	

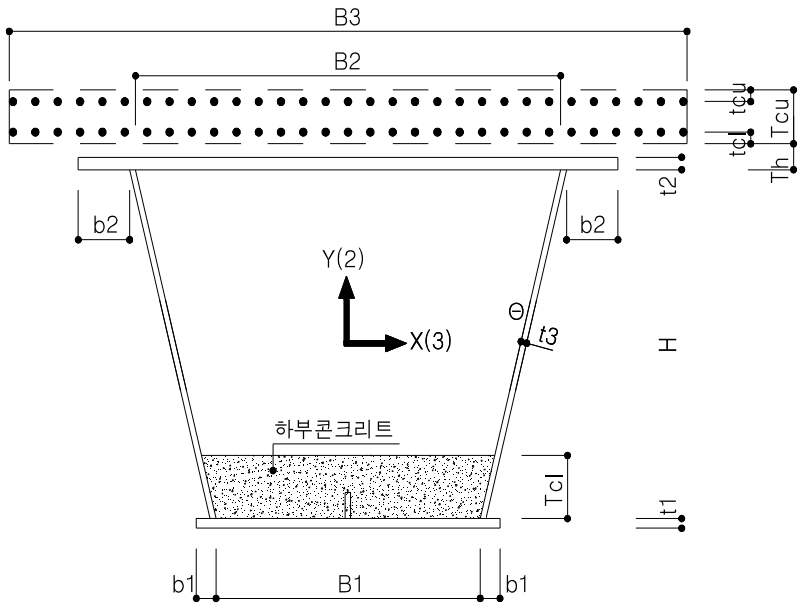
◎ **이중합성구간 < 단면 11 >** 단면위치: 17,J지점 **(외측거더)** **<폐합단면>**

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15345

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3700
t1	28
t2	40
t3	18
tr	0
Tcu	240
Th	40
Tcl	600
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2793	상부바닥판	5888	n(상부)	7
하부리브	280	20	1	하부플랜지	2493	하부슬래브	2293	n'(하부)	7

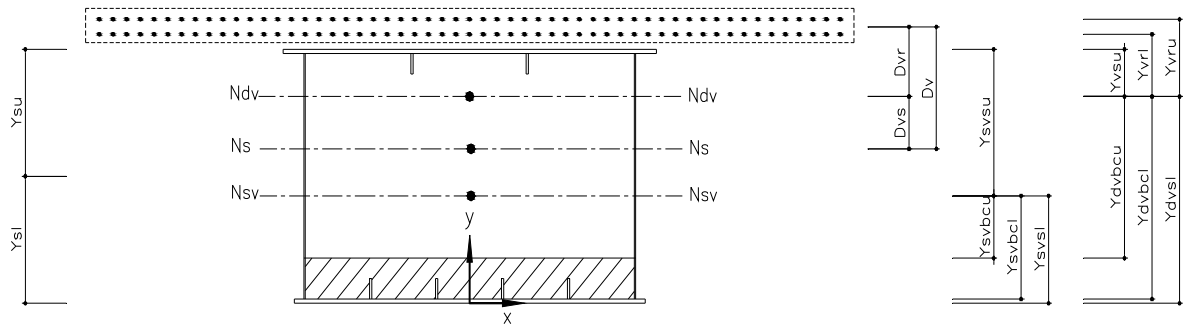
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-21454.0	-40537.8	-18652.2	-29820.9	-707.4	-111172.2
전단력, S (kN)	1776.3	2380.4	1100.6	1890.7	17.2	7165.2
비틀림, T (kN-m)	-652.4	-872.9	-267.8	-3560.6	-27.9	-5381.57

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm²)	y (mm)	As·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Is (mm⁴)
상부플랜지	2793.4×40×1	111,735	3,748	4.188.E+08	1.490.E+07	3.005.E+11	3.005.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,668	1.056.E+07	3.456.E+06	7.008.E+09	7.011.E+09
복부판	3,700.0×18×2	133,200	1,878	2.501.E+08	1.520.E+11	7.052.E+09	1.590.E+11
하부리브	280×20×1	5,600	168	9.408.E+05	3.659.E+07	2.108.E+10	2.111.E+10
하부플랜지	2493.4×28×1	69,815	14	9.774.E+05	4.561.E+06	3.062.E+11	3.062.E+11
계		323,230		6.814.E+08			7.938.E+11

- 도심 : ys = 681415176/323229.9 = 2108.1 mm

Ysu = 2108.1 - 3768 = -1659.9 mm

Ysl = 2108.1 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -21,454.0x1000000 x (-1659.9) / 793798707658 = 44.862 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -21,454.0x1000000 x 2108.1/793798707658 = -56.976 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.13.E+10		
환산 하부콘크리트		196575.5	328.0	6.45.E+07	5.90.E+09	2.41.E+11	2.47.E+11
STEEL		323229.9	2108.1	6.81.E+08	7.94.E+11	1.46.E+11	9.40.E+11
계		519805.4		7.46.E+08			1.19.E+12

- 도심 : ysv = 745877716/519805.4 = 1434.9 mm n' = 7

Ysvbcu = 1434.9 - 628 = 806.9 mm Ysvsu = 1434.9-3768= -2333.1 mm

Ysvbcl = 1434.9 - 28 = 1406.9 mm Ysvsl = 1434.9 mm

Dsvbc = 1434.9 - 328 = 1106.9 mm

- 하부콘크리트 응력 :

· fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -40537.75x1000000x806.9/(7x1187032925509) = -3.937 MPa

· fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -40537.75x1000000x1406.9/(7x1187032925509) = -6.864 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -40537.75x1000000 x (-2333.1) / 1187032925509 = 79.676 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -40537.75x1000000 x 1434.9/1187032925509 = -49.003 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x94	26931.0					
환산바닥판 철근		26931.0	3878.0	1.044.E+08		1.453.E+11	1.453.E+11
단일합성시		519805.4	1434.9	7.459.E+08	1.187.E+12	7.523.E+09	1.195.E+12
계		546736.4		8.503.E+08			1.340.E+12

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.153
- 도심 : Ydv = 850307186/546736.4 = 1555 mm
  Atc = 5888.4x240 = 1413218 mm^2
  Abc = 2293.4x600 = 1376029 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1555.2-3948 = -2392.8 mm Ddvr = 1555.2 - 3878 = -2322.8 mm
Ydvrcl = 1555.2-3808 = -2252.8 mm Ddvbc = 1555.2 - 328 = 1391.2 mm
Ydvbcu = 1555.2-628 = 927.2 mm Ddvs = 1555.2 - 2108.1 = -552.9 mm
Ydvbcl = 1555.2-28 = 1527.2 mm Ddv = 2322.8 + (-552.9) = 1769.9 mm
Ydvsu = 1555.2-3748 = -2192.8 mm
Ydvsl = 1555.2 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-18,652.2x1000000x(-2392.8)/(1x1339859109131) 33.310 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -18,652.2x1000000x927.2/(7x1339859109131)= -1.844 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -18,652.2x1000000x1527.2/(7x1339859109131)= -3.037 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -18652.18x1000000 x (-2192.8)/1339859109131 = 30.526 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -18652.18x1000000 x 1555.2/1339859109131 = -21.650 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -29820.9x1000000x(-2392.8)/(1x1339859109131) 53.256 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -29820.9x1000000x927.2/(7x1339859109131)= -2.948 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -29820.9x1000000x1527.2/(7x1339859109131)= -4.856 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -29820.9x1000000 x (-2192.8)/1339859109131 = 48.805 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -29820.9x1000000 x 1555.2/1339859109131 = -34.614 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -707.4x1000000x(-2392.8)/(1x1339859109131)= 1.263 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -707.4x1000000x927.2/(7x1339859109131)= -0.070 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -707.4x1000000x1527.2/(7x1339859109131)= -0.115 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -707.4x1000000 x (-2192.8) / 1339859109131= 1.158 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -707.4x1000000 x 1555.2/1339859109131= -0.821 MPa

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.128.E+10	3.249.E+12	3.290.E+12
환산 하부콘크리트		152892.1	328.0	5.015.E+07	5.897.E+09	2.233.E+11	2.292.E+11
합성전		323229.9	2108.1	6.814.E+08	7.938.E+11	1.056.E+11	8.994.E+11
계		476122.0		7.315.E+08			1.129.E+12

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.461 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.461** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 731549553.7/476122 = 1536.5 mm

Ysv1bcu = 1536.5 - 628 = 908.5 mm Ysv1su = 1536.5 - 3748 = -2211.5 mm

Ysv1bcl = 1536.5 - 28 = 1508.5 mm Ysv1sl = 1536.5 mm

Dsvbc1 = 1536.5 - 328 1208.5 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -40537.75x1000000/(7x1187032925509)x(1106.9)x1376028.7 = - 7,430,785 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -7430785.3x2x0.461/(2+0.461) = - 2,783,903 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -2783902.5x 1208.5/1000000 = -3364.3 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2783903/476122+(-0.153)x(-3364.3)x1000000x909/1128598403819)-0.461/(1+0.461/2)x(-3.937)

= 0.871 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2783903/476122+(-0.153)x(-3364.3)x1000000x1509/1128598403819)-0.461/(1+0.461/2)x(-6.864)

= 1.998 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -2783902.5 /476122+(-0.153)x(-3364.3)x1000000x(-2211.5)/1128598403819.29

= -6.856 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -2783902.5 /476122+(-0.153)x(-3364.3)x1000000x1536.5/1128598403819.29

= -5.146 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	5888.4x240	1413218.4			6.783.E+09		
환산 상부바닥판		201888.3	3888.0	7.849.E+08	9.691.E+08	6.303.E+11	6.313.E+11
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.128.E+10		
환산 하부콘크리트		196575.5	328.0	6.448.E+07	5.897.E+09	6.320.E+11	6.379.E+11
합성전		323229.9	2108.1	6.814.E+08	7.938.E+11	5.463.E+07	7.939.E+11
계		721693.8		1.531.E+09			2.063.E+12

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7
- 도심 : yv1 = 1530819602/721693.8 = 2121.1 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	5888.4x240	1413218.4			6.783.E+09		
환산 상부바닥판		100944.2	3888.0	3.925.E+08	4.845.E+08	3.363.E+11	3.368.E+11
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.128.E+10	5.855.E+12	5.896.E+12
환산 하부콘크리트		114669.1	328.0	3.761.E+07	5.897.E+09	3.451.E+11	3.510.E+11
합성전		323229.9	2108.1	6.814.E+08	7.938.E+11	6.662.E+08	7.945.E+11
계		538843.1		1.111.E+09			1.482.E+12

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
  n1' = n'x (1 + Φ_1 '/ 2) = 7 x (1 + 1.54 / 2) = 12
  Φ_1 ' = Φ_1 -Φ_1 '(60,30) = 2.00 - 0.46 = 1.54
- 도심 : ydv1 = 1111483341.8/538843.1 = 2062.7 mm

Ydv1tcu = 2062.7 - 4008 = -1945.3 mm
Ydv1tcl = 2062.7 - 3768 = -1705.3 mm
Ydv1bcu = 2062.7 - 628 = 1434.7 mm
Ydv1bcl = 2062.7 - 28 = 2034.7 mm
Ydv1su = 2062.7 - 3748 = -1685.3 mm
Ydv1sl = 2062.7 mm
Dvs1 = 2121.1 - 2108.1 = 13.0 mm
Dv1 = 1766.9 + 13 = 1779.9 mm

Ddvtc = 2121.1 - 3888 = -1766.9 mm
Ddvbc = 2121.1 - 328 = 1793.1 mm
Ddvtc1 = 2062.7 - 3888 = -1825.3 mm
Ddvbc1 = 2062.7 - 328 = 1734.7 mm
Av1 = As +Ac/n1 = 424174.1 mm^2
dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1356.323 mm
ds1 = dv - dc1 = 423.577 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  · Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc
  = -18652.18x1000000/(7x2063033205750.4)x(-1766.9)x1413218.4 = 3,225,125 N
  · Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc
  = -18652.18x1000000/(7x2063033205750.4)x(1793.1)x1376028.7 = - 3,186,819 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 3225125.3x2x2/(2+2) = 3,225,125 N
  · Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 '/(2 + Φ_1 ') = -3186818.6x2x1.54/(2+1.54) = - 2,772,712 N
  · Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1
  = 3225125.3x (-1825.3) /1000000 + -2772712.2x 1734.7/1000000 = -10696.6 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (3225125.3 + -2772712.2)/538843.1+(-0.153)x(-10696.6)x1000000x(-2392.8)/1482224764084

= -1.802 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((3225125.3+-2772712)/538843+(-0.153)x(-10696.6)x1000000x1435/1482224764084)-1.5/(1+1.5/2)x(-3.037)

= 2.844 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((3225125.3+-2772712)/538843+(-0.153)x(-10696.6)x1000000x2035/1482224764084)-1.5/(1+1.5/2)x(-3.037)

= 2.900 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (3225125.3 + -2772712.2)/538843.1+(-0.153)x(-10696.6)x1000000x(-1685.3)/1482224764083.75

= -1.021 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (3225125.3 + -2772712.2)/538843.1+(-0.153)x(-10696.6)x1000000x2062.7/1482224764083.75

= 3.117 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.128.E+10	3.420.E+12	3.462.E+12
환산 하부콘크리트		137602.9	328.0	4.513.E+07	5.897.E+09	2.145.E+11	2.204.E+11
합성전		323229.9	2108.1	6.814.E+08	7.938.E+11	9.131.E+10	8.851.E+11
계		460832.8		7.265.E+08			1.106.E+12

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.922 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.922**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000009

- 도심 : ysv2 = 726534693.6/460832.8 = 1576.6 mm

Ysv2bcu = 1576.6 - 628 = 948.6 mm Ysv2su = 1576.6 - 3748 = -2171.4 mm

Ysv2bcl = 1576.6 - 28 = 1548.6 mm Ysv2sl = 1576.6 mm

Dsvbc1 = 1576.6 - 328 1248.6 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.000009x1376028.7 = - 253,877 N

Ddvbc = 1576.6 - 328 = 1,249 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-253877.3) x 1248.6 / 1000000

= -317.0 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-253877)/460833+(-0.153)x-317x1000000x949/1105529059414)-20500x(-0.000009)

= 0.1 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-253877)/460833+(-0.153)x-317x1000000x1549/1105529059414)-20500x(-0.000009)

= 0.1 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -253877.3 /460832.8+(-0.153)x-317x1000000x(-2171.4)/1105529059413.76

= -0.646 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -253877.3 /460832.8+(-0.153)x-317x1000000x1576.6/1105529059413.76

= -0.482 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	5888.4x240	1413218.4			6.783.E+09		
환산상부바닥판	0.000	67296.1	3888.0	2.616.E+08	3.230.E+08	2.115.E+11	2.119.E+11
하부콘크리트	2293.4x600	1376028.7			4.128.E+10	6.155.E+12	6.197.E+12
환산 하부콘크리트		65525.2	328.0	2.149.E+07	1.966.E+09	2.092.E+11	2.112.E+11
합성전		323229.9	2108.1	6.814.E+08	7.938.E+11	1.539.E+07	7.938.E+11
계		456051.2	0.0	9.645.E+08			1.217.E+12

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 964540502.3/456051.2 = 2115.00 mm

Ydv2bcu = 2115 - 628 = 1487.0 mm Ydv2su = 2115 - 3748 = -1633.0 mm

Ydv2bcl = 2115 - 28 = 2087.0 mm Ydv2sl = 2115.0 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1413218.4 = - 3,724,838 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1376028.7 = - 3,626,817 N

Ddv = 2115 - 3888 = - 1,773 mm

Ddvbc = 2115 - 328 = 1,787 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 323229.9 + 1413218.4 / 21+ 1376028.7 / 21 = 456,051 mm²

dc2 = dv・As / (Ac/n2 + As) = 1779.9 x 323229.9 / (1413218.4 / 21 + 323229.9 1,473 mm

ds2 = dv - dc2 = 1779.9 - 1473.2 = 307 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-3724838.1 x (-1773) + (-3626816.7) x 1787] / 1000000

= 123.0 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-3724838.1 + (-3626816.7))/546736.4+(-0.153)x123x1000000x(-2392.8)/1339859109131

= -13.413 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-3724838-3626817)/456051+(-0.153)x123x1000000x1487/1216896226520)-9762x(-0.00027)

= 1.9 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-3724838-3626817)/456051+(-0.153)x123x1000000x2087/1216896226520)-9762x(-0.00027)

= 1.9 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-3724838.1 + (-3626816.7))/456051.2+(-0.153)x123x1000000x(-1633)/1216896226519.68

= -16.095 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-3724838.1 + (-3626816.7))/456051.2+(-0.153)x123x1000000x2115/1216896226519.68

= -16.153 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1413218.4/7 = 4,966,453 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 4966453.2x-1766.9 / 1000000 = - 8,775 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 4966453.2/546736.4 + (-0.153)x(-8775.2)x(-2392.8) / 1339859109131 - 205000 x 0.00012

= -17.914 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(4966453.2/546736.4+(-0.153)x(-8775.2)x927.2/1339859109131)-30891.1x0.000012x10

= -2.300 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(4966453.2/546736.4+(-0.153)x(-8775.2)x1000000x1527.2/1339859109131)-30891.1x0.000012x10

= -2.200 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 4966453.2 /546736.4+(-0.153)x(-8775.2)x1000000x(-2192.8)/1339859109 6.887 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 4966453.2 /546736.4+(-0.153)x(-8775.2)x100000x1555.2/1339859109131 10.642 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 9028812.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1776.31 x 1000 /133200 + 652.41x1000000 / (2 x 9028812x18) = 15.343 MPa

2) 단일합성시

· F = 9150376.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 2380.39 x 1000 /133200 + 872.9x1000000 / (2 x 9150376.4x18) = 20.521 MPa

3) 이중합성시

· F = 9194142.9 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 2991.27 x 1000 /133200 + 3828.37x1000000 / (2 x 9194142.9x18) = 34.023 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 2) = 15.0 mm < t = 28 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 54.5mm ⓑ b/(44xixn) = 27.3mm ⓒ b/(80xixn) = 15.0mm

t = 28 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -121.5 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 4) = 13.6 mm < t = 28 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 27.3mm ⓑ b/(44xixn) = 13.6mm ⓒ b/(80xixn) = 7.5mm

t = 28 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[fsua1] = -230.0 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3700 / (281 x 1.2 = 10.973

여기서, √(fca/fc) = √(230/105.979) = 1.473 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.168) = 3700 / (281 x 1 = 11.273

여기서, √(fca/fc) = √(230/168.692) = 1.168 < 1.2 1.17 적용

∴ t_min = 11.273 < t = 18.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	44.9	287.5	-57.0	-151.9
	2	-	-	-6.9	-16.0	124.5	230.0	-106.0	-230.0
	3	87.8	160.0	-12.8	-16.0	197.5	230.0	-168.7	-230.0
	4	72.6	160.0	-8.0	-16.0	180.4	230.0	-186.9	-230.0
	5	54.7	184.0	-10.2	-18.4	187.3	264.5	-176.2	-264.5
	6	90.5	184.0	-5.8	-18.4	173.5	264.5	-197.5	-264.5
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.156	0.375	15.343	168.8	0.09	0.15
	2	-	0.429	0.541	0.461	35.864	135.0	0.27	0.36
	3	0.549	0.798	0.859	0.733	69.887	135.0	0.52	1.01
	4	0.454	0.498	0.784	0.812	69.887	135.0	0.52	0.93
	5	0.297	0.553	0.708	0.666	69.887	155.3	0.45	0.70
	6	0.492	0.314	0.656	0.747	69.887	155.3	0.45	0.76

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	124.7	400.0	-18.61	-24.0	288.8	380.0	-248.4	-380.0
	2	160.5	400.0	-14.21	-24.0	275.0	380.0	-269.6	-380.0
	3	139.9	400.0	-23.41	-24.0	305.9	380.0	-235.3	-380.0
	4	144.6	400.0	-19.01	-24.0	292.1	380.0	-256.6	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.976		< 1.0		∴ O.K.	

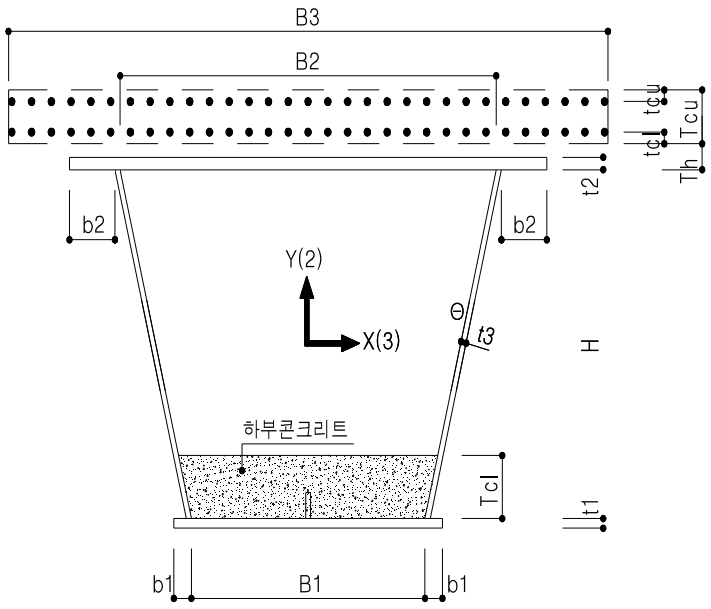
◎ 이중합성구간 < 단면 12 > 단면위치: 72,1/4지점(외측거더) <폐합단면>

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15488

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3468
t1	22
t2	28
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	40
Tcl	530
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2828	상부바닥판	6005	n(상부)	7
하부리브	220	20	1	하부플랜지	2528	하부슬래브	2328	n'(하부)	7

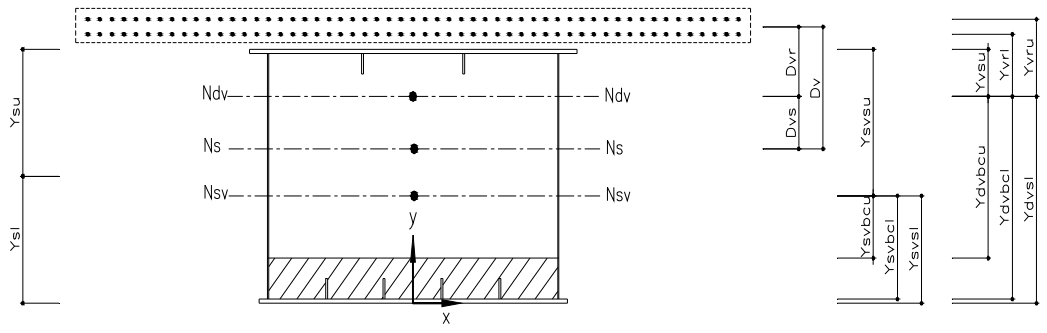
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-14565.6	-30631.4	-14320.5	-22570.1	-473.5	-82561.0
전단력, S (kN)	-1145.8	-1695.2	-813.3	-1418.9	-8.9	-5082.0
비틀림, T (kN-m)	-255.7	-472.0	8.0	-1957.1	-6.9	-2683.77

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm²)	y (mm)	As·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Is (mm⁴)
상부플랜지	2827.8×28×1	79,179	3,504	2.774.E+08	5.173.E+06	2.011.E+11	2.011.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,430	9.878.E+06	3.456.E+06	6.651.E+09	6.655.E+09
복부판	3,468.0×16×2	110,976	1,756	1.949.E+08	1.112.E+11	2.642.E+09	1.139.E+11
하부리브	220×20×1	4,400	132	5.808.E+05	1.775.E+07	1.391.E+10	1.393.E+10
하부플랜지	2527.8×22×1	55,612	11	6.117.E+05	2.243.E+06	2.006.E+11	2.006.E+11
계		253,047		4.834.E+08			5.362.E+11

- 도심 : ys = 483388004/253047 = 1910.3 mm
  Ysu = 1910.3 - 3518 = -1607.7 mm
  Ysl = 1910.3 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = -14,565.6x1000000 x (-1607.7) / 536178930569.2 = 43.674 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = -14,565.6x1000000 x 1910.3/536178930569.2 = -51.894 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.89.E+10		
환산 하부콘크리트		176249.2	287.0	5.06.E+07	4.13.E+09	1.61.E+11	1.65.E+11
STEEL		253047.0	1910.3	4.83.E+08	5.36.E+11	1.12.E+11	6.49.E+11
계		429296.2		5.34.E+08			8.14.E+11

- 도심 : ysv = 533979204/429296.2 = 1243.8 mm n' = 7
  Ysvbcu = 1243.8 - 552 = 691.8 mm Ysvsu = 1243.8-3518= -2274.2 mm
  Ysvbcl = 1243.8 - 22 = 1221.8 mm Ysvsl = 1243.8 mm
  Dsvbc = 1243.8 - 287 = 956.8 mm
- 하부콘크리트 응력 :
  · fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -30631.43x1000000x691.8/(7x814063931402.2) = -3.719 MPa
  · fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -30631.43x1000000x1221.8/(7x814063931402.2) = -6.568 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -30631.43x1000000 x (-2274.2) / 814063931402.2 = 85.573 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -30631.43x1000000 x 1243.8/814063931402.2 = -46.801 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x96	27504.0					
환산바닥판 철근		27504.0	3640.0	1.001.E+08		1.395.E+11	1.395.E+11
단일합성시		429296.2	1243.8	5.340.E+08	8.141.E+11	8.939.E+09	8.230.E+11
계		456800.2		6.341.E+08			9.625.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.155
- 도심 : Ydv = 634073174/456800.2 = 1388 mm
  Atc = 6004.6x240 = 1441100 mm^2
  Abc = 2327.8x530 = 1233745 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1388.1-3710 = -2321.9 mm Ddvr = 1388.1 - 3640 = -2251.9 mm
Ydvrcl = 1388.1-3570 = -2181.9 mm Ddvbc = 1388.1 - 287 = 1244.6 mm
Ydvbcu = 1388.1-552 = 836.1 mm Ddvs = 1388.1 - 1910.3 = -522.2 mm
Ydvbcl = 1388.1-22 = 1366.1 mm Ddv = 2251.9 + (-522.2) = 1729.7 mm
Ydvsu = 1388.1-3504 = -2115.9 mm
Ydvsl = 1388.1 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-14,320.5x1000000x(-2321.9)/(1x962477205723.2 34.547 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -14,320.5x1000000x836.1/(7x962477205723.2)= -1.777 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -14,320.5x1000000x1366.1/(7x962477205723.2) -2.904 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -14320.52x1000000 x (-2115.9)/962477205723.2 = 31.482 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -14320.52x1000000 x 1388.1/962477205723.2 = -20.653 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -22570.1x1000000x(-2321.9)/(1x962477205723.2 54.449 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -22570.1x1000000x836.1/(7x962477205723.2)= -2.801 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -22570.1x1000000x1366.1/(7x962477205723.2)= -4.576 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -22570.1x1000000 x (-2115.9)/962477205723.2 = 49.618 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -22570.1x1000000 x 1388.1/962477205723.2 = -32.551 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -473.5x1000000x(-2321.9)/(1x962477205723.2)= 1.142 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -473.5x1000000x836.1/(7x962477205723.2)= -0.059 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -473.5x1000000x1366.1/(7x962477205723.2)= -0.096 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -473.5x1000000 x (-2115.9) / 962477205723.2= 1.041 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -473.5x1000000 x 1388.1/962477205723.2= -0.683 MPa

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.888.E+10	2.215.E+12	2.244.E+12
환산 하부콘크리트		137082.7	287.0	3.934.E+07	4.126.E+09	1.520.E+11	1.561.E+11
합성전		253047.0	1910.3	4.834.E+08	5.362.E+11	8.233.E+10	6.185.E+11
계		390129.7		5.227.E+08			7.746.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.465 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.465** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 522738428.6/390129.7 = 1339.9 mm

Ysv1bcu = 1339.9 - 552 = 787.9 mm Ysv1su = 1339.9 - 3504 = -2164.1 mm

Ysv1bcl = 1339.9 - 22 = 1317.9 mm Ysv1sl = 1339.9 mm

Dsvbc1 = 1339.9 - 287 1052.9 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -30631.43x1000000/(7x814063931402.2)x(956.8)x1233744.6 = - 6,345,373 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -6345372.9x2x0.465/(2+0.465) = - 2,393,995 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -2393994.6x 1052.9/1000000 = -2520.6 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2393995/390130+(-0.155)x(-2520.6)x1000000x788/774604731710)-0.465/(1+0.465/2)x(-3.719)

= 0.765 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2393995/390130+(-0.155)x(-2520.6)x1000000x1318/774604731710)-0.465/(1+0.465/2)x(-6.568)

= 1.870 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -2393994.6 /390129.7+(-0.155)x(-2520.6)x1000000x(-2164.1)/774604731710.365

= -7.228 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -2393994.6 /390129.7+(-0.155)x(-2520.6)x1000000x1339.9/774604731710.365

= -5.461 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6004.6x240	1441100.3			6.917.E+09		
환산 상부바닥판		205871.5	3650.0	7.514.E+08	9.882.E+08	5.445.E+11	5.455.E+11
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.888.E+10		
환산 하부콘크리트		176249.2	287.0	5.058.E+07	4.126.E+09	5.316.E+11	5.357.E+11
합성전		253047.0	1910.3	4.834.E+08	5.362.E+11	3.254.E+09	5.394.E+11
계		635167.7		1.285.E+09			1.621.E+12

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 1285410084/635167.7 = 2023.7 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6004.6x240	1441100.3			6.917.E+09		
환산 상부바닥판		102935.7	3650.0	3.757.E+08	4.941.E+08	3.021.E+11	3.026.E+11
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.888.E+10	4.628.E+12	4.657.E+12
환산 하부콘크리트		102812.1	287.0	2.951.E+07	4.126.E+09	2.799.E+11	2.840.E+11
합성전		253047.0	1910.3	4.834.E+08	5.362.E+11	1.790.E+08	5.364.E+11
계		458794.8		8.886.E+08			1.123.E+12

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) =$ 14

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1' / 2) = 7 \times (1 + 1.54 / 2) =$ 12

$\Phi_1' = \Phi_1 - \Phi_1'(60,30) = 2.00 - 0.47 =$ 1.54

- 도심 : ydv1 = 888618177.8/458794.8 = 1936.9 mm

Ydv1tcu = 1936.9 - 3770 = -1833.1 mm

Ydv1tcl = 1936.9 - 3530 = -1593.1 mm

Ydv1bcu = 1936.9 - 552 = 1384.9 mm

Ydv1bcl = 1936.9 - 22 = 1914.9 mm

Ydv1su = 1936.9 - 3504 = -1567.1 mm

Ydv1sl = 1936.9 mm

Dvs1 = 2023.7 - 1910.3 = 113.4 mm

Dv1 = 1626.3 + 113.4 = 1739.7 mm

Ddvtc = 2023.7 - 3650 = -1626.3 mm

Ddvbc = 2023.7 - 287 = 1736.7 mm

Ddvtc1 = 1936.9 - 3650 = -1713.1 mm

Ddvbc1 = 1936.9 - 287 = 1649.9 mm

Av1 = As +Ac/n1 = 355982.7 mm^2

dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1236.649 mm

ds1 = dv - dc1 = 503.051 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= -14320.52x1000000/(7x1620636434172.1)x(-1626.3)x1441100.3 = 2,958,489 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= -14320.52x1000000/(7x1620636434172.1)x(1736.7)x1233744.6 = - 2,704,738 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2958489.4x2x2/(2+2) = 2,958,489 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1'/(2 + Φ_1') = -2704738.1x2x1.54/(2+1.54) = - 2,353,275 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1

= 2958489.4x (-1713.1) /1000000 + -2353275x 1649.9/1000000 = -8950.9 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2958489.4 + -2353275)/458794.8+(-0.155)x(-8950.9)x1000000x(-2321.9)/1122936346599

= -1.550 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2958489.4+-2353275)/458795+(-0.155)x(-8950.9)x1000000x1385/1122936346599)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.904)

= 2.779 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2958489.4+-2353275)/458795+(-0.155)x(-8950.9)x1000000x1915/1122936346599)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.904)

= 2.834 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2958489.4 + -2353275)/458794.8+(-0.155)x(-8950.9)x1000000x(-1567.1)/1122936346599.1

= -0.617 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2958489.4 + -2353275)/458794.8+(-0.155)x(-8950.9)x1000000x1936.9/1122936346599.1

= 3.712 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.888.E+10	2.344.E+12	2.373.E+12
환산 하부콘크리트		123374.5	287.0	3.541.E+07	4.126.E+09	1.469.E+11	1.511.E+11
합성전		253047.0	1910.3	4.834.E+08	5.362.E+11	7.162.E+10	6.078.E+11
계		376421.5		5.188.E+08			7.589.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.93 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.930**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000010

- 도심 : ysv2 = 518804154.1/376421.5 = 1378.3 mm

Ysv2bcu = 1378.3 - 552 = 826.3 mm Ysv2su = 1378.3 - 3504 = -2125.7 mm

Ysv2bcl = 1378.3 - 22 = 1356.3 mm Ysv2sl = 1378.3 mm

Dsvbc1 = 1378.3 - 287 1091.3 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.00001x1233744.6 = - 252,918 N

Ddvbc = 1378.3 - 287 = 1,091 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-252917.6) x 1091.3 / 1000000

= -276.0 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-252918)/376422+(-0.155)x-276x1000000x826/758854053056)-20500x(-0.00001)

= 0.1 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-252918)/376422+(-0.155)x-276x1000000x1356/758854053056)-20500x(-0.00001)

= 0.1 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -252917.6 /376421.5+(-0.155)x-276x1000000x(-2125.7)/758854053055.534

= -0.792 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -252917.6 /376421.5+(-0.155)x-276x1000000x1378.3/758854053055.534

= -0.594 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	6004.6x240	1441100.3			6.917.E+09		
환산상부바닥판	0.000	68623.8	3650.0	2.505.E+08	3.294.E+08	1.929.E+11	1.932.E+11
하부콘크리트	2327.8x530	1233744.6			2.888.E+10	4.805.E+12	4.833.E+12
환산 하부콘크리트		58749.7	287.0	1.686.E+07	1.375.E+09	1.671.E+11	1.685.E+11
합성전		253047.0	1910.3	4.834.E+08	5.362.E+11	1.008.E+09	5.372.E+11
계		380420.6	0.0	7.507.E+08			8.989.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 750733817.2/380420.6 = 1973.40 mm

Ydv2bcu = 1973.4 - 552 = 1421.4 mm Ydv2su = 1973.4 - 3504 = -1530.6 mm

Ydv2bcl = 1973.4 - 22 = 1951.4 mm Ydv2sl = 1973.4 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1441100.3 = - 3,798,327 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1233744.6 = - 3,251,797 N

Ddv = 1973.4 - 3650 = - 1,677 mm

Ddvbc = 1973.4 - 287 = 1,686 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 253047 + 1441100.3 / 21+ 1233744.6 / 21 = 380,421 mm²

dc2 = dv・As / (Ac/n2 + As) = 1739.7 x 253047 / (1441100.3 / 21 + 253047) = 1,369 mm

ds2 = dv - dc2 = 1739.7 - 1368.6 = 371 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-3798326.8 x (-1676.6) + (-3251796.7) x 1686.4] / 1000000

= 884.4 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-3798326.8 + (-3251796.7))/456800.2+(-0.155)x884.4x1000000x(-2321.9)/962477205723

= -15.103 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-3798327-3251797)/380421+(-0.155)x884x1000000x1421/898872843102)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-3798327-3251797)/380421+(-0.155)x884x1000000x1951/898872843102)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-3798326.8 + (-3251796.7))/380420.6+(-0.155)x884.4x1000000x(-1530.6)/898872843101.893

= -18.299 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-3798326.8 + (-3251796.7))/380420.6+(-0.155)x884.4x1000000x1973.4/898872843101.893

= -18.833 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1441100.3/7 = 5,064,438 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 5064438.2x-1626.3 / 1000000 = - 8,236 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 5064438.2/456800.2 + (-0.155)x(-8236.3)x(-2321.9) / 962477205723.2 - 205000 x 0.00012

= -16.593 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(5064438.2/456800.2+(-0.155)x(-8236.3)x836.1/962477205723.2)-30891.1x0.000012x10

= -2.000 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(5064438.2/456800.2+(-0.155)x(-8236.3)x1000000x1366.1/962477205723.2)-30891.1x0.000012x10

= -1.900 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 5064438.2 /456800.2+(-0.155)x(-8236.3)x1000000x(-2115.9)/9624772057 8.280 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 5064438.2 /456800.2+(-0.155)x(-8236.3)x100000x1388.1/962477205723.2 12.928 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 8439088.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1145.77 x 1000 /110976 + 255.75x1000000 / (2 x 8439088x16) = 11.272 MPa

2) 단일합성시

· F = 8546381.1 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1695.15 x 1000 /110976 + 472x1000000 / (2 x 8546381.1x16) = 17.001 MPa

3) 이중합성시

· F = 8590111.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 2232.2 x 1000 /110976 + 1949.1x1000000 / (2 x 8590111.4x16) = 27.205 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 2) = 15.0 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 54.5mm ⓑ b/(44xixn) = 27.3mm ⓒ b/(80xixn) = 15.0mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -73.9 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 4) = 13.6 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 27.3mm ⓑ b/(44xixn) = 13.6mm ⓒ b/(80xixn) = 7.5mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -202.6 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3468 / (281 x 1.2 = 10.285

여기서, √(fca/fc) = √(230/98.695) = 1.433 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.13) = 3468 / (281 x 1. = 10.922

여기서, √(fca/fc) = √(202.582/158.637) 1.130 < 1.2 1.13 적용

∴ t_min = 10.922 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	43.7	287.5	-51.9	-92.4
	2	-	-	-6.6	-16.0	129.2	230.0	-98.7	-202.6
	3	90.1	160.0	-12.2	-16.0	203.4	230.0	-158.6	-202.6
	4	73.5	160.0	-7.6	-16.0	184.5	230.0	-179.2	-202.6
	5	56.9	184.0	-9.5	-18.4	192.7	264.5	-166.3	-233.0
	6	90.1	184.0	-5.7	-18.4	176.2	264.5	-192.1	-233.0
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.152	0.561	11.272	168.8	0.07	0.32
	2	-	0.411	0.562	0.487	28.273	135.0	0.21	0.36
	3	0.563	0.761	0.884	0.783	55.478	135.0	0.41	0.95
	4	0.459	0.478	0.802	0.885	55.478	135.0	0.41	0.95
	5	0.309	0.518	0.729	0.714	55.478	155.3	0.36	0.66
	6	0.490	0.312	0.666	0.825	55.478	155.3	0.36	0.81

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	128.7	400.0	-17.55	-24.0	297.0	380.0	-233.4	-380.0
	2	161.9	400.0	-13.75	-24.0	280.4	380.0	-259.2	-380.0
	3	145.4	400.0	-22.08	-24.0	315.9	380.0	-218.3	-380.0
	4	147.6	400.0	-18.28	-24.0	299.3	380.0	-244.1	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.920		< 1.0		∴ O.K.	

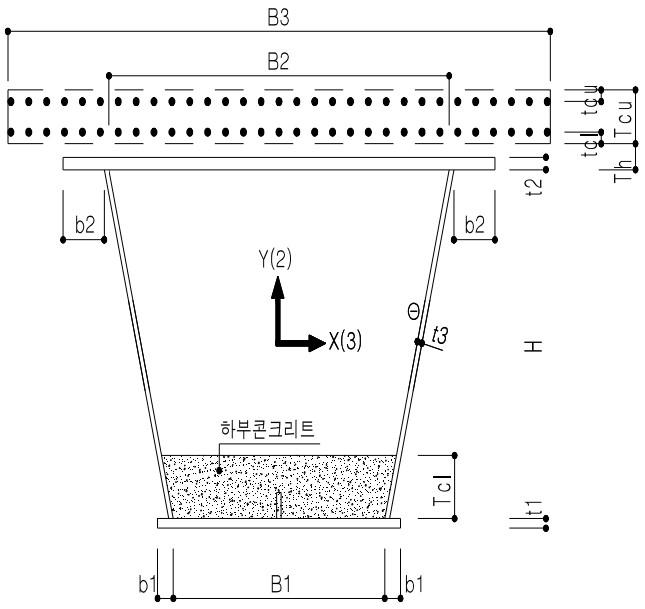
◎ 이중합성구간 < 단면 13 > 단면위치: 72,J지점 (외측거더) <폐합단면>

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.15470

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2400
B2	2400
B3	6300
H	3109
t1	22
t2	28
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	40
Tcl	470
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	2847	상부바닥판	6088	n(상부)	7
하부리브	220	20	1	하부플랜지	2547	하부슬래브	2347	n'(하부)	7

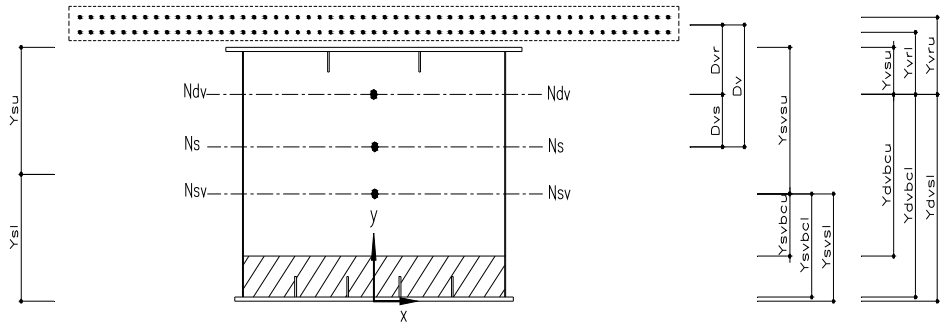
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-10602.2	-24327.1	-11310.8	-18436.0	-439.3	-65115.4
전단력, S (kN)	-916.6	-1574.6	-748.0	-1325.5	-8.9	-4573.5
비틀림, T (kN-m)	-255.7	-471.7	-81.0	-1937.5	-6.9	-2752.96

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm²)	y (mm)	As·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Is (mm⁴)
상부플랜지	2847.2×28×1	79,720	3,145	2.507.E+08	5.208.E+06	1.651.E+11	1.652.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	0.000.E+00	0.000.E+00	0.000.E+00	0.000.E+00
복부판	3,109.0×16×2	99,488	1,577	1.568.E+08	8.014.E+10	1.661.E+09	8.180.E+10
하부리브	220×20×1	4,400	132	5.808.E+05	1.775.E+07	1.090.E+10	1.091.E+10
하부플랜지	2547.2×22×1	56,037	11	6.164.E+05	2.260.E+06	1.609.E+11	1.609.E+11
계		239,646		4.088.E+08			4.188.E+11

- 도심 : ys = 408760071/239645.5 = 1705.7 mm
  Ysu = 1705.7 - 3159 = -1453.3 mm
  Ysl = 1705.7 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -10,602.2x1000000 x (-1453.3) / 418805978245.3 = 36.791 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -10,602.2x1000000 x 1705.7/418805978245.3 = -43.180 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.03.E+10		
환산 하부콘크리트		157594.4	257.0	4.05.E+07	2.90.E+09	1.20.E+11	1.23.E+11
STEEL		239645.5	1705.7	4.09.E+08	4.19.E+11	7.92.E+10	4.98.E+11
계		397239.9		4.49.E+08			6.21.E+11

- 도심 : ysv = 449265090/397239.9 = 1131.0 mm n' = 7

Ysvbcu = 1131 - 492 = 639.0 mm Ysvsu = 1131-3159= -2028.0 mm

Ysvbcl = 1131 - 22 = 1109.0 mm Ysvsl = 1131.0 mm

Dsvbc = 1131 - 257 = 874.0 mm

- 하부콘크리트 응력 :

· fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -24327.12x1000000x639/(7x621239746419.3) = -3.575 MPa

· fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -24327.12x1000000x1109/(7x621239746419.3) = -6.204 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -24327.12x1000000 x (-2028) / 621239746419.3 = 79.414 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -24327.12x1000000 x 1131/621239746419.3 = -44.289 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x96	27504.0					
환산바닥판 철근		27504.0	3281.0	9.024.E+07		1.112.E+11	1.112.E+11
단일합성시		397239.9	1131.0	4.493.E+08	6.212.E+11	7.697.E+09	6.289.E+11
계		424743.9		5.395.E+08			7.401.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.155
- 도심 : Ydv = 539518951/424743.9 = 1270 mm
  Atc = 6087.6x240 = 1461016 mm^2
  Abc = 2347.2x470 = 1103161 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1270.2-3351 = -2080.8 mm Ddvr = 1270.2 - 3281 = -2010.8 mm
Ydvrcl = 1270.2-3211 = -1940.8 mm Ddvbc = 1270.2 - 257 = 1141.7 mm
Ydvbcu = 1270.2-492 = 778.2 mm Ddvs = 1270.2 - 1705.7 = -435.5 mm
Ydvbcl = 1270.2-22 = 1248.2 mm Ddv = 2010.8 + (-435.5) = 1575.3 mm
Ydvsu = 1270.2-3145 = -1874.8 mm
Ydvsl = 1270.2 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-11,310.8x1000000x(-2080.8)/(1x740144301822.3 31.798 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -11,310.8x1000000x778.2/(7x740144301822.3)= -1.699 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -11,310.8x1000000x1248.2/(7x740144301822.3) -2.725 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -11310.76x1000000 x (-1874.8)/740144301822.3 = 28.650 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -11310.76x1000000 x 1270.2/740144301822.3 = -19.411 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -18436x1000000x(-2080.8)/(1x740144301822.3)= 51.830 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -18436x1000000x778.2/(7x740144301822.3)= -2.769 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -18436x1000000x1248.2/(7x740144301822.3)= -4.442 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -18436x1000000 x (-1874.8)/740144301822.3 = 46.699 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -18436x1000000 x 1270.2/740144301822.3 = -31.639 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -439.3x1000000x(-2080.8)/(1x740144301822.3)= 1.235 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -439.3x1000000x778.2/(7x740144301822.3)= -0.066 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -439.3x1000000x1248.2/(7x740144301822.3)= -0.106 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -439.3x1000000 x (-1874.8) / 740144301822.3= 1.113 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -439.3x1000000 x 1270.2/740144301822.3= -0.754 MPa

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.031.E+10	1.630.E+12	1.650.E+12
환산 하부콘크리트		122573.5	257.0	3.150.E+07	2.901.E+09	1.126.E+11	1.155.E+11
합성전		239645.5	1705.7	4.088.E+08	4.188.E+11	5.759.E+10	4.764.E+11
계		362219.0		4.403.E+08			5.919.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.469 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.469** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 440264707.4/362219 = 1215.5 mm

Ysv1bcu = 1215.5 - 492 = 723.5 mm Ysv1su = 1215.5 - 3145 = -1929.5 mm

Ysv1bcl = 1215.5 - 22 = 1193.5 mm Ysv1sl = 1215.5 mm

Dsvbc1 = 1215.5 - 257 958.5 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -24327.12x1000000/(7x621239746419.3)x(874)x1103161.1 = - 5,393,663 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -5393662.8x2x0.469/(2+0.469) = - 2,049,111 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -2049111.3x 958.5/1000000 = -1964.1 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2049111/362219+(-0.155)x(-1964.1)x1000000x724/591903854750)-0.469/(1+0.469/2)x(-3.575)

= 0.771 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2049111/362219+(-0.155)x(-1964.1)x1000000x1194/591903854750)-0.469/(1+0.469/2)x(-6.204)

= 1.797 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -2049111.3 /362219+(-0.155)x(-1964.1)x1000000x(-1929.5)/591903854749.824

= -6.650 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -2049111.3 /362219+(-0.155)x(-1964.1)x1000000x1215.5/591903854749.824

= -5.032 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6087.6x240	1461015.9			7.013.E+09		
환산 상부바닥판		208716.6	3291.0	6.869.E+08	1.002.E+09	4.185.E+11	4.195.E+11
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.031.E+10		
환산 하부콘크리트		157594.4	257.0	4.050.E+07	2.901.E+09	4.126.E+11	4.155.E+11
합성전		239645.5	1705.7	4.088.E+08	4.188.E+11	6.869.E+09	4.257.E+11
계		605956.5		1.136.E+09			1.261.E+12

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 1136151291/605956.5 = 1875.0 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	6087.6x240	1461015.9			7.013.E+09		
환산 상부바닥판		104358.3	3291.0	3.434.E+08	5.009.E+08	2.384.E+11	2.389.E+11
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.031.E+10	3.494.E+12	3.514.E+12
환산 하부콘크리트		91930.1	257.0	2.363.E+07	2.901.E+09	2.132.E+11	2.161.E+11
합성전		239645.5	1705.7	4.088.E+08	4.188.E+11	1.312.E+09	4.201.E+11
계		435933.9		7.758.E+08			8.750.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) =$ 14

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1 ' / 2) = 7 \times (1 + 1.53 / 2) =$ 12

$\Phi_1 ' = \Phi_1 - \Phi_1 '(60,30) = 2.00 - 0.47 =$ 1.53

- 도심 : ydv1 = 775832457.7/435933.9 = 1779.7 mm

Ydv1tcu = 1779.7 - 3411 = -1631.3 mm

Ydv1tcl = 1779.7 - 3171 = -1391.3 mm

Ydv1bcu = 1779.7 - 492 = 1287.7 mm

Ydv1bcl = 1779.7 - 22 = 1757.7 mm

Ydv1su = 1779.7 - 3145 = -1365.3 mm

Ydv1sl = 1779.7 mm

Dvs1 = 1875 - 1705.7 = 169.3 mm

Dv1 = 1416 + 169.3 = 1585.3 mm

Ddvtc = 1875 - 3291 = -1416.0 mm

Ddvbc = 1875 - 257 = 1618.0 mm

Ddvtc1 = 1779.7 - 3291 = -1511.3 mm

Ddvbc1 = 1779.7 - 257 = 1522.7 mm

Av1 = As +Ac/n1 = 344003.8 mm^2

dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1104.377 mm

ds1 = dv - dc1 = 480.923 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= -11310.76x1000000/(7x1260636364880.2)x(-1416)x1461015.9 = 2,651,686 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= -11310.76x1000000/(7x1260636364880.2)x(1618)x1103161.1 = - 2,287,818 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2651686.1x2x2/(2+2) = 2,651,686 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 '/(2 + Φ_1 ') = -2287817.5x2x1.53/(2+1.53) = - 1,983,207 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1

= 2651686.1x (-1511.3) /1000000 + -1983207.2x 1522.7/1000000 = -7027.3 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2651686.1 + -1983207.2)/435933.9+(-0.155)x(-7027.3)x1000000x(-2080.8)/875027961810

= -1.057 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2651686.1+-1983207)/435934+(-0.155)x(-7027.3)x1000000x1288/875027961810)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.725)

= 2.624 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2651686.1+-1983207)/435934+(-0.155)x(-7027.3)x1000000x1758/875027961810)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.725)

= 2.672 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2651686.1 + -1983207.2)/435933.9+(-0.155)x(-7027.3)x1000000x(-1365.3)/875027961810.254

= -0.166 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2651686.1 + -1983207.2)/435933.9+(-0.155)x(-7027.3)x1000000x1779.7/875027961810.254

= 3.749 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.031.E+10	1.721.E+12	1.741.E+12
환산 하부콘크리트		110316.1	257.0	2.835.E+07	2.901.E+09	1.086.E+11	1.115.E+11
합성전		239645.5	1705.7	4.088.E+08	4.188.E+11	4.998.E+10	4.688.E+11
계		349961.6		4.371.E+08			5.802.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.938 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.938**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000012

- 도심 : ysv2 = 437114569.6/349961.6 = 1249.0 mm

Ysv2bcu = 1249 - 492 = 757.0 mm Ysv2su = 1249 - 3145 = -1896.0 mm

Ysv2bcl = 1249 - 22 = 1227.0 mm Ysv2sl = 1249.0 mm

Dsvbc1 = 1249 - 257 = 992.0 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.000012x1103161.1 = - 271,378 N

Ddvbc = 1249 - 257 = 992 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-271377.6) x 992 / 1000000

= -269.2 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-271378)/349962+(-0.155)x-269x1000000x757/580249175490)-20500x(-0.000012)

= 0.2 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-271378)/349962+(-0.155)x-269x1000000x1227/580249175490)-20500x(-0.000012)

= 0.2 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -271377.6 /349961.6+(-0.155)x-269.2x1000000x(-1896)/580249175490.264

= -0.912 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -271377.6 /349961.6+(-0.155)x-269.2x1000000x1249/580249175490.264

= -0.686 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	6087.6x240	1461015.9			7.013.E+09		
환산상부바닥판	0.000	69572.2	3291.0	2.290.E+08	3.339.E+08	1.546.E+11	1.550.E+11
하부콘크리트	2347.2x470	1103161.1			2.031.E+10	3.575.E+12	3.595.E+12
환산 하부콘크리트		52531.5	257.0	1.350.E+07	9.670.E+08	1.251.E+11	1.261.E+11
합성전		239645.5	1705.7	4.088.E+08	4.188.E+11	2.140.E+09	4.209.E+11
계		361749.2	0.0	6.512.E+08			7.020.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 651225983.1/361749.2 = 1800.20 mm

Ydv2bcu = 1800.2 - 492 = 1308.2 mm Ydv2su = 1800.2 - 3145 = -1344.8 mm

Ydv2bcl = 1800.2 - 22 = 1778.2 mm Ydv2sl = 1800.2 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1461015.9 = - 3,850,819 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1103161.1 = - 2,907,616 N

Ddv = 1800.2 - 3291 = - 1,491 mm

Ddvbc = 1800.2 - 257 = 1,543 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 239645.5 + 1461015.9 / 21+ 1103161.1 / 21 = 361,749 mm²

dc2 = dv・As / (Ac/n2 + As) = 1585.3 x 239645.5 / (1461015.9 / 21 + 239645. 1,229 mm

ds2 = dv - dc2 = 1585.3 - 1228.6 = 357 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-3850818.6 x (-1490.8) + (-2907616.1) x 1543.2] / 1000000

= 1253.8 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-3850818.6 + (-2907616.1))/424743.9+(-0.155)x1253.8x1000000x(-2080.8)/740144301822

= -15.365 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-3850819-2907616)/361749+(-0.155)x1254x1000000x1308/701972098507)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-3850819-2907616)/361749+(-0.155)x1254x1000000x1778/701972098507)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-3850818.6 + (-2907616.1))/361749.2+(-0.155)x1253.8x1000000x(-1344.8)/701972098507.153

= -18.310 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-3850818.6 + (-2907616.1))/361749.2+(-0.155)x1253.8x1000000x1800.2/701972098507.153

= -19.181 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1461015.9/7 = 5,134,427 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 5134427.3x-1416 / 1000000 = - 7,270 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 5134427.3/424743.9 + (-0.155)x(-7270.3)x(-2080.8) / 740144301822.3 - 205000 x 0.00012

= -15.680 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(5134427.3/424743.9+(-0.155)x(-7270.3)x778.2/740144301822.3)-30891.1x0.000012x10

= -1.800 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(5134427.3/424743.9+(-0.155)x(-7270.3)x1000000x1248.2/740144301822.3)-30891.1x0.000012x10

= -1.700 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 5134427.3 /424743.9+(-0.155)x(-7270.3)x1000000x(-1874.8)/7401443018 9.234 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 5134427.3 /424743.9+(-0.155)x(-7270.3)x100000x1270.2/740144301822.3 14.022 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7571744.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 916.59 x 1000 /99488 + 255.75x1000000 / (2 x 7571744x16) = 10.269 MPa

2) 단일합성시

· F = 7666890.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1574.59 x 1000 /99488 + 471.71x1000000 / (2 x 7666890.7x16) = 17.750 MPa

3) 이중합성시

· F = 7710621.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 2073.49 x 1000 /99488 + 2018.57x1000000 / (2 x 7710621x16) = 29.023 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (80 x 1 x 2) = 15.0 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 54.5mm ⓑ b/(44xixn) = 27.3mm ⓒ b/(80xixn) = 15.0mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -73.9 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2400.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2400 / (44 x 1 x 4) = 13.6 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 27.3mm ⓑ b/(44xixn) = 13.6mm ⓒ b/(80xixn) = 7.5mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -202.6 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3109 / (281 x 1.2 = 9.220

여기서, √(fca/fc) = √(230/87.469) = 1.522 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.182) = 3109 / (281 x 1 = 9.360

여기서, √(fca/fc) = √(202.582/144.991) 1.182 < 1.2 1.18 적용

∴ t_min = 9.360 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	36.8	287.5	-43.2	-92.4
	2	-	-	-6.2	-16.0	116.2	230.0	-87.5	-202.6
	3	84.9	160.0	-11.5	-16.0	185.1	230.0	-145.0	-202.6
	4	68.4	160.0	-7.1	-16.0	166.6	230.0	-165.5	-202.6
	5	52.8	184.0	-8.8	-18.4	175.9	264.5	-151.4	-233.0
	6	84.1	184.0	-5.4	-18.4	157.4	264.5	-179.5	-233.0
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.128	0.467	10.269	168.8	0.06	0.22
	2	-	0.388	0.505	0.432	28.019	135.0	0.21	0.30
	3	0.530	0.718	0.805	0.716	57.042	135.0	0.42	0.83
	4	0.428	0.444	0.724	0.817	57.042	135.0	0.42	0.85
	5	0.287	0.479	0.665	0.650	57.042	155.3	0.37	0.58
	6	0.457	0.294	0.595	0.770	57.042	155.3	0.37	0.73

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	120.7	400.0	-16.49	-24.0	271.9	380.0	-214.1	-380.0
	2	152.0	400.0	-13.09	-24.0	253.4	380.0	-242.1	-380.0
	3	137.1	400.0	-20.86	-24.0	290.4	380.0	-198.7	-380.0
	4	137.6	400.0	-17.46	-24.0	271.9	380.0	-226.7	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.869		< 1.0		∴ O.K.	

5.4 응력검토 요약

< 지간중앙부 >

(단면) 1-1 (위치) 56,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	18.00	12.00	63.77	0.93	0.89	0.74
허용치	15.60	10.28	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.15	1.17	2.12	1.08	1.35	1.36
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 2-1 (위치) 57,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	26.00	12.00	50.82	0.91	0.93	0.86
허용치	15.60	10.04	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.67	1.19	2.66	1.10	1.29	1.17
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 3-1 (위치) 58,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	30.00	12.00	38.80	0.91	0.91	0.86
허용치	21.90	10.10	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.37	1.19	3.48	1.10	1.32	1.16
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 4-1 (위치) 61,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	36.00	12.00	15.84	0.89	0.80	0.85
허용치	21.90	10.06	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.64	1.19	8.52	1.13	1.49	1.18
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 5-1 (위치) 62,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	30.00	12.00	30.25	0.89	0.85	0.86
허용치	21.90	10.08	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.37	1.19	4.46	1.12	1.41	1.16
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 6-1 (위치) 64,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	20.00	14.00	42.08	0.89	0.90	0.88
허용치	15.60	9.86	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.28	1.42	3.21	1.12	1.34	1.14
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 17-1 (위치) 80,2/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	18.00	12.00	13.79	0.82	0.69	0.87
허용치	15.60	7.87	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.15	1.53	9.79	1.21	1.74	1.15
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

< 교번구간 >

(단면) 7-1 (위치) 67,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	16.00	56.02	0.61	0.53	0.67
허용치	10.90	9.16	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.65	1.75	2.41	1.63	2.27	1.49
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 8-1 (위치) 68,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	16.00	60.32	0.87	0.96	0.81
허용치	10.90	10.41	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.65	1.54	2.24	1.15	1.25	1.23
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 9-1 (위치) 68,J지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	62.52	0.86	0.95	0.84
허용치	10.90	10.78	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	2.02	1.48	2.16	1.17	1.26	1.19
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 14-1 (위치) 73,J지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	51.77	0.83	0.84	0.83
허용치	10.90	9.01	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	2.02	1.78	2.61	1.20	1.43	1.21
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 15-1 (위치) 74,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	14.00	56.27	0.90	0.97	0.87
허용치	10.90	8.70	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.65	1.61	2.40	1.11	1.24	1.15
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 16-1 (위치) 76,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	14.00	12.00	56.03	0.81	0.79	0.58
허용치	10.90	7.46	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.28	1.61	2.41	1.23	1.52	1.71
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

< 이중합성부 :폐합단면>

(단면) 10-1 (위치) 69,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	64.99	0.89	1.02	0.89
허용치	15.00	10.61	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.47	1.51	2.08	1.12	1.17	1.12
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 11-1 (위치) 17,J지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	28.00	18.00	69.89	0.86	1.01	0.98
허용치	15.00	11.27	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.87	1.60	1.93	1.16	1.19	1.03
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

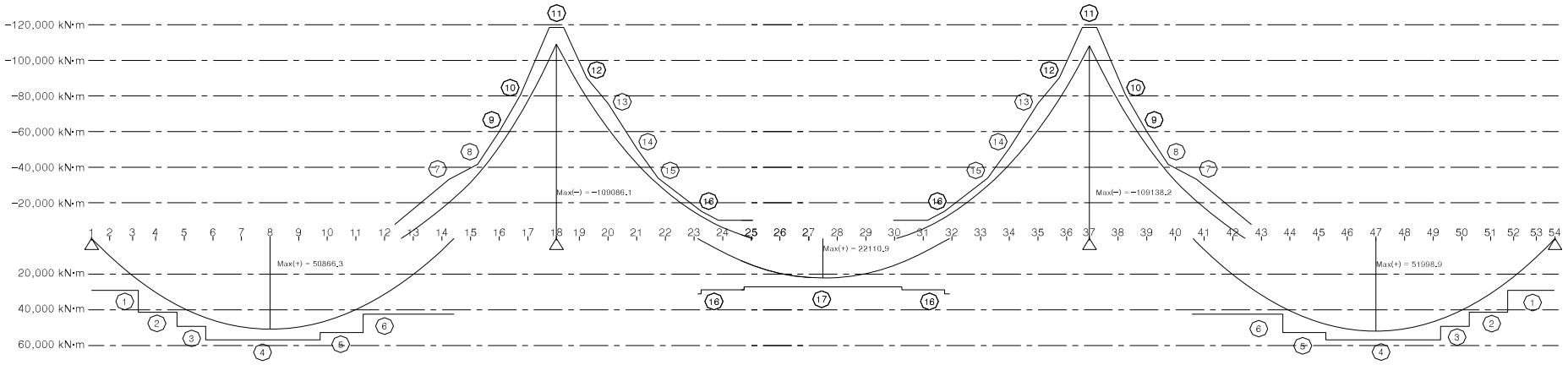
(단면) 12-1 (위치) 72,1/4지점 (외측거더)

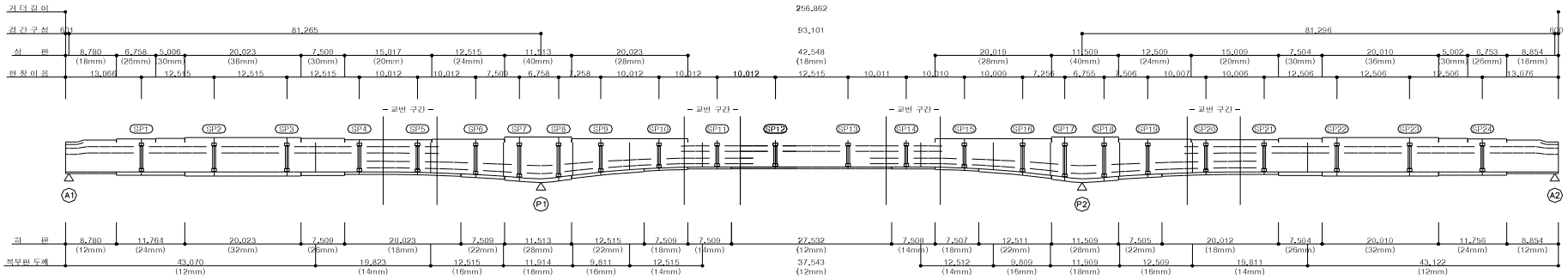
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	55.48	0.88	0.95	0.92
허용치	15.00	10.92	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.47	1.46	2.43	1.13	1.26	1.09
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 13-1 (위치) 72,J지점 (외측거더)

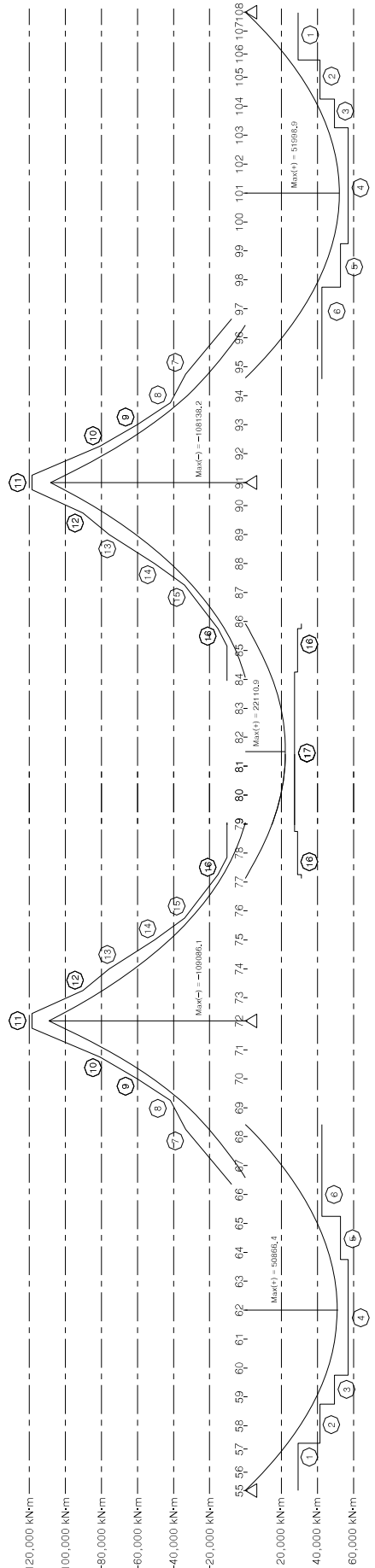
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	57.04	0.82	0.85	0.87
허용치	15.00	9.36	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.47	1.71	2.37	1.22	1.42	1.15
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

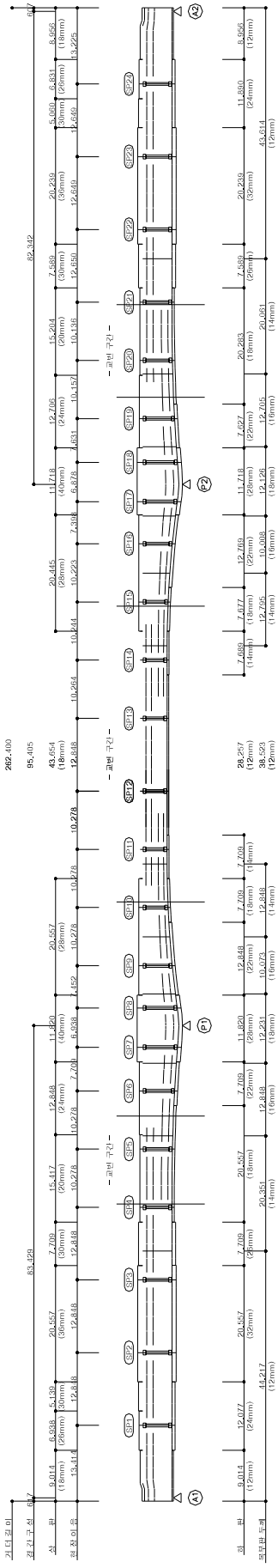
< 단면요약도 : Girder-1 >





< 단면요약도 : Girder-2 >





6. 이음부 설계

6.1 정모멘트구간 현장이음 설계

◎ **이음번호 < S1-1 , S24-1 > :** 57,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	7091.8	12572.8	6176.5	10896.9	129.3	17202.7	36867.2	-181.1	158.8
S(kN)	-430.6	-694.7	-337.8	-791.0	-9.9	-1138.8	-2264.1	사용강종	허용인장,f_{sa}
T(kN-m)	569.1	864.9	563.9	1978.1	6.0	2548.0	3982.0	HSB500	230
Ysl(mm)	1157.3	1157.3	2286.6				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	2.414E+11	2.414E+11	6.104E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

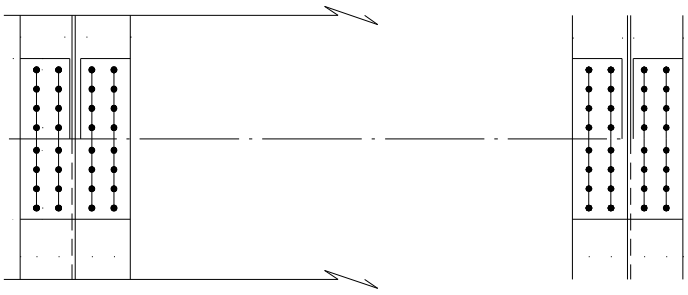
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 181.1 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 181.1 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	26	2	160	18	980	0	0	0	0	1	380	18	980	6	4	24



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{26 \times 500 \times 181.1}{126000.0} \fallingdotseq$ 19 EA ⇒ n = 24 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{26 \times 500 \times 181.1}{230.0}$ = 10235.0 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	160	×	18	×	980	=	5760.0 mm^2
0-PL	0	×	0	×	0	=	0.0 mm^2
1-PL	380	×	18	×	980	=	6840.0 mm^2
					Σ	=	12600.0 mm^2

> A_{req} = 10235.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{26 \times 500 \times 181.1}{12600.0}$ = 186.8 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{26 \times 500 \times 181.1}{24\ EA} = 98085.8\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{4.306E+05 \times 2.444E+07}{2.41441E+11} + \frac{6.947E+05 \times 2.444E+07}{2.41441E+11} \right) + \left(\frac{1.139E+06 \times 9.755E+06}{6.10423E+11} \right) \times \frac{125.0}{6\ EA} = 2752\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 500.0 × 26 × (1892.71 − 13.0) = 24436256 mm^3

  Qv1 = 500.0 × 26 × (1892.71 − 13.0) = 24436256 mm^3

  Qv2 = 500.0 × 26 × (763.42 − 13.0) = 9755499 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 2.41441E+11 mm^4 , Iv1 = 2.41441E+11 mm^4 , Iv2 = 6.10423E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (98085.8^2 + 2752.0^2) = 98124.4\ N/EA < \rho_{sa} \quad O.K$$

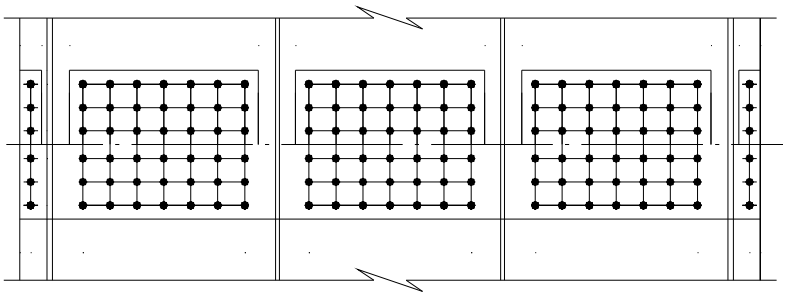
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 158.8 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	24	2	80	14	980	3	680	14	980	1	2600	14	980	6	17	102



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{24 \times 2600 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 86\ EA \Rightarrow n = 102\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{24 \times 2600 \times 172.5}{230.0} = 46800.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	×	14	×	980	=	2240.0 mm²
3-PL	680	×	14	×	980	=	28560.0 mm²
1-PL	2600	×	14	×	980	=	36400.0 mm²
						Σ =	67200.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 67200 − 25.0 × 14.0 × 17 열 × 2 EA

= 55300.0 mm² > A_{req} = 46800.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{24 \times 2600 \times 172.5}{55300.0} = 194.6$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2600.0 \times 172.5}{102 \ EA} = 105529.4 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2}\right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{4.306E+05 \times 7.147E+07}{2.41441E+11} + \frac{6.947E+05 \times 7.147E+07}{2.41441E+11}\right)$$

$$+ \left(\frac{1.139E+06 \times 1.419E+08}{6.10423E+11}\right) \times \frac{152.9}{6 \ EA} = 15240 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2600.0 × 24 × (1157.3 − 12.0) = 71465971 mm³

Qv1 = 2600.0 × 24 × (1157.3 − 12.0) = 71465971 mm³

Qv2 = 2600.0 × 24 × (2286.6 − 12.0) = 141933605 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.41441E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.41441E+11 mm⁴ , Iv2 = 6.10423E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 17 = 152.9 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (105529.4^2 + 15240.2^2) = 106624.3$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

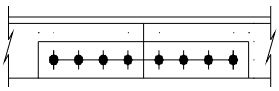
· 플랜지의 총단면적: As = 24 × 2600 = 62400.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 24 ×(2600 - 25 ×17) = 52200.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{62400.0 \times 172.5}{52200.0} = 206.2$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.5 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{230.0} =$ 1350.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1350.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{2100.00} =$ 147.9 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

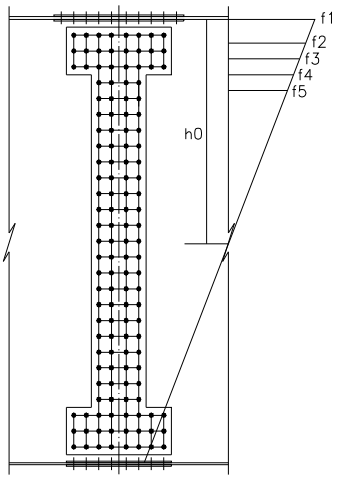
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3000	12	2400	4	280	10	2	2320	10	3	150	3	100	2	100	2	100	2	100	64

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1536 mm



f_1 = fs' = 181.082 MPa

f_2 = f_1 ·(ho - 150)/ho = 163.402 MPa

f_3 = f_1 ·(ho - 250)/ho = 151.616 MPa

f_4 = f_1 ·(ho - 350)/ho = 139.830 MPa

f_5 = f_1 ·(ho - 450)/ho = 128.044 MPa

f_6 = f_1 ·(ho - 550)/ho = 116.258 MPa

제1열 : $\frac{181.08 + 163.40}{2}$ × 150.0 × 12.0 / 3EA = 103345 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{163.40 + 151.62}{2}$ × 100.0 × 12.0 / 3EA = 63004 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{151.62 + 139.83}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 87434$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{139.83 + 128.04}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 80362$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{128.04 + 116.26}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 73291$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{2264.1 \times 1000}{2} + \frac{3982.0 \times 1000000}{2 \times 2412.0} \right) / 64 EA = 30586$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{103345^2 + 30586^2} = 107776.3$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$I_{sw}' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1500.0 - 1157.3)^2 = 31228205188$ mm⁴

$I_{v1w}' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1157.3 - 1500.0)^2 = 31228254538$ mm⁴

$I_{v2w}' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (2286.6 - 1500.0)^2 = 49273321569$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 7091.8 \times \frac{3.123E+10}{2.414E+11} = 917.3$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 12572.8 \times \frac{3.123E+10}{2.414E+11} = 1626.2$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 17202.7 \times \frac{4.927E+10}{6.104E+11} = 1388.6$ kN·m

여기서,

Ms = 7091.8 kN·m, Mv1 = 12572.8 kN·m, Mv2 = 17202.7 kN·m

Is = 2.414E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.414E+11 mm⁴ , Iv2 = 6.104E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1300.0	14560000.00	18928000000.0	73173333.3
2-PL 2320 × 10	46400.0	-	-	-	20811946666.7
Σ	57600.0			18928000000.0	20885120000.0

I = Io + AY^2 = 20885120000 + 18928000000 = 39813120000 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 39813120000 + 57600.0 ×(1500.0 − 1157.3)² = 4.658E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 39813120000 + 57600.0 ×(1157.3 − 1500.0)² = 4.658E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 39813120000 + 57600.0 ×(2286.6 − 1500.0)² = 7.545E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1892.7 mm Ysl = 1157.3 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1892.7 mm Yvl = 1157.3 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 763.4 mm Yvl = 2286.6 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{917.257 \times 1000000}{46578248300} \times 1892.7 + \frac{1626.175 \times 1000000}{46578327261} \times 1892.712 + \frac{1388.600 \times 1000000}{75450434511} \times 763.423$$

$$= 37.273 + 66.080 + 14.050 = 117.403 \text{ MPa} < f_{sa} \quad O.K$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{917.257 \times 1000000}{46578248300} \times 1157.3 + \frac{1626.175 \times 1000000}{46578327261} \times 1157.288 + \frac{1388.600 \times 1000000}{75450434511} \times 2286.577$$

$$= 22.790 + 40.404 + 42.082 = 105.277 \text{ MPa} < f_{sa} \quad O.K$$

◎ **이음번호 < S2-1 , S23-1 > :** 59,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	11005.6	18404.2	8941.3	16633.1	257.4	25831.8	55241.6	-200.8	185.3
S(kN)	-162.6	-206.0	-90.0	-565.7	-10.0	-665.6	-1034.2	사용강종	허용인장,f_{sa}
T(kN-m)	245.6	347.9	220.4	1300.7	8.5	1529.6	2123.1	HSB500	230
Ysl(mm)	1206.8	1206.8	2212.0				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	3.307E+11	3.307E+11	7.267E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

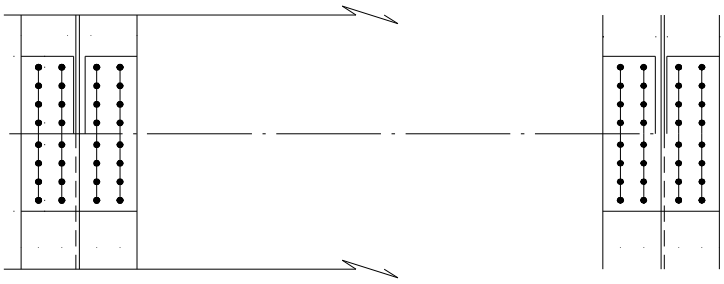
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 200.8 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 200.8 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
600	36	2	200	24	1300	0	0	0	0	1	480	24	1300	8	5	40



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{36 \times 600 \times 200.8}{126000.0} \fallingdotseq$ 35 EA ⇒ n = 40 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{36 \times 600 \times 200.8}{230.0}$ = 18856.9 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	200	× 24	× 1300	=	9600.0	mm^2
0-PL	0	× 0	× 0	=	0.0	mm^2
1-PL	480	× 24	× 1300	=	11520.0	mm^2
			Σ	=	21120.0	mm^2

> A_{req} = 18856.9 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{36 \times 600 \times 200.8}{21120.0}$ = 205.4 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{36 \times 600 \times 200.8}{40\ EA} = 108427.0\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.626E+05 \times 3.981E+07}{3.30732E+11} + \frac{2.060E+05 \times 3.981E+07}{3.30732E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{6.656E+05 \times 1.810E+07}{7.26719E+11} \right) \times \frac{120.0}{8\ EA} = 914 \quad N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 600.0 × 36 × (1861.17 − 18.0) = 39812386 mm^3

  Qv1 = 600.0 × 36 × (1861.17 − 18.0) = 39812386 mm^3

  Qv2 = 600.0 × 36 × (856.01 − 18.0) = 18100973 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 3.30732E+11 mm^4 , Iv1 = 3.30732E+11 mm^4 , Iv2 = 7.26719E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 600 / 5 = 120.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (108427.0^2 + 914.2^2) = 108430.9\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} \quad O.K$$

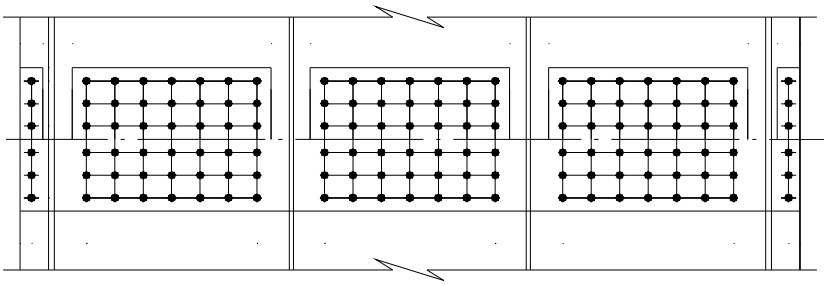
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 185.3 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 185.3 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	32	2	80	20	1620	3	680	20	1620	1	2600	20	1620	10	14	140



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{32 \times 2600 \times 185.3}{126000.0} \fallingdotseq 123\ EA \quad \Rightarrow \quad n = 140\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{32 \times 2600 \times 185.3}{230.0} = 67039.5 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 20	× 1620	=	3200.0	mm²
3-PL	680	× 20	× 1620	=	40800.0	mm²
1-PL	2600	× 20	× 1620	=	52000.0	mm²
				Σ =	96000.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 96000 − 25.0 × 20.0 × 14 열 × 2 EA

= 82000.0 mm² > A_{req} = 67039.5 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{32 \times 2600 \times 185.3}{82000.0} = 188.0$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{32 \times 2600.0 \times 185.3}{140 \ EA} = 110136.4 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2}\right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.626E+05 \times 9.908E+07}{3.30732E+11} + \frac{2.060E+05 \times 9.908E+07}{3.30732E+11}\right)$$
$$+ \left(\frac{6.656E+05 \times 1.827E+08}{7.26719E+11}\right) \times \frac{185.7}{10 \ EA} = 5158 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2600.0 × 32 × (1206.8 − 16.0) = 99077389 mm³

Qv1 = 2600.0 × 32 × (1206.8 − 16.0) = 99077389 mm³

Qv2 = 2600.0 × 32 × (2212.0 − 16.0) = 182706534 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 3.30732E+11 mm⁴ , Iv1 = 3.30732E+11 mm⁴ , Iv2 = 7.26719E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 14 = 185.7 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (110136.4^2 + 5158.3^2) = 110257.1 \ N/EA < \rho_{sa}$ O.K

④ 모재의 응력검토 :

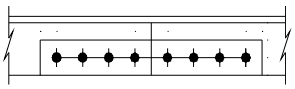
· 플랜지의 총단면적: As = 32 × 2600 = 83200.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 32 ×(2600 - 25 ×14) = 72000.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{83200.0 \times 185.3}{72000.0} = 214.2$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 185.3}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.6 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 185.3}{230.0} =$ 1450.4 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1450.4 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 185.3}{2100.00} =$ 158.9 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

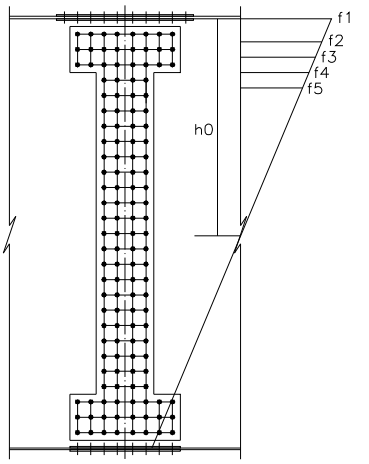
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3000	12	2400	4	280	10	2	2320	10	4	150	4	100	2	100	2	100	2	100	70

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1560 mm



f_1 = fs' = 200.791 MPa

f_2 = f_1 ·(ho − 150)/ho = 181.485 MPa

f_3 = f_1 ·(ho − 250)/ho = 168.614 MPa

f_4 = f_1 ·(ho − 350)/ho = 155.744 MPa

f_5 = f_1 ·(ho − 450)/ho = 142.873 MPa

f_6 = f_1 ·(ho − 550)/ho = 130.003 MPa

제1열 : $\frac{200.79 + 181.49}{2}$ × 150.0 × 12.0 / 4EA = 86012 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{181.49 + 168.61}{2}$ × 100.0 × 12.0 / 4EA = 52515 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{168.61 + 155.74}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 97307$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{155.74 + 142.87}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 89585$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{142.87 + 130.00}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 81863$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{1034.2 \times 1000}{2} + \frac{2123.1 \times 1000000}{2 \times 2412.0} \right) / 70 EA = 13674$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{97307^2 + 13674^2} = 98263.5$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1500.0 - 1206.8)^2 = 30094151360$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1206.8 - 1500.0)^2 = 30094066928$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (2212.0 - 1500.0)^2 = 45249573890$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 11005.6 \times \frac{3.009E+10}{3.307E+11} = 1001.4$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 18404.2 \times \frac{3.009E+10}{3.307E+11} = 1674.6$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 25831.8 \times \frac{4.525E+10}{7.267E+11} = 1608.4$ kN·m

여기서,

Ms = 11005.6 kN·m, Mv1 = 18404.2 kN·m, Mv2 = 25831.8 kN·m

Is = 3.307E+11 mm⁴ , Iv1 = 3.307E+11 mm⁴ , Iv2 = 7.267E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1300.0	14560000.00	18928000000.0	73173333.3
2-PL 2320 × 10	46400.0	-	-	-	20811946666.7
Σ	57600.0			18928000000.0	20885120000.0

I = Io + AY^2 = 20885120000 + 18928000000 = 39813120000 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 39813120000 + 57600.0 ×(1500.0 − 1206.8)² = 4.476E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 39813120000 + 57600.0 ×(1206.8 − 1500.0)² = 4.476E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 39813120000 + 57600.0 ×(2212.0 − 1500.0)² = 6.901E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1861.2 mm Ysl = 1206.8 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1861.2 mm Yvl = 1206.8 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 856.0 mm Yvl = 2212.0 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$f_u = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1u} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2u} = \frac{1001.428 \times 1000000}{44763762177} \times 1861.2$$

$$+ \frac{1674.640 \times 1000000}{44763627085} \times 1861.166 + \frac{1608.430 \times 1000000}{69012438224} \times 856.008$$

$$= 41.637 + 69.628 + 19.950 = 131.215 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1l} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2l} = \frac{1001.428 \times 1000000}{44763762177} \times 1206.8$$

$$+ \frac{1674.640 \times 1000000}{44763627085} \times 1206.834 + \frac{1608.430 \times 1000000}{69012438224} \times 2211.992$$

$$= 26.999 + 45.149 + 51.554 = 123.701 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S3-1 , S22-1 > :** 62,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	10876.2	17229.8	8393.0	18268.6	383.5	27045.1	55151.0	-194.2	183.6
S(kN)	184.4	390.9	176.5	596.3	7.3	780.1	1355.4	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	-139.2	-271.5	-162.9	-863.2	-14.2	-1040.3	-1451.0	HSB500	230
Ysl(mm)	1206.8	1206.8	2212.0				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	3.307E+11	3.307E+11	7.267E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

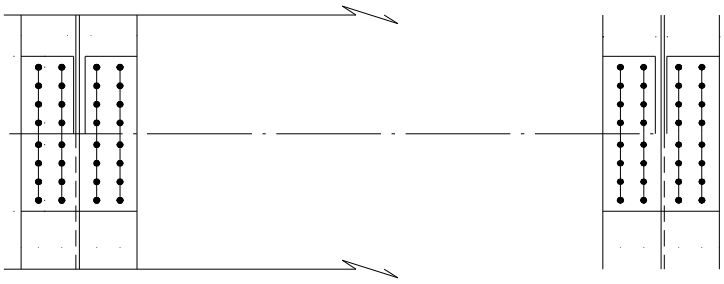
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 194.2 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 194.2 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
600	36	2	200	24	1300	0	0	0	0	1	480	24	1300	8	5	40



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{36 \times 600 \times 194.2}{126000.0} \fallingdotseq$ 34 EA ⇒ n = 40 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{36 \times 600 \times 194.2}{230.0}$ = 18234.1 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	200	× 24	× 1300	=	9600.0	mm^2
0-PL	0	× 0	× 0	=	0.0	mm^2
1-PL	480	× 24	× 1300	=	11520.0	mm^2
			Σ	=	21120.0	mm^2

> A_{req} = 18234.1 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{36 \times 600 \times 194.2}{21120.0}$ = 198.6 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{36 \times 600 \times 194.2}{40\ EA} = 104846.3\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.844E+05 \times 3.981E+07}{3.30732E+11} + \frac{3.909E+05 \times 3.981E+07}{3.30732E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{7.801E+05 \times 1.810E+07}{7.26719E+11} \right) \times \frac{120.0}{8\ EA} = 1330\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 600.0 × 36 × (1861.17 − 18.0) = 39812386 mm^3

  Qv1 = 600.0 × 36 × (1861.17 − 18.0) = 39812386 mm^3

  Qv2 = 600.0 × 36 × (856.01 − 18.0) = 18100973 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 3.30732E+11 mm^4 , Iv1 = 3.30732E+11 mm^4 , Iv2 = 7.26719E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 600 / 5 = 120.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (104846.3^2 + 1330.3^2) = 104854.7\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} \quad O.K$$

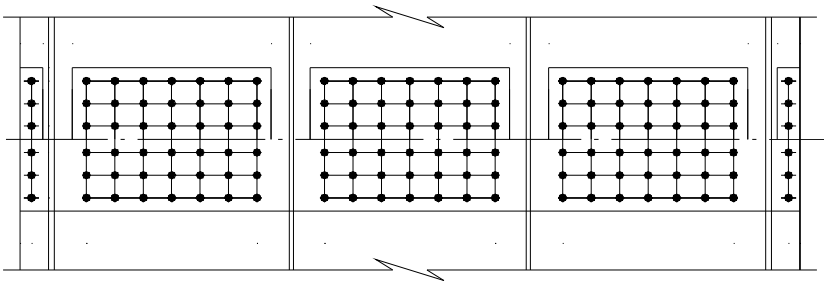
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 183.6 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 183.6 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	32	2	80	20	1620	3	680	20	1620	1	2600	20	1620	10	14	140



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{32 \times 2600 \times 183.6}{126000.0} \fallingdotseq 122\ EA \quad \Rightarrow \quad n = 140\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{32 \times 2600 \times 183.6}{230.0} = 66423.1 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 20	× 1620	=	3200.0	mm²
3-PL	680	× 20	× 1620	=	40800.0	mm²
1-PL	2600	× 20	× 1620	=	52000.0	mm²
				Σ =	96000.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 96000 − 25.0 × 20.0 × 14 열 × 2 EA

= 82000.0 mm² > A_{req} = 66423.1 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{32 \times 2600 \times 183.6}{82000.0} = 186.3$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{32 \times 2600.0 \times 183.6}{140 \ EA} = 109123.7 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2}\right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.844E+05 \times 9.908E+07}{3.30732E+11} + \frac{3.909E+05 \times 9.908E+07}{3.30732E+11}\right)$$

$$+ \left(\frac{7.801E+05 \times 1.827E+08}{7.26719E+11}\right) \times \frac{185.7}{10 \ EA} = 6843 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2600.0 × 32 × (1206.8 − 16.0) = 99077389 mm³

Qv1 = 2600.0 × 32 × (1206.8 − 16.0) = 99077389 mm³

Qv2 = 2600.0 × 32 × (2212.0 − 16.0) = 182706534 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 3.30732E+11 mm⁴ , Iv1 = 3.30732E+11 mm⁴ , Iv2 = 7.26719E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 14 = 185.7 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (109123.7^2 + 6843.1^2) = 109338.1$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

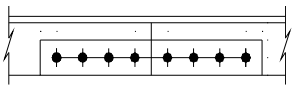
· 플랜지의 총단면적: As = 32 × 2600 = 83200.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 32 ×(2600 - 25 ×14) = 72000.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{83200.0 \times 183.6}{72000.0} = 212.2$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 183.6}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.6 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 183.6}{230.0} =$ 1437.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1437.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 183.6}{2100.00} =$ 157.4 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

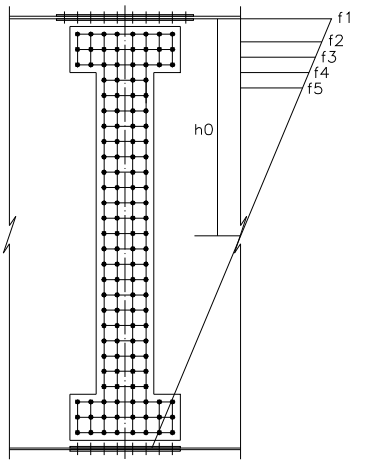
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3000	12	2400	4	280	10	2	2320	10	4	177	4	100	2	100	2	100	2	100	70

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1542 mm



f_1 = fs' = 194.160 MPa

f_2 = f_1 ·(ho − 177)/ho = 171.871 MPa

f_3 = f_1 ·(ho − 277)/ho = 159.278 MPa

f_4 = f_1 ·(ho − 377)/ho = 146.685 MPa

f_5 = f_1 ·(ho − 477)/ho = 134.093 MPa

f_6 = f_1 ·(ho − 577)/ho = 121.500 MPa

제1열 : $\frac{194.16 + 171.87}{2}$ × 177.0 × 12.0 / 4EA = 97181 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{171.87 + 159.28}{2}$ × 100.0 × 12.0 / 4EA = 49672 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{159.28 + 146.69}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 91789$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{146.69 + 134.09}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 84233$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{134.09 + 121.50}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 76678$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{1355.4 \times 1000}{2} + \frac{1451.0 \times 1000000}{2 \times 2412.0} \right) / 70 EA = 13979$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{97181^2 + 13979^2} = 98181.4$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1500.0 - 1206.8)^2 = 30094151360$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1206.8 - 1500.0)^2 = 30094066928$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (2212.0 - 1500.0)^2 = 45249573890$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 10876.2 \times \frac{3.009E+10}{3.307E+11} = 989.6$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 17229.8 \times \frac{3.009E+10}{3.307E+11} = 1567.8$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 27045.1 \times \frac{4.525E+10}{7.267E+11} = 1684.0$ kN·m

여기서,

Ms = 10876.2 kN·m, Mv1 = 17229.8 kN·m, Mv2 = 27045.1 kN·m

Is = 3.307E+11 mm⁴ , Iv1 = 3.307E+11 mm⁴ , Iv2 = 7.267E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1300.0	14560000.00	18928000000.0	73173333.3
2-PL 2320 × 10	46400.0	-	-	-	20811946666.7
Σ	57600.0			18928000000.0	20885120000.0

I = Io + AY^2 = 20885120000 + 18928000000 = 39813120000 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 39813120000 + 57600.0 ×(1500.0 − 1206.8)² = 4.476E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 39813120000 + 57600.0 ×(1206.8 − 1500.0)² = 4.476E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 39813120000 + 57600.0 ×(2212.0 − 1500.0)² = 6.901E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1861.2 mm Ysl = 1206.8 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1861.2 mm Yvl = 1206.8 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 856.0 mm Yvl = 2212.0 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{989.648 \times 1000000}{44763762177} \times 1861.2$$

$$+ \frac{1567.777 \times 1000000}{44763627085} \times 1861.166 + \frac{1683.977 \times 1000000}{69012438224} \times 856.008$$

$$= 41.147 + 65.184 + 20.888 = 127.219 \text{ MPa} < f_{sa} \quad O.K$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{989.648 \times 1000000}{44763762177} \times 1206.8$$

$$+ \frac{1567.777 \times 1000000}{44763627085} \times 1206.834 + \frac{1683.977 \times 1000000}{69012438224} \times 2211.992$$

$$= 26.681 + 42.268 + 53.975 = 122.923 \text{ MPa} < f_{sa} \quad O.K$$

◎ **이음번호 < S4-1 , S21-1 > :** 64,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	6617.8	8812.3	4520.7	15883.6	503.3	20907.6	36337.7	-189.9	179.5
S(kN)	475.3	920.8	425.0	813.3	6.9	1245.2	2641.3	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	-347.1	-578.9	-459.4	-1390.1	-26.2	-1875.6	-2801.7	HSB500	230
Ysl(mm)	1223.0	1223.0	2339.7				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	2.090E+11	2.090E+11	5.403E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

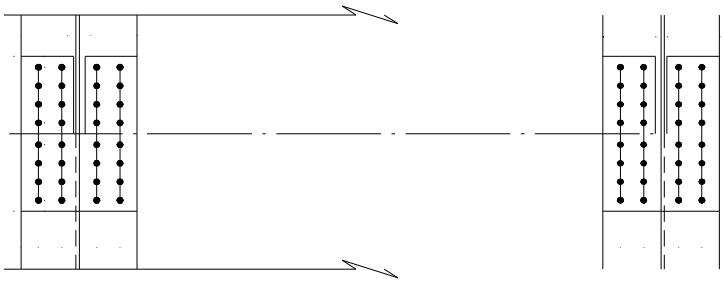
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 189.9 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 189.9 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	20	2	160	14	820	0	0	0	0	1	380	14	820	5	4	20



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{20 \times 500 \times 189.9}{126000.0} \fallingdotseq$ 16 EA ⇒ n = 20 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{20 \times 500 \times 189.9}{230.0} =$ 8254.9 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	160	× 14	×	820	=	4480.0	mm^2
0-PL	0	× 0	×	0	=	0.0	mm^2
1-PL	380	× 14	×	820	=	5320.0	mm^2
				Σ	=	9800.0	mm^2

> A_{req} = 8254.9 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{20 \times 500 \times 189.9}{9800.0} =$ 193.7 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{20 \times 500 \times 189.9}{20\ EA} = 94931.5\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa\ O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{4.753E+05 \times 1.805E+07}{2.09050E+11} + \frac{9.208E+05 \times 1.805E+07}{2.09050E+11} \right) + \left(\frac{1.245E+06 \times 6.883E+06}{5.40287E+11} \right) \times \frac{125.0}{5\ EA} = 3410\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 500.0 × 20 × (1815.02 − 10.0) = 18050210 mm^3

  Qv1 = 500.0 × 20 × (1815.02 − 10.0) = 18050210 mm^3

  Qv2 = 500.0 × 20 × (698.27 − 10.0) = 6882700 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 2.09050E+11 mm^4 , Iv1 = 2.09050E+11 mm^4 , Iv2 = 5.40287E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (94931.5^2 + 3410.3^2) = 94992.7\ N/EA < \rho_{sa}\ O.K$$

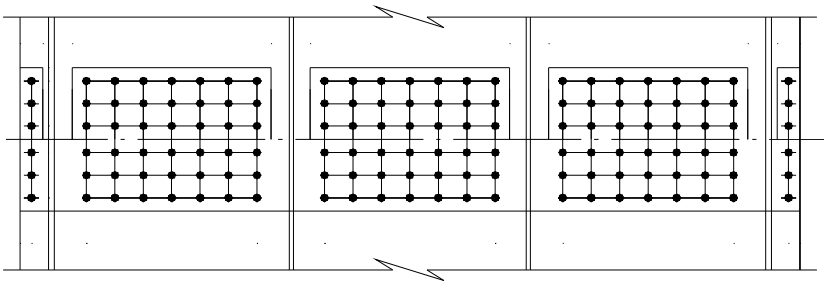
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 179.5 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 179.5 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	18	0	80	12	820	3	747	12	820	1	2300	12	820	5	15	75



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 2600 \times 179.5}{126000.0} \fallingdotseq 67\ EA \Rightarrow n = 75\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{18 \times 2600 \times 179.5}{230.0} = 36518.7 \ mm^2$

· 사용이음판:

0-PL	80	× 12	× 820	=	0.0	mm²
3-PL	747	× 12	× 820	=	26880.0	mm²
1-PL	2300	× 12	× 820	=	27600.0	mm²
				Σ =	54480.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 54480 − 25.0 × 12.0 × 15 열 × 2 EA

= 45480.0 mm² > A_{req} = 36518.7 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{18 \times 2600 \times 179.5}{45480.0} = 184.7$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2600.0 \times 179.5}{75 \ EA} = 111990.5 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2}\right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{4.753E+05 \times 5.681E+07}{2.09050E+11} + \frac{9.208E+05 \times 5.681E+07}{2.09050E+11}\right)$$

$$+ \left(\frac{1.245E+06 \times 1.091E+08}{5.40287E+11}\right) \times \frac{173.3}{5 \ EA} = 21869 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2600.0 × 18 × (1223.0 − 9.0) = 56814217 mm³

Qv1 = 2600.0 × 18 × (1223.0 − 9.0) = 56814217 mm³

Qv2 = 2600.0 × 18 × (2339.7 − 9.0) = 109078164 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.09050E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.09050E+11 mm⁴ , Iv2 = 5.40287E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 15 = 173.3 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (111990.5^2 + 21868.6^2) = 114105.8$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

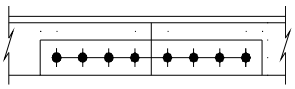
· 플랜지의 총단면적: As = 18 × 2600 = 46800.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 18 ×(2600 - 25 ×15) = 40050.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{46800.0 \times 179.5}{40050.0} = 209.7$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 179.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.6 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 179.5}{230.0} =$ 1404.6 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1404.6 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 179.5}{2100.00} =$ 153.9 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

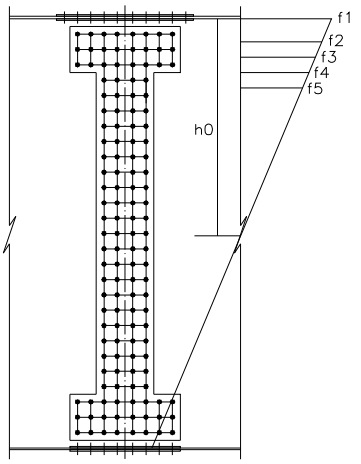
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3000	14	2400	4	280	10	2	2320	10	4	150	4	100	2	100	2	100	2	100	70

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1542 mm



f_1 = fs' = 189.863 MPa

f_2 = f_1 ·(ho - 150)/ho = 171.396 MPa

f_3 = f_1 ·(ho - 250)/ho = 159.085 MPa

f_4 = f_1 ·(ho - 350)/ho = 146.774 MPa

f_5 = f_1 ·(ho - 450)/ho = 134.463 MPa

f_6 = f_1 ·(ho - 550)/ho = 122.152 MPa

제1열 : $\frac{189.86 + 171.40}{2}$ × 150.0 × 14.0 / 4EA = 94831 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{171.40 + 159.09}{2}$ × 100.0 × 14.0 / 4EA = 57834 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{159.09 + 146.77}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA = 107051$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{146.77 + 134.46}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA = 98433$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{134.46 + 122.15}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA = 89815$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{2641.3 \times 1000}{2} + \frac{2801.7 \times 1000000}{2 \times 2414.0} \right) / 70 EA = 27157$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{107051^2 + 27157^2} = 110441.5$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{14 \times 3000^3}{12} + 14.0 \times 3000 \times (1500.0 - 1223.0)^2 = 34723083377$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{14 \times 3000^3}{12} + 14.0 \times 3000 \times (1223.0 - 1500.0)^2 = 34723106647$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{14 \times 3000^3}{12} + 14.0 \times 3000 \times (2339.7 - 1500.0)^2 = 61116151862$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 6617.8 \times \frac{3.472E+10}{2.090E+11} = 1099.2$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 8812.3 \times \frac{3.472E+10}{2.090E+11} = 1463.7$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 20907.6 \times \frac{6.112E+10}{5.403E+11} = 2365.0$ kN·m

여기서,

Ms = 6617.8 kN·m, Mv1 = 8812.3 kN·m, Mv2 = 20907.6 kN·m

Is = 2.090E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.090E+11 mm⁴ , Iv2 = 5.403E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1300.0	14560000.00	18928000000.0	73173333.3
2-PL 2320 × 10	46400.0	-	-	-	20811946666.7
Σ	57600.0			18928000000.0	20885120000.0

I = Io + AY^2 = 20885120000 + 18928000000 = 39813120000 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 39813120000 + 57600.0 ×(1500.0 − 1223.0)² = 4.423E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 39813120000 + 57600.0 ×(1223.0 − 1500.0)² = 4.423E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 39813120000 + 57600.0 ×(2339.7 − 1500.0)² = 8.043E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1815.0 mm Ysl = 1223.0 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1815.0 mm Yvl = 1223.0 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 698.3 mm Yvl = 2339.7 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$f_u = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1u} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2u} = \frac{1099.217 \times 1000000}{44233348631} \times 1815.0$$

$$+ \frac{1463.723 \times 1000000}{44233380544} \times 1815.021 + \frac{2365.024 \times 1000000}{80429556839} \times 698.270$$

$$= 45.104 + 60.061 + 20.533 = 125.697 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1l} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2l} = \frac{1099.217 \times 1000000}{44233348631} \times 1223.0$$

$$+ \frac{1463.723 \times 1000000}{44233380544} \times 1222.979 + \frac{2365.024 \times 1000000}{80429556839} \times 2339.730$$

$$= 30.392 + 40.469 + 68.800 = 139.661 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S11-1 , S14-1 > :** 83,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	191.9	1165.5	747.8	7526.6	347.7	8622.1	9979.5	-49.1	61.2
S(kN)	239.6	698.0	324.9	808.0	14.7	1147.7	2085.2	사용강종	허용인장,f_{sa}
T(kN-m)	-59.3	-194.9	-196.6	-1202.7	-12.4	-1411.7	-1665.9	HSB500	230
Ysl(mm)	974.5	974.5	2022.8				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	1.223E+11	1.223E+11	3.424E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

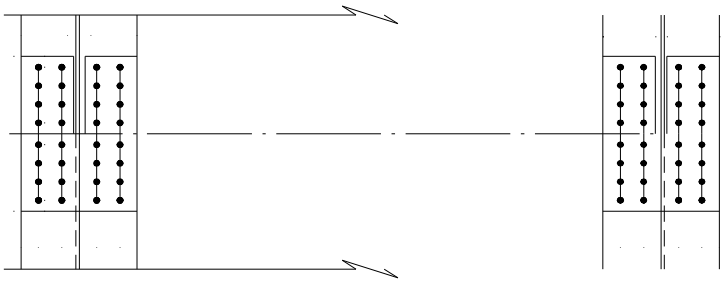
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 49.1 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	18	2	160	12	660	0	0	0	0	1	380	12	660	4	4	16



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 13 EA ⇒ n = 16 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{230.0} =$ 6750.0 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	160	× 12 ×	660	=	3840.0	mm^2
0-PL	0	× 0 ×	0	=	0.0	mm^2
1-PL	380	× 12 ×	660	=	4560.0	mm^2
			Σ	=	8400.0	mm^2

> A_{req} = 6750.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{8400.0} =$ 184.8 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{16\ EA} = 97031.3\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa\ O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{2.396E+05 \times 1.394E+07}{1.22274E+11} + \frac{6.980E+05 \times 1.394E+07}{1.22274E+11} \right) + \left(\frac{1.148E+06 \times 4.501E+06}{3.42383E+11} \right) \times \frac{125.0}{4\ EA} = 3811\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 500.0 × 18 × (1557.52 − 9.0) = 13936653 mm^3

  Qv1 = 500.0 × 18 × (1557.52 − 9.0) = 13936653 mm^3

  Qv2 = 500.0 × 18 × (509.16 − 9.0) = 4501404 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 1.22274E+11 mm^4 , Iv1 = 1.22274E+11 mm^4 , Iv2 = 3.42383E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (97031.3^2 + 3810.9^2) = 97106.1\ N/EA < \rho_{sa}\ O.K$$

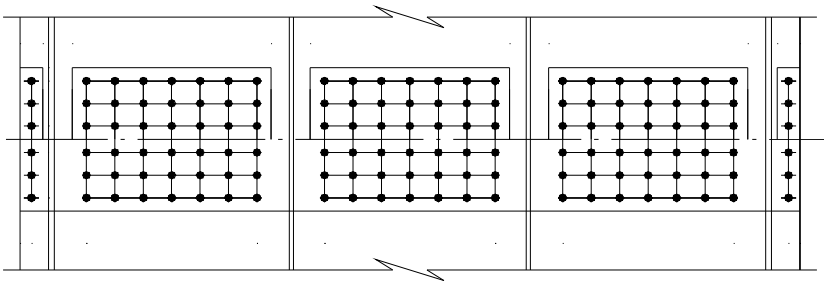
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 61.2 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	14	2	80	10	660	5	380	10	660	1	2600	10	660	4	17	68



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{14 \times 2600 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 50\ EA \Rightarrow n = 68\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{14 \times 2600 \times 172.5}{230.0} = 27300.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	×	10	×	660	=	1600.0 mm²
5-PL	380	×	10	×	660	=	19000.0 mm²
1-PL	2600	×	10	×	660	=	26000.0 mm²
						Σ =	46600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 46600 − 25.0 × 10.0 × 17 열 × 2 EA

= 38100.0 mm² > A_{req} = 27300.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{14 \times 2600 \times 172.5}{38100.0} = 164.8$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2600.0 \times 172.5}{68 \ EA} = 92338.2 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2}\right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{2.396E+05 \times 3.522E+07}{1.22274E+11} + \frac{6.980E+05 \times 3.522E+07}{1.22274E+11}\right)$$

$$+ \left(\frac{1.148E+06 \times 7.338E+07}{3.42383E+11}\right) \times \frac{152.9}{4 \ EA} = 19729 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2600.0 × 14 × (974.5 − 7.0) = 35216381 mm³

Qv1 = 2600.0 × 14 × (974.5 − 7.0) = 35216381 mm³

Qv2 = 2600.0 × 14 × (2022.8 − 7.0) = 73376722 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.22274E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.22274E+11 mm⁴ , Iv2 = 3.42383E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 17 = 152.9 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (92338.2^2 + 19728.8^2) = 94422.4$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

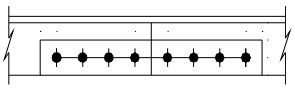
· 플랜지의 총단면적: As = 14 × 2600 = 36400.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 14 ×(2600 - 25 ×17) = 30450.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{36400.0 \times 172.5}{30450.0} = 206.2$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
180	16	2	150	10	500	3	1	4



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{16 \times 180 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 3.9 EA ⇒ n = 4 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{16 \times 180 \times 172.5}{230.0} =$ 2160.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 150 × 10 × 500 = 3000.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 3000 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2500.0 mm² > A_{req} = 2160.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{16 \times 180 \times 172.5}{2500.00} =$ 198.8 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

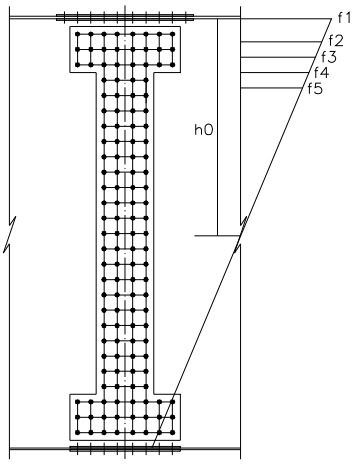
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
2500	12	2400	4	280	10	2	1820	10	3	150	3	100	2	100	2	100	2	100	54

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1250 mm



f_1 = fs' = 172.500 MPa

f_2 = f_1 ·(ho − 150)/ho = 151.800 MPa

f_3 = f_1 ·(ho − 250)/ho = 138.000 MPa

f_4 = f_1 ·(ho − 350)/ho = 124.200 MPa

f_5 = f_1 ·(ho − 450)/ho = 110.400 MPa

f_6 = f_1 ·(ho − 550)/ho = 96.600 MPa

제1열 : $\frac{172.50 + 151.80}{2} \times 150.0 \times 12.0 / 3EA =$ 97290 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{151.80 + 138.00}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 3EA =$ 57960 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{138.00 + 124.20}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 78660$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{124.20 + 110.40}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 70380$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{110.40 + 96.60}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 62100$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{2085.2 \times 1000}{2} + \frac{1665.9 \times 1000000}{2 \times 2412.0} \right) / 54 EA = 25703$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{97290^2 + 25703^2} = 100627.8$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (1250.0 - 974.5)^2 = 17902338112$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (974.5 - 1250.0)^2 = 17902288519$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (2022.8 - 1250.0)^2 = 33543635450$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 191.9 \times \frac{1.790E+10}{1.223E+11} = 28.1$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 1165.5 \times \frac{1.790E+10}{1.223E+11} = 170.6$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 8622.1 \times \frac{3.354E+10}{3.424E+11} = 844.7$ kN·m

여기서,

Ms = 191.9 kN·m, Mv1 = 1165.5 kN·m, Mv2 = 8622.1 kN·m

Is = 1.223E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.223E+11 mm⁴ , Iv2 = 3.424E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1050.0	11760000.00	12348000000.0	73173333.3
2-PL 1820 × 10	36400.0	-	-	-	10047613333.3
Σ	47600.0			12348000000.0	10120786666.7

I = Io + AY^2 = 10120786667 + 12348000000 = 22468786667 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 22468786667 + 47600.0 ×(1250.0 − 974.5)² = 2.608E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 22468786667 + 47600.0 ×(974.5 − 1250.0)² = 2.608E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 22468786667 + 47600.0 ×(2022.8 − 1250.0)² = 5.090E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1557.5 mm Ysl = 974.5 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1557.5 mm Yvl = 974.5 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 509.2 mm Yvl = 2022.8 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$f_u = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1u} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2u} = \frac{28.099 \times 1000000}{26082163138} \times 1557.5$$

$$+ \frac{170.646 \times 1000000}{26082084450} \times 1557.517 + \frac{844.712 \times 1000000}{50899688247} \times 509.156$$

$$= 1.678 + 10.190 + 8.450 = 20.318 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1l} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2l} = \frac{28.099 \times 1000000}{26082163138} \times 974.5$$

$$+ \frac{170.646 \times 1000000}{26082084450} \times 974.483 + \frac{844.712 \times 1000000}{50899688247} \times 2022.844$$

$$= 1.050 + 6.376 + 33.570 = 40.996 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S12-1 , S13-1 > :** 81,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	1891.4	6209.1	3080.0	10331.0	197.8	13608.7	21709.3	-151.5	175.1
S(kN)	85.9	258.0	121.3	625.5	14.9	761.7	1105.6	사용강종	허용인장,f_{sa}
T(kN-m)	-23.7	-85.9	-88.7	-849.1	-6.4	-944.3	-1053.8	HSB500	230
Ysl(mm)	1078.0	1078.0	2098.9				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	1.102E+11	1.102E+11	2.901E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

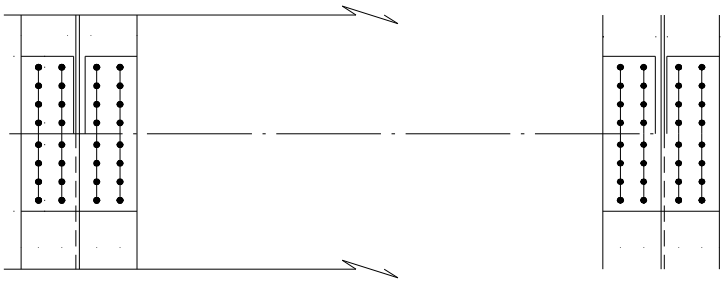
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 151.5 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	18	2	160	12	660	0	0	0	0	1	380	12	660	4	4	16



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 13 EA ⇒ n = 16 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{230.0} =$ 6750.0 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	160	× 12	× 660	=	3840.0	mm^2
0-PL	0	× 0	× 0	=	0.0	mm^2
1-PL	380	× 12	× 660	=	4560.0	mm^2
			Σ	=	8400.0	mm^2

> A_{req} = 6750.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{8400.0} =$ 184.8 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{16\ EA} = 97031.3\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa\ O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{8.592E+04 \times 1.299E+07}{1.10159E+11} + \frac{2.580E+05 \times 1.299E+07}{1.10159E+11} \right) + \left(\frac{7.617E+05 \times 3.799E+06}{2.90147E+11} \right) \times \frac{125.0}{4\ EA} = 1579\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 500.0 × 18 × (1452.00 − 9.0) = 12987000 mm^3

  Qv1 = 500.0 × 18 × (1452.00 − 9.0) = 12987000 mm^3

  Qv2 = 500.0 × 18 × (431.12 − 9.0) = 3799116 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 1.10159E+11 mm^4 , Iv1 = 1.10159E+11 mm^4 , Iv2 = 2.90147E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (97031.3^2 + 1578.6^2) = 97044.1\ N/EA < \rho_{sa}\ O.K$$

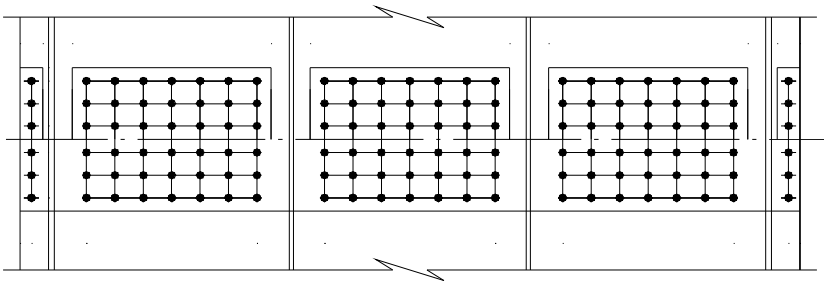
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 175.1 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 175.1 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	12	2	80	10	500	3	680	10	500	1	2600	10	500	3	17	51



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 2600 \times 175.1}{126000.0} \fallingdotseq 44\ EA \Rightarrow n = 51\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 2600 \times 175.1}{230.0} = 23746.7 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	×	10	×	500	=	1600.0 mm²
3-PL	680	×	10	×	500	=	20400.0 mm²
1-PL	2600	×	10	×	500	=	26000.0 mm²
						Σ =	48000.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 48000 − 25.0 × 10.0 × 17 열 × 2 EA

= 39500.0 mm² > A_{req} = 23746.7 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 2600 \times 175.1}{39500.0} = 138.3$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2600.0 \times 175.1}{51 \ EA} = 107092.8$ N/EA < ρ_{sa} = 126000 MPa O.K

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2}\right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{8.592E+04 \times 3.345E+07}{1.10159E+11} + \frac{2.580E+05 \times 3.345E+07}{1.10159E+11}\right) + \left(\frac{7.617E+05 \times 6.530E+07}{2.90147E+11}\right) \times \frac{152.9}{3 \ EA} = 14062 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2600.0 × 12 × (1078.0 − 6.0) = 33446400 mm³

Qv1 = 2600.0 × 12 × (1078.0 − 6.0) = 33446400 mm³

Qv2 = 2600.0 × 12 × (2098.9 − 6.0) = 65297731 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.10159E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.10159E+11 mm⁴ , Iv2 = 2.90147E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 17 = 152.9 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (107092.8^2 + 14062.3^2) = 108012.2$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

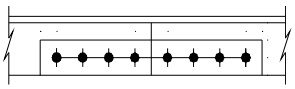
· 플랜지의 총단면적: As = 12 × 2600 = 31200.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 12 ×(2600 - 25 ×17) = 26100.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \frac{31200.0 \times 175.1}{26100.0} = 209.3$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 175.1}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.5 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 175.1}{230.0} =$ 1370.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1370.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 175.1}{2100.00} =$ 150.1 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

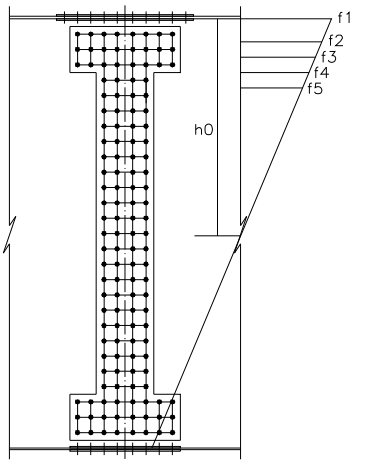
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
2500	12	2400	4	280	10	2	1820	10	3	150	3	100	2	100	2	100	2	100	54

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1259 mm



f_1 = fs' = 175.056 MPa

f_2 = f_1 ·(ho − 150)/ho = 154.202 MPa

f_3 = f_1 ·(ho − 250)/ho = 140.300 MPa

f_4 = f_1 ·(ho − 350)/ho = 126.398 MPa

f_5 = f_1 ·(ho − 450)/ho = 112.496 MPa

f_6 = f_1 ·(ho − 550)/ho = 98.593 MPa

제1열 : $\frac{175.06 + 154.20}{2} \times 150.0 \times 12.0 / 3EA =$ 98777 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{154.20 + 140.30}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 3EA =$ 58900 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{140.30 + 126.40}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 80009$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{126.40 + 112.50}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 71668$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{112.50 + 98.59}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 63327$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{1105.6 \times 1000}{2} + \frac{1053.8 \times 1000000}{2 \times 2412.0} \right) / 54 EA = 14283$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{98777^2 + 14283^2} = 99804.6$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (1250.0 - 1078.0)^2 = 16512520000$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (1078.0 - 1250.0)^2 = 16512520000$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (2098.9 - 1250.0)^2 = 37242713901$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 1891.4 \times \frac{1.651E+10}{1.102E+11} = 283.5$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 6209.1 \times \frac{1.651E+10}{1.102E+11} = 930.7$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 13608.7 \times \frac{3.724E+10}{2.901E+11} = 1746.8$ kN·m

여기서,

Ms = 1891.4 kN·m, Mv1 = 6209.1 kN·m, Mv2 = 13608.7 kN·m

Is = 1.102E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.102E+11 mm⁴ , Iv2 = 2.901E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1050.0	11760000.00	12348000000.0	73173333.3
2-PL 1820 × 10	36400.0	-	-	-	10047613333.3
Σ	47600.0			12348000000.0	10120786666.7

I = Io + AY^2 = 10120786667 + 12348000000 = 22468786667 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 22468786667 + 47600.0 ×(1250.0 − 1078.0)² = 2.388E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 22468786667 + 47600.0 ×(1078.0 − 1250.0)² = 2.388E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 22468786667 + 47600.0 ×(2098.9 − 1250.0)² = 5.677E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1452.0 mm Ysl = 1078.0 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1452.0 mm Yvl = 1078.0 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 431.1 mm Yvl = 2098.9 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{283.519 \times 1000000}{23876985067} \times 1452.0$$

$$+ \frac{930.727 \times 1000000}{23876985067} \times 1452.000 + \frac{1746.787 \times 1000000}{56768892723} \times 431.124$$

$$= 17.241 + 56.599 + 13.266 = 87.106 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{283.519 \times 1000000}{23876985067} \times 1078.0$$

$$+ \frac{930.727 \times 1000000}{23876985067} \times 1078.000 + \frac{1746.787 \times 1000000}{56768892723} \times 2098.876$$

$$= 12.800 + 42.021 + 64.583 = 119.404 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

6.2 부모멘트구간 현장이음 설계

◎ **이음번호 < S5-1 , S20-1 > :** 66,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	556.6	-3141.6	-969.1	-12138.7	-449.1	-13556.8	-16141.8	88.9	-98.5
S(kN)	692.9	1372.3	631.6	1028.9	6.0	1666.5	3731.7	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	-421.8	-615.9	-572.6	-1937.6	-37.1	-2547.2	-3584.9	HSB500	230
Ysl(mm)	1188.8	1188.8	1484.9				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	2.261E+11	2.261E+11	3.223E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

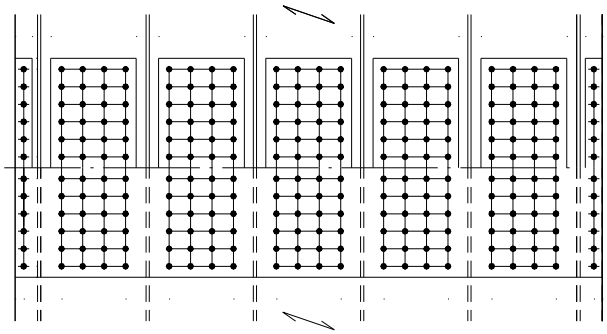
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 98.5 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	18	0	80	10	820	5	380	10	820	1	2300	10	820	5	15	75



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 2600 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 65 EA ⇒ n = 75 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{18 \times 2600 \times 172.5}{230.0} =$ 35100.0 mm^2

· 사용이음판: 0-PL 80 × 10 × 820 = 0.0 mm^2

5-PL 380 × 10 × 820 = 19000.0 mm^2

1-PL 2300 × 10 × 820 = 23000.0 mm^2

Σ = 42000.0 mm^2 > A_{req} = 35100.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{18 \times 2600 \times 172.5}{42000.0} =$ 192.2 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2600 \times 172.5}{75\ EA} = 107640.0\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{6.929E+05 \times 5.521E+07}{2.26060E+11} + \frac{1.372E+06 \times 5.521E+07}{2.26060E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{1.666E+06 \times 6.907E+07}{3.22287E+11} \right) \times \frac{173.3}{5\ EA} = 29868\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2600.0 × 18 × (1188.80 − 9.0) = 55214640 mm^3

  Qv1 = 2600.0 × 18 × (1188.80 − 9.0) = 55214640 mm^3

  Qv2 = 2600.0 × 18 × (1484.90 − 9.0) = 69072120 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 2.26060E+11 mm^4 , Iv1 = 2.26060E+11 mm^4 , Iv2 = 3.22287E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 15 = 173.3 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(107640.0^2 + 29868.3^2)} = 111707.1\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} \quad O.K$$

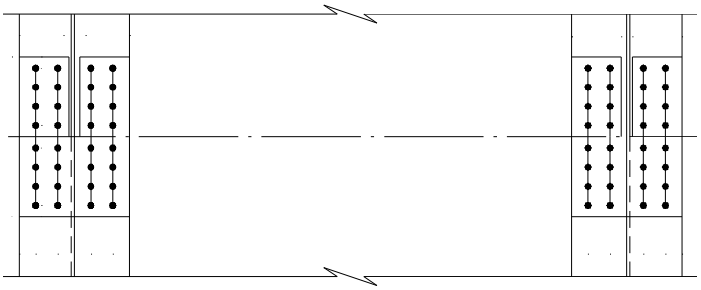
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 88.9 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	20	2	160	18	820	0	0	0	0	1	380	18	820	5	4	20



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{20 \times 500 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 14\ EA \quad \Rightarrow \quad n = 20\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{20 \times 500 \times 172.5}{230.0} = 7500.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	160	× 18 ×	820	=	5760.0	mm²
0-PL	0	× 0 ×	0	=	0.0	mm²
1-PL	380	× 18 ×	820	=	6840.0	mm²
				Σ =	12600.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 12600 − 25.0 × 18.0 × 4 열 × 2 EA

= 9000.0 mm² > A_{req} = 7500.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{20 \times 500 \times 172.5}{9000.0} = 191.7$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$\rho_p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{20 \times 500.0 \times 172.5}{20 \ EA} = 86250.0$ N/EA < ρ_{sa} = 126000 MPa O.K

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{6.929E+05 \times 1.884E+07}{2.26060E+11} + \frac{1.372E+06 \times 1.884E+07}{2.26060E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{1.666E+06 \times 1.588E+07}{3.22287E+11} \right) \times \frac{125.0}{5 \ EA} = 6356 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 500.0 × 20 × (1894.2 − 10.0) = 18842000 mm³

Qv1 = 500.0 × 20 × (1894.2 − 10.0) = 18842000 mm³

Qv2 = 500.0 × 20 × (1598.1 − 10.0) = 15881000 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.26060E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.26060E+11 mm⁴ , Iv2 = 3.22287E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(86250.0^2 + 6356.3^2)} = 86484.0$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

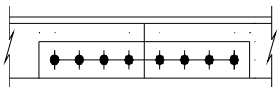
· 플랜지의 총단면적: As = 20 × 500 = 10000.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 20 ×(500 - 25 ×4) = 8000.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{10000.0 \times 172.5}{8000.0} = 215.6$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
180	16	2	150	10	820	5	1	5



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{16 \times 180 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 3.9 EA ⇒ n = 5 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{16 \times 180 \times 172.5}{230.0} =$ 2160.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 150 × 10 × 820 = 3000.0 mm²

= 3000.0 mm² > A_{req} = 2160.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{16 \times 180 \times 172.5}{3000.00} =$ 165.6 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

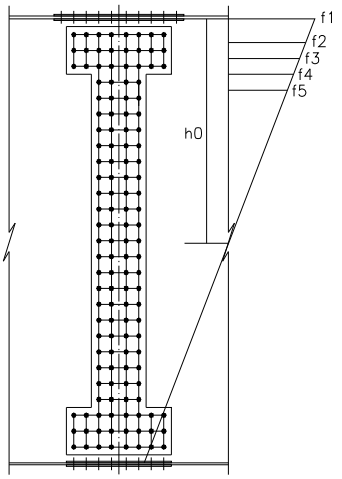
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3045	14	2400	4	280	10	2	2365	10	4	150	4	100	2	100	2	100	2	100	70

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1523 mm



$f_1 = fs' =$ 172.500 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (ho - 150)/ho =$ 155.505 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (ho - 250)/ho =$ 144.175 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (ho - 350)/ho =$ 132.845 MPa

$f_5 = f_1 \cdot (ho - 450)/ho =$ 121.515 MPa

$f_6 = f_1 \cdot (ho - 550)/ho =$ 110.185 MPa

제1열 : $\frac{172.50 + 155.51}{2} \times 150.0 \times 14.0 / 4EA =$ 86101 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{155.51 + 144.18}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 4EA =$ 52444 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{144.18 + 132.85}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA =$ 96957 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{132.85 + 121.52}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA =$ 89026 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{121.52 + 110.19}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA = 81095$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{3731.7 \times 1000}{2} + \frac{3584.9 \times 1000000}{2 \times 2414.0} \right) / 70 EA = 37263$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{96957^2 + 37263^2} = 103870.9$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{14 \times 3045^3}{12} + 14.0 \times 3045 \times (1522.5 - 1894.2)^2 = 38828667553$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{14 \times 3045^3}{12} + 14.0 \times 3045 \times (1894.2 - 1522.5)^2 = 38828667553$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{14 \times 3045^3}{12} + 14.0 \times 3045 \times (1598.1 - 1522.5)^2 = 33182514609$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 556.6 \times \frac{3.883E+10}{2.261E+11} = 95.6$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 3141.6 \times \frac{3.883E+10}{2.261E+11} = 539.6$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 13556.8 \times \frac{3.318E+10}{3.223E+11} = 1395.8$ kN·m

여기서,

Ms = 556.6 kN·m, Mv1 = 3141.6 kN·m, Mv2 = 13556.8 kN·m

Is = 2.261E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.261E+11 mm⁴ , Iv2 = 3.223E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY² (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1322.5	14812000.00	19588870000.0	73173333.3
2-PL 2365 × 10	47300.0	-	-	-	22046628541.7
Σ	58500.0			19588870000.0	22119801875.0

I = Io + AY² = 22119801875 + 19588870000 = 41708671875 mm⁴

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 41708671875 + 58500.0 ×(1522.5 − 1894.2)² = 4.979E+10 mm⁴

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 41708671875 + 58500.0 ×(1894.2 − 1522.5)² = 4.979E+10 mm⁴

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 41708671875 + 58500.0 ×(1598.1 − 1522.5)² = 4.204E+10 mm⁴

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1188.8 mm Ysl = 1894.2 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1188.8 mm Yvl = 1894.2 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1484.9 mm Yvl = 1598.1 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{95.604 \times 1000000}{49791083940} \times 1188.8$$

$$+ \frac{539.604 \times 1000000}{49791083940} \times 1188.800 + \frac{1395.800 \times 1000000}{42043020435} \times 1484.900$$

$$= 2.283 + 12.883 + 49.298 = 64.464 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{95.604 \times 1000000}{49791083940} \times 1894.2$$

$$+ \frac{539.604 \times 1000000}{49791083940} \times 1894.200 + \frac{1395.800 \times 1000000}{42043020435} \times 1598.100$$

$$= 3.637 + 20.528 + 53.056 = 77.221 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S6-1 , S19-1 > :** 68,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-7602.5	-19176.9	-8505.3	-16859.7	-499.2	-25864.2	-52643.6	164.5	-182.0
S(kN)	924.2	1706.8	822.4	1275.2	4.2	2101.8	4732.8	사용강종	허용인장,f_{sa}
T(kN-m)	-585.4	-682.4	-547.7	-2446.3	-45.7	-3039.7	-4307.5	HSB500	230
Ysl(mm)	1634.6	1634.6	1815.0				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	4.781E+11	4.781E+11	5.578E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

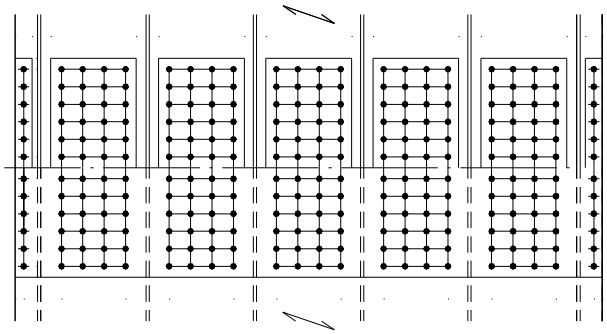
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 182.0 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 182.0 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	22	2	80	12	820	5	324	12	820	1	2300	12	820	5	20	100



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{22 \times 2600 \times 182.0}{126000.0} \fallingdotseq$ 83 EA ⇒ n = 100 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{22 \times 2600 \times 182.0}{230.0}$ = 45273.8 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	80	×	12	×	820	=	1920.0 mm^2
5-PL	324	×	12	×	820	=	19440.0 mm^2
1-PL	2300	×	12	×	820	=	27600.0 mm^2
					Σ	=	48960.0 mm^2 > A_{req} = 45273.8 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{22 \times 2600 \times 182.0}{48960.0}$ = 212.7 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2600 \times 182.0}{100\ EA} = 104129.7\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{9.242E+05 \times 9.287E+07}{4.78147E+11} + \frac{1.707E+06 \times 9.287E+07}{4.78147E+11} \right)$$
$$+ \left(\frac{2.102E+06 \times 1.032E+08}{5.57798E+11} \right) \times \frac{130.0}{5\ EA} = 23396\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2600.0 × 22 × (1634.60 − 11.0) = 92869920 mm^3

  Qv1 = 2600.0 × 22 × (1634.60 − 11.0) = 92869920 mm^3

  Qv2 = 2600.0 × 22 × (1815.00 − 11.0) = 103188800 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 4.78147E+11 mm^4 , Iv1 = 4.78147E+11 mm^4 , Iv2 = 5.57798E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 20 = 130.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(104129.7^2 + 23395.6^2)} = 106725.6\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} \quad O.K$$

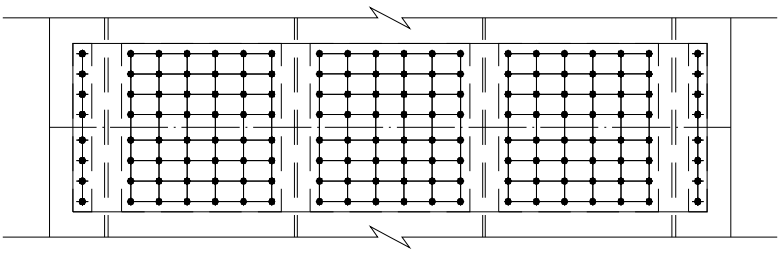
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 164.5 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2900	24	2	80	16	980	3	680	16	980	1	2700	16	980	6	20	120



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{24 \times 2900 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 96\ EA \quad \Rightarrow \quad n = 120\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{24 \times 2900 \times 172.5}{230.0} = 52200.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 16 ×	980	=	2560.0	mm²
3-PL	680	× 16 ×	980	=	32640.0	mm²
1-PL	2700	× 16 ×	980	=	43200.0	mm²
				Σ =	78400.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 78400 − 25.0 × 16.0 × 20 열 × 2 EA

= 62400.0 mm² > A_{req} = 52200.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{24 \times 2900 \times 172.5}{62400.0} = 192.4$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{24 \times 2900.0 \times 172.5}{120 \ EA} = 100050.0 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{9.242E+05 \times 1.167E+08}{4.78147E+11} + \frac{1.707E+06 \times 1.167E+08}{4.78147E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{2.102E+06 \times 1.041E+08}{5.57798E+11} \right) \times \frac{145.0}{6 \ EA} = 24997 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2900.0 × 24 × (1688.4 − 12.0) = 116677440 mm³

Qv1 = 2900.0 × 24 × (1688.4 − 12.0) = 116677440 mm³

Qv2 = 2900.0 × 24 × (1508.0 − 12.0) = 104121600 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 4.78147E+11 mm⁴ , Iv1 = 4.78147E+11 mm⁴ , Iv2 = 5.57798E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2900 / 20 = 145.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(100050.0^2 + 24996.7^2)} = 103125.4 \ N/EA < \rho_{sa}$ O.K

④ 모재의 응력검토 :

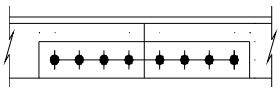
· 플랜지의 총단면적: As = 24 × 2900 = 69600.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 24 ×(2900 - 25 ×20) = 57600.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{69600.0 \times 172.5}{57600.0} = 208.4$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 :　　(하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
220	20	2	180	12	630	4	2	8



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{20 \times 220 \times 182.0}{126000.0} \fallingdotseq$ 6.4 EA ⇒ n = 8 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{20 \times 220 \times 182.0}{230.0} =$ 3482.6 mm²

· 사용이음판: 2-PL 180 × 12 × 630 = 4320.0 mm²

= 4320.0 mm² > A_{req} = 3482.6 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{20 \times 220 \times 182.0}{4320.00} =$ 185.5 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

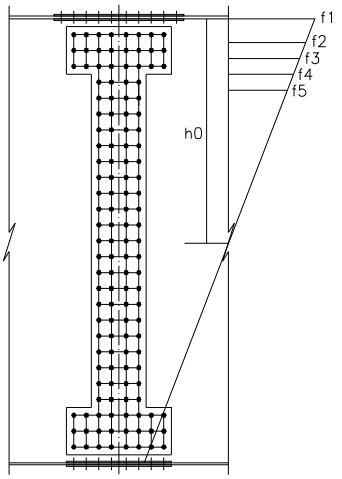
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3277	16	2400	4	280	10	2	2597	10	4	150	4	100	4	100	3	100	3	100	102

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1683 mm



$f_1 = fs' =$ 182.045 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (ho - 150)/ho =$ 165.816 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (ho - 250)/ho =$ 154.997 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (ho - 350)/ho =$ 144.178 MPa

$f_5 = f_1 \cdot (ho - 450)/ho =$ 133.359 MPa

$f_6 = f_1 \cdot (ho - 550)/ho =$ 122.539 MPa

제1열 : $\frac{182.05 + 165.82}{2} \times 150.0 \times 16.0 / 4EA =$ 104358 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{165.82 + 155.00}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 4EA =$ 64163 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{155.00 + 144.18}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 4EA =$ 59835 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{144.18 + 133.36}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 3EA =$ 74010 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{133.36 + 122.54}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 3EA = 68240$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{4732.8 \times 1000}{2} + \frac{4307.5 \times 1000000}{2 \times 2416.0} \right) / 102 EA = 31940$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{104358^2 + 31940^2} = 109136.6$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$I_{sw}' = \frac{16 \times 3277^3}{12} + 16.0 \times 3277 \times (1638.5 - 1634.6)^2 = 46921884068$ mm⁴

$I_{v1w}' = \frac{16 \times 3277^3}{12} + 16.0 \times 3277 \times (1634.6 - 1638.5)^2 = 46921884068$ mm⁴

$I_{v2w}' = \frac{16 \times 3277^3}{12} + 16.0 \times 3277 \times (1815.0 - 1638.5)^2 = 48554461349$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 7602.5 \times \frac{4.692E+10}{4.781E+11} = 746.1$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 19176.9 \times \frac{4.692E+10}{4.781E+11} = 1881.9$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 25864.2 \times \frac{4.855E+10}{5.578E+11} = 2251.4$ kN·m

여기서,

Ms = 7602.5 kN·m, Mv1 = 19176.9 kN·m, Mv2 = 25864.2 kN·m

Is = 4.781E+11 mm⁴ , Iv1 = 4.781E+11 mm⁴ , Iv2 = 5.578E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY² (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1438.5	16111200.00	23175961200.0	73173333.3
2-PL 2597 × 10	51940.0	-	-	-	29192050288.3
Σ	63140.0			23175961200.0	29265223621.7

I = Io + AY² = 29265223622 + 23175961200 = 52441184822 mm⁴

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 52441184822 + 63140.0 ×(1638.5 − 1634.6)² = 5.244E+10 mm⁴

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 52441184822 + 63140.0 ×(1634.6 − 1638.5)² = 5.244E+10 mm⁴

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 52441184822 + 63140.0 ×(1815.0 − 1638.5)² = 5.441E+10 mm⁴

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1688.4 mm Ysl = 1634.6 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1688.4 mm Yvl = 1634.6 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1508.0 mm Yvl = 1815.0 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{746.053 \times 1000000}{52442145181} \times 1688.4$$

$$+ \frac{1881.881 \times 1000000}{52442145181} \times 1688.400 + \frac{2251.394 \times 1000000}{54408137887} \times 1508.000$$

$$= 24.020 + 60.588 + 62.401 = 147.008 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{746.053 \times 1000000}{52442145181} \times 1634.6$$

$$+ \frac{1881.881 \times 1000000}{52442145181} \times 1634.600 + \frac{2251.394 \times 1000000}{54408137887} \times 1815.000$$

$$= 23.254 + 58.657 + 75.104 = 157.016 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S7-1 , S18-1 > :** 70,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-16138.7	-32816.8	-15235.5	-24537.0	-510.7	-40283.2	-89238.6	163.1	-141.2
S(kN)	1338.5	1836.6	910.0	1629.9	6.2	2546.1	5721.3	사용강종	허용인장,f_{sa}
T(kN-m)	-610.2	-753.6	-311.0	-2702.5	-28.2	-3041.7	-4405.5	HSB500	230
Ysl(mm)	2042.6	1413.6	1530.6				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	7.454E+11	1.102E+12	1.238E+12				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

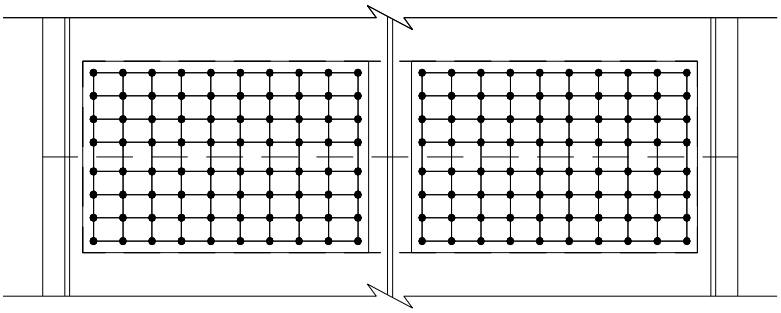
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 141.2 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	28	0	80	14	980	2	1070	14	980	1	2300	14	980	6	20	120



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{28 \times 2600 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 100 EA ⇒ n = 120 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{28 \times 2600 \times 172.5}{230.0} =$ 54600.0 mm^2

· 사용이음판: 0-PL 80 × 14 × 980 = 0.0 mm^2

2-PL 1070 × 14 × 980 = 29960.0 mm^2

1-PL 2300 × 14 × 980 = 32200.0 mm^2

Σ = 62160.0 mm^2 > A_{req} = 54600.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{28 \times 2600 \times 172.5}{62160.0} =$ 202.0 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{28 \times 2600 \times 172.5}{120\ EA} = 104650.0\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.339E+06 \times 1.477E+08}{7.45370E+11} + \frac{1.837E+06 \times 1.019E+08}{1.10215E+12} \right.$$

$$\left. + \left(\frac{2.546E+06 \times 1.104E+08}{1.23772E+12} \right) \right) \times \frac{130.0}{6\ EA} = 14346\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2600.0 × 28 × (2042.60 − 14.0) = 147682080 mm^3

  Qv1 = 2600.0 × 28 × (1413.60 − 14.0) = 101890880 mm^3

  Qv2 = 2600.0 × 28 × (1530.60 − 14.0) = 110408480 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 7.45370E+11 mm^4 , Iv1 = 1.10215E+12 mm^4 , Iv2 = 1.23772E+12 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 20 = 130.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(104650.0^2 + 14346.0^2)} = 105628.7\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} \quad O.K$$

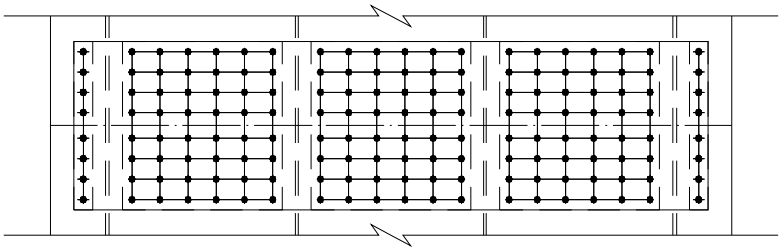
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 163.1 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2900	40	2	80	26	1460	3	680	26	1460	1	2700	26	1460	9	20	180



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{40 \times 2900 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 159\ EA \quad \Rightarrow \quad n = 180\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{40 \times 2900 \times 172.5}{230.0} = 87000.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 26 ×	1460	=	4160.0	mm²
3-PL	680	× 26 ×	1460	=	53040.0	mm²
1-PL	2700	× 26 ×	1460	=	70200.0	mm²
				Σ =	127400.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 127400 − 25.0 × 26.0 × 20 열 × 2 EA

= 101400.0 mm² > A_{req} = 87000.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{40 \times 2900 \times 172.5}{101400.0} = 197.3$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{40 \times 2900.0 \times 172.5}{180 \ EA} = 111166.7 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.339E+06 \times 1.834E+08}{7.45370E+11} + \frac{1.837E+06 \times 2.564E+08}{1.10215E+12} \right.$$

$$\left. + \left(\frac{2.546E+06 \times 2.428E+08}{1.23772E+12} \right) \right) \times \frac{145.0}{9.0 \ EA} = 20239 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2900.0 × 40 × (1601.4 − 20.0) = 183442400 mm³

Qv1 = 2900.0 × 40 × (2230.4 − 20.0) = 256406400 mm³

Qv2 = 2900.0 × 40 × (2113.4 − 20.0) = 242834400 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 7.45370E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.10215E+12 mm⁴ , Iv2 = 1.23772E+12 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2900 / 20 = 145.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(111166.7^2 + 20239.4^2)} = 112994.1 \ N/EA < \rho_{sa}$ O.K

④ 모재의 응력검토 :

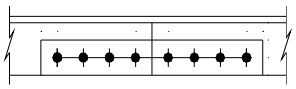
· 플랜지의 총단면적: As = 40 × 2900 = 116000.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 40 ×(2900 - 25 ×20) = 96000.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{116000.0 \times 172.5}{96000.0} = 208.4$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
280	20	2	210	12	630	4	2	8



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{20 \times 280 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 7.7 EA ⇒ n = 8 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{20 \times 280 \times 172.5}{230.0} =$ 4200.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 210 × 12 × 630 = 5040.0 mm²

= 5040.0 mm² > A_{req} = 4200.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{20 \times 280 \times 172.5}{5040.00} =$ 191.7 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

(4) 인장부 RIB의 이음 : (상부 RIB)

제 원		상면 이음판				상면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
120	12	2	100	10	630	4	1	4

① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 120 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.0 EA ⇒ n = 4 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 120 \times 172.5}{230.0} =$ 1080.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 100 × 10 × 630 = 2000.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2000 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

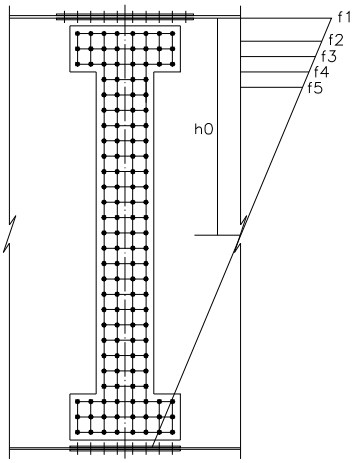
= 1500.0 mm² > A_{req} = 1080.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 120 \times 172.5}{1500.00} =$ 165.6 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3576	18	2400	4	280	10	2	2896	10	4	150	4	100	3	100	3	100	3	100	111

① BOLT의 응력계산 :



· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1788 mm

f_1 = fs' = 172.500 MPa

f_2 = f_1 ·(ho - 150)/ho = 158.029 MPa

f_3 = f_1 ·(ho - 250)/ho = 148.381 MPa

f_4 = f_1 ·(ho - 350)/ho = 138.733 MPa

f_5 = f_1 ·(ho - 450)/ho = 129.086 MPa

f_6 = f_1 ·(ho - 550)/ho = 119.438 MPa

제1열 : $\frac{172.50 + 158.03}{2}$ × 150.0 × 18.0 / 4EA = 111554 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{158.03 + 148.38}{2}$ × 100.0 × 18.0 / 4EA = 68942 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{148.38 + 138.73}{2}$ × 100.0 × 18.0 / 3EA = 86134 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{138.73 + 129.09}{2}$ × 100.0 × 18.0 / 3EA = 80346 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{129.09 + 119.44}{2}$ × 100.0 × 18.0 / 3EA = 74557 N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{5721.3 \times 1000}{2} + \frac{4405.5 \times 1000000}{2 \times 2418.0} \right)$ / 111 EA = 33979 N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{111554^2 + 33979^2} = 116613.6$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$I_{sw}' = \frac{18 \times 3576^3}{12} + 18.0 \times 3576 \times (1788.0 - 2042.6)^2 = 72766038891$ mm⁴

$I_{v1w}' = \frac{18 \times 3576^3}{12} + 18.0 \times 3576 \times (1413.6 - 1788.0)^2 = 77616438036$ mm⁴

$I_{v2w}' = \frac{18 \times 3576^3}{12} + 18.0 \times 3576 \times (1530.6 - 1788.0)^2 = 72858316856$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트 - Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트

- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 16138.7 \times \frac{7.277E+10}{7.454E+11} = 1575.5 \quad kN \cdot m$$

$$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 32816.8 \times \frac{7.762E+10}{1.102E+12} = 2311.1 \quad kN \cdot m$$

$$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 40283.2 \times \frac{7.286E+10}{1.238E+12} = 2371.3 \quad kN \cdot m$$

여기서,

Ms = 16138.7 kN·m, Mv1 = 32816.8 kN·m, Mv2 = 40283.2 kN·m

Is = 7.454E+11 mm^4, Iv1 = 1.102E+12 mm^4, Iv2 = 1.238E+12 mm^4

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1588.0	17785600.00	28243532800.0	73173333.3
2-PL 2896 × 10	57920.0	-	-	-	40480365226.7
Σ	69120.0			28243532800.0	40553538560.0

$I = Io + AY^2 = 40553538560 + 28243532800 = 68797071360 \quad mm^4$

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Isw = 68797071360 + 69120.0 \times (1788.0 - 2042.6)^2 = 7.328E+10 \quad mm^4$

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Iv1w = 68797071360 + 69120.0 \times (1413.6 - 1788.0)^2 = 7.849E+10 \quad mm^4$

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Iv2w = 68797071360 + 69120.0 \times (1530.6 - 1788.0)^2 = 7.338E+10 \quad mm^4$

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1601.4 mm Ysl = 2042.6 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 2230.4 mm Yvl = 1413.6 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 2113.4 mm Yvl = 1530.6 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{1575.521 \times 1000000}{73277509939} \times 1601.4 + \frac{2311.054 \times 1000000}{78485992243} \times 2230.400 + \frac{2371.276 \times 1000000}{73376600371} \times 2113.400$$

$$= 34.431 + 65.675 + 68.298 = 168.404 \quad MPa < f_{sa} \quad O.K$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{1575.521 \times 1000000}{73277509939} \times 2042.6 + \frac{2311.054 \times 1000000}{78485992243} \times 1413.600 + \frac{2371.276 \times 1000000}{73376600371} \times 1530.600$$

$$= 43.917 + 41.624 + 49.464 = 135.005 \quad MPa < f_{sa} \quad O.K$$

◎ **이음번호 < S8-1 , S17-1 > :** 71,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-17409.7	-34605.3	-16225.4	-25408.9	-488.8	-42123.1	-94138.0	174.1	-154.6
S(kN)	-1321.8	-1746.0	-832.7	-1620.8	-3.9	-2457.4	-5525.3	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	-425.7	-644.7	-207.9	-2349.4	-6.9	-2564.2	-3634.6	HSB500	230
Ysl(mm)	2026.1	1429.6	1550.9				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	7.278E+11	1.064E+12	1.197E+12				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

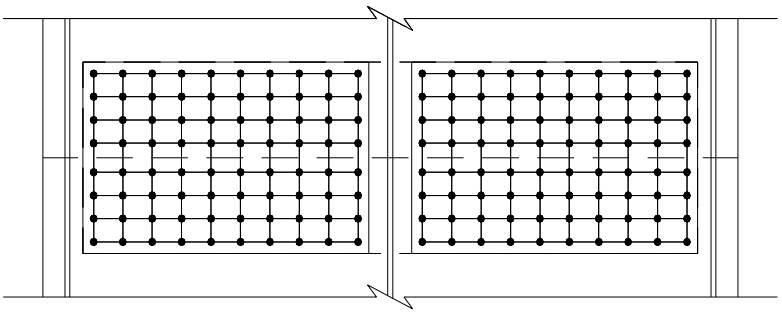
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 154.6 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	28	0	80	14	980	2	1070	14	980	1	2300	14	980	6	20	120



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{28 \times 2600 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 100 EA ⇒ n = 120 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{28 \times 2600 \times 172.5}{230.0}$ = 54600.0 mm^2

· 사용이음판: 0-PL 80 × 14 × 980 = 0.0 mm^2

2-PL 1070 × 14 × 980 = 29960.0 mm^2

1-PL 2300 × 14 × 980 = 32200.0 mm^2

Σ = 62160.0 mm^2 > A_{req} = 54600.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{28 \times 2600 \times 172.5}{62160.0}$ = 202.0 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{28 \times 2600 \times 172.5}{120\ EA} = 104650.0\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.322E+06 \times 1.465E+08}{7.27756E+11} + \frac{1.746E+06 \times 1.031E+08}{1.06397E+12} \right) + \left(\frac{2.457E+06 \times 1.119E+08}{1.19654E+12} \right) \times \frac{130.0}{6\ EA} = 14408\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2600.0 × 28 × (2026.10 − 14.0) = 146480880 mm^3

  Qv1 = 2600.0 × 28 × (1429.60 − 14.0) = 103055680 mm^3

  Qv2 = 2600.0 × 28 × (1550.90 − 14.0) = 111886320 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 7.27756E+11 mm^4 , Iv1 = 1.06397E+12 mm^4 , Iv2 = 1.19654E+12 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 20 = 130.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(104650.0^2 + 14407.5^2)} = 105637.1\ N/EA < \rho_{sa} \quad O.K$$

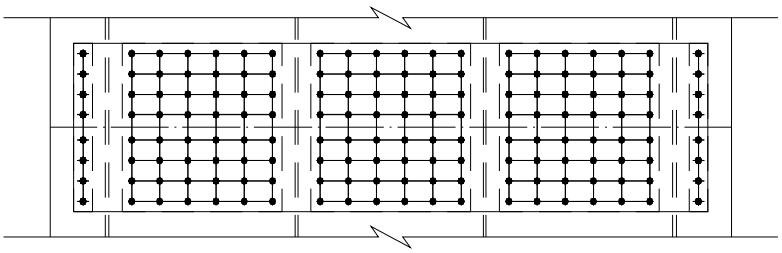
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 174.1 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 174.1 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2900	40	2	80	26	1460	3	680	26	1460	1	2700	26	1460	9	20	180



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{40 \times 2900 \times 174.1}{126000.0} \fallingdotseq 161\ EA \Rightarrow n = 180\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{40 \times 2900 \times 174.1}{230.0} = 87801.9 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 26 ×	1460	=	4160.0	mm²
3-PL	680	× 26 ×	1460	=	53040.0	mm²
1-PL	2700	× 26 ×	1460	=	70200.0	mm²
				Σ =	127400.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 127400 − 25.0 × 26.0 × 20 열 × 2 EA

= 101400.0 mm² > A_{req} = 87801.9 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{40 \times 2900 \times 174.1}{101400.0} = 199.2$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{40 \times 2900.0 \times 174.1}{180 \ EA} = 112191.3 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.322E+06 \times 1.819E+08}{7.27756E+11} + \frac{1.746E+06 \times 2.511E+08}{1.06397E+12} \right)$$

$$+ \left(\frac{2.457E+06 \times 2.370E+08}{1.19654E+12} \right) \times \frac{145.0}{9.0 \ EA} = 19802 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2900.0 × 40 × (1587.9 − 20.0) = 181876400 mm³

Qv1 = 2900.0 × 40 × (2184.4 − 20.0) = 251070400 mm³

Qv2 = 2900.0 × 40 × (2063.1 − 20.0) = 236999600 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 7.27756E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.06397E+12 mm⁴ , Iv2 = 1.19654E+12 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2900 / 20 = 145.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(112191.3^2 + 19802.2^2)} = 113925.6 \ N/EA < \rho_{sa}$ O.K

④ 모재의 응력검토 :

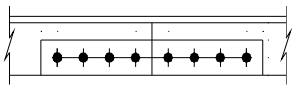
· 플랜지의 총단면적: As = 40 × 2900 = 116000.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 40 ×(2900 - 25 ×20) = 96000.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{116000.0 \times 174.1}{96000.0} = 210.4$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
280	20	2	210	12	630	4	2	8



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{20 \times 280 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 7.7 EA ⇒ n = 8 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{20 \times 280 \times 172.5}{230.0} =$ 4200.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 210 × 12 × 630 = 5040.0 mm²

= 5040.0 mm² > A_{req} = 4200.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{20 \times 280 \times 172.5}{5040.00} =$ 191.7 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

(4) 인장부 RIB의 이음 : (상부 RIB)

제 원		상면 이음판				상면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
120	12	2	100	10	630	4	1	4

① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 120 \times 174.1}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.0 EA ⇒ n = 4 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 120 \times 174.1}{230.0} =$ 1090.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 100 × 10 × 630 = 2000.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2000 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

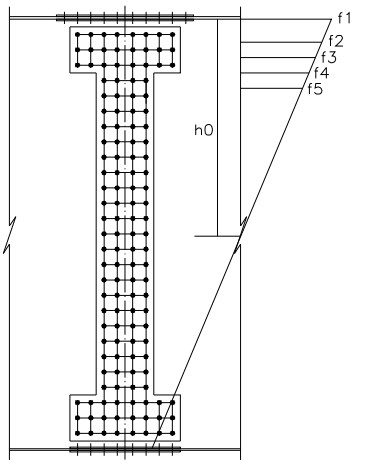
= 1500.0 mm² > A_{req} = 1090.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 120 \times 174.1}{1500.00} =$ 167.2 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3546	18	2400	4	280	10	2	2866	10	4	150	4	100	4	100	3	100	3	100	108

① BOLT의 응력계산 :



· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1781 mm

f_1 = fs' = 174.090 MPa

f_2 = f_1 ·(ho - 150)/ho = 159.429 MPa

f_3 = f_1 ·(ho - 250)/ho = 149.655 MPa

f_4 = f_1 ·(ho - 350)/ho = 139.881 MPa

f_5 = f_1 ·(ho - 450)/ho = 130.106 MPa

f_6 = f_1 ·(ho - 550)/ho = 120.332 MPa

제1열 : $\frac{174.09 + 159.43}{2}$ × 150.0 × 18.0 / 4EA = 112563 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{159.43 + 149.66}{2}$ × 100.0 × 18.0 / 4EA = 69544 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{149.66 + 139.88}{2}$ × 100.0 × 18.0 / 4EA = 65146 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{139.88 + 130.11}{2}$ × 100.0 × 18.0 / 3EA = 80996 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{130.11 + 120.33}{2}$ × 100.0 × 18.0 / 3EA = 75131 N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{5525.3 \times 1000}{2} + \frac{3634.6 \times 1000000}{2 \times 2418.0} \right)$ / 108 EA = 32539 N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{112563^2 + 32539^2}$ = 117171.4 N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$I_{sw}' = \frac{18 \times 3546^3}{12} + 18.0 \times 3546 \times (1773.0 - 2026.1)^2$ = 70970519791 mm⁴

$I_{v1w}' = \frac{18 \times 3546^3}{12} + 18.0 \times 3546 \times (1429.6 - 1773.0)^2$ = 74408547992 mm⁴

$I_{v2w}' = \frac{18 \times 3546^3}{12} + 18.0 \times 3546 \times (1550.9 - 1773.0)^2$ = 70030256757 mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트 - Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트

- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 17409.7 \times \frac{7.097E+10}{7.278E+11} = 1697.8 \quad kN \cdot m$$

$$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 34605.3 \times \frac{7.441E+10}{1.064E+12} = 2420.1 \quad kN \cdot m$$

$$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 42123.1 \times \frac{7.003E+10}{1.197E+12} = 2465.4 \quad kN \cdot m$$

여기서,

Ms = 17409.7 kN·m, Mv1 = 34605.3 kN·m, Mv2 = 42123.1 kN·m

Is = 7.278E+11 mm^4, Iv1 = 1.064E+12 mm^4, Iv2 = 1.197E+12 mm^4

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1573.0	17617600.00	27712484800.0	73173333.3
2-PL 2866 × 10	57320.0	-	-	-	39235329826.7
Σ	68520.0			27712484800.0	39308503160.0

$I = Io + AY^2 = 39308503160 + 27712484800 = 67020987960 \quad mm^4$

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Isw = 67020987960 + 68520.0 \times (1773.0 - 2026.1)^2 = 7.141E+10 \quad mm^4$

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Iv1w = 67020987960 + 68520.0 \times (1429.6 - 1773.0)^2 = 7.510E+10 \quad mm^4$

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Iv2w = 67020987960 + 68520.0 \times (1550.9 - 1773.0)^2 = 7.040E+10 \quad mm^4$

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1587.9 mm Ysl = 2026.1 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 2184.4 mm Yvl = 1429.6 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 2063.1 mm Yvl = 1550.9 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{1697.792 \times 1000000}{71410352437} \times 1587.9 + \frac{2420.116 \times 1000000}{75101110291} \times 2184.400 + \frac{2465.358 \times 1000000}{70400970613} \times 2063.100$$

$$= 37.753 + 70.392 + 72.247 = 180.392 \quad MPa < f_{sa} \quad O.K$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{1697.792 \times 1000000}{71410352437} \times 2026.1 + \frac{2420.116 \times 1000000}{75101110291} \times 1429.600 + \frac{2465.358 \times 1000000}{70400970613} \times 1550.900$$

$$= 48.171 + 46.069 + 54.311 = 148.550 \quad MPa < f_{sa} \quad O.K$$

◎ **이음번호 < S9-1 , S16-1 > :** 73,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-9500.3	-22359.3	-10360.8	-17188.2	-424.3	-27973.3	-59832.9	175.3	-158.9
S(kN)	-825.8	-1515.0	-727.6	-1266.8	-11.8	-2006.2	-4347.0	사용강종	허용인장,f_{sa}
T(kN-m)	-101.2	-193.5	145.1	-1781.7	-10.9	-1647.5	-1942.2	HSB500	230
Ysl(mm)	1664.4	1116.4	1252.4				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	3.966E+11	5.838E+11	6.915E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

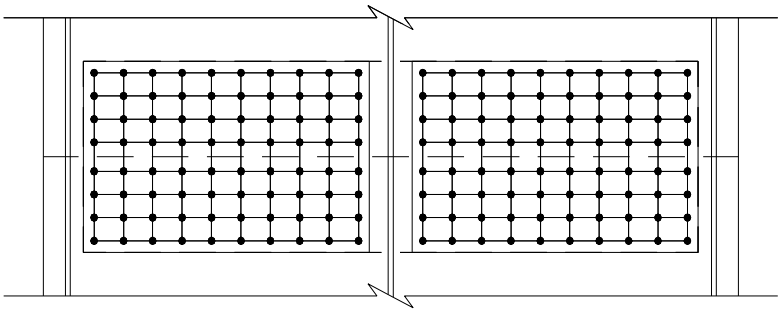
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 158.9 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	22	0	80	12	820	2	1070	12	820	1	2300	12	820	5	20	100



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{22 \times 2600 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 79 EA ⇒ n = 100 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{22 \times 2600 \times 172.5}{230.0} =$ 42900.0 mm^2

· 사용이음판:

0-PL	80	× 12 ×	820	=	0.0	mm^2
2-PL	1070	× 12 ×	820	=	25680.0	mm^2
1-PL	2300	× 12 ×	820	=	27600.0	mm^2
			Σ	=	53280.0	mm^2

> A_{req} = 42900.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{22 \times 2600 \times 172.5}{53280.0} =$ 185.2 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2600 \times 172.5}{100\ EA} = 98670.0\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa\ O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{8.258E+05 \times 9.457E+07}{3.96569E+11} + \frac{1.515E+06 \times 6.323E+07}{5.83757E+11} \right) + \left(\frac{2.006E+06 \times 7.101E+07}{6.91466E+11} \right) \times \frac{130.0}{5\ EA} = 14743\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2600.0 × 22 × (1664.40 − 11.0) = 94574480 mm^3

  Qv1 = 2600.0 × 22 × (1116.40 − 11.0) = 63228880 mm^3

  Qv2 = 2600.0 × 22 × (1252.40 − 11.0) = 71008080 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 3.96569E+11 mm^4 , Iv1 = 5.83757E+11 mm^4 , Iv2 = 6.91466E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 20 = 130.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(98670.0^2 + 14743.4^2)} = 99765.4\ N/EA < \rho_{sa}\ O.K$$

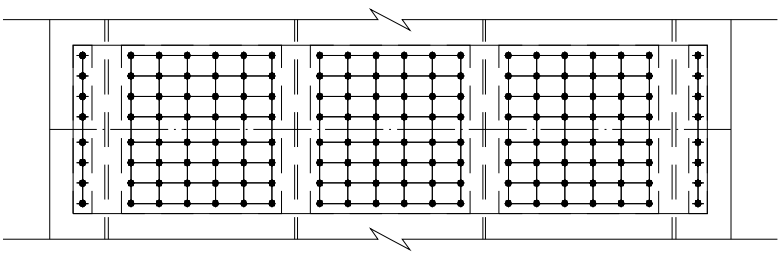
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 175.3 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 175.3 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2900	28	2	80	18	1140	3	680	18	1140	1	2700	18	1140	7	20	140



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{28 \times 2900 \times 175.3}{126000.0} \fallingdotseq 113\ EA \Rightarrow n = 140\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{28 \times 2900 \times 175.3}{230.0} = 61885.3 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 18	× 1140	=	2880.0	mm²
3-PL	680	× 18	× 1140	=	36720.0	mm²
1-PL	2700	× 18	× 1140	=	48600.0	mm²
				Σ =	88200.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 88200 − 25.0 × 18.0 × 20 열 × 2 EA

= 70200.0 mm² > A_{req} = 61885.3 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{28 \times 2900 \times 175.3}{70200.0} = 202.8$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{28 \times 2900.0 \times 175.3}{140 \ EA} = 101668.8$ N/EA < ρ_{sa} = 126000 MPa O.K

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{8.258E+05 \times 1.138E+08}{3.96569E+11} + \frac{1.515E+06 \times 1.583E+08}{5.83757E+11} \right.$$

$$\left. + \left(\frac{2.006E+06 \times 1.473E+08}{6.91466E+11} \right) \right) \times \frac{145.0}{7 \ EA} = 22270 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2900.0 × 28 × (1415.6 − 14.0) = 113809920 mm³

Qv1 = 2900.0 × 28 × (1963.6 − 14.0) = 158307520 mm³

Qv2 = 2900.0 × 28 × (1827.6 − 14.0) = 147264320 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 3.96569E+11 mm⁴ , Iv1 = 5.83757E+11 mm⁴ , Iv2 = 6.91466E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2900 / 20 = 145.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(101668.8^2 + 22270.1^2)} = 104079.3$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

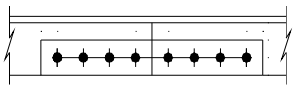
· 플랜지의 총단면적: As = 28 × 2900 = 81200.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 28 ×(2900 - 25 ×20) = 67200.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \frac{81200.0 \times 175.3}{67200.0} = 211.8$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
220	20	2	180	12	630	4	2	8



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \dfrac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \dfrac{20 \times 220 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 6.0 EA ⇒ n = 8 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{20 \times 220 \times 172.5}{230.0} =$ 3300.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 180 × 12 × 630 = 4320.0 mm²

= 4320.0 mm² > A_{req} = 3300.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{20 \times 220 \times 172.5}{4320.00} =$ 175.7 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

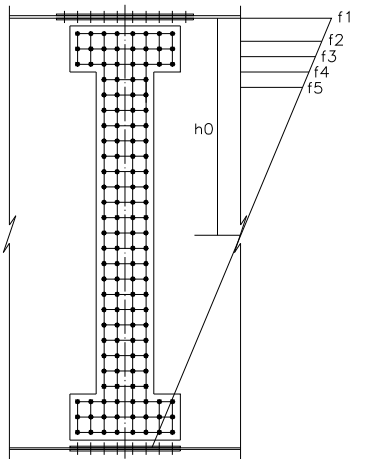
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3030	16	2400	4	280	10	2	2350	10	4	150	4	100	4	100	3	100	3	100	93

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1527 mm



$f_1 = fs' =$ 175.291 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (ho - 150)/ho =$ 158.074 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (ho - 250)/ho =$ 146.595 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (ho - 350)/ho =$ 135.117 MPa

$f_5 = f_1 \cdot (ho - 450)/ho =$ 123.639 MPa

$f_6 = f_1 \cdot (ho - 550)/ho =$ 112.161 MPa

제1열 : $\dfrac{175.29 + 158.07}{2} \times 150.0 \times 16.0 / 4EA =$ 100010 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\dfrac{158.07 + 146.60}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 4EA =$ 60934 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\dfrac{146.60 + 135.12}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 4EA =$ 56342 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\dfrac{135.12 + 123.64}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 3EA =$ 69002 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{123.64 + 112.16}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 3EA = 62880$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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), $\upsilon t = Mt / (2 \cdot A \cdot t)$, A = b h (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

따라서, 전단력에 의한 볼트의 응력은

$\rho s = \left(\frac{4347.0 \times 1000}{2} + \frac{1942.2 \times 1000000}{2 \times 2416.0} \right) / 93 EA = 27693$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{100010^2 + 27693^2} = 103772.8$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{16 \times 3030^3}{12} + 16.0 \times 3030 \times (1515.0 - 1664.4)^2 = 38172927053$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{16 \times 3030^3}{12} + 16.0 \times 3030 \times (1116.4 - 1515.0)^2 = 44793433421$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{16 \times 3030^3}{12} + 16.0 \times 3030 \times (1252.4 - 1515.0)^2 = 40433956685$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 9500.3 \times \frac{3.817E+10}{3.966E+11} = 914.5$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 22359.3 \times \frac{4.479E+10}{5.838E+11} = 1715.7$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 27973.3 \times \frac{4.043E+10}{6.915E+11} = 1635.8$ kN·m

여기서,

Ms = 9500.3 kN·m, Mv1 = 22359.3 kN·m, Mv2 = 27973.3 kN·m

Is = 3.966E+11 mm⁴ , Iv1 = 5.838E+11 mm⁴ , Iv2 = 6.915E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY² (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1315.0	14728000.00	19367320000.0	73173333.3
2-PL 2350 × 10	47000.0	-	-	-	21629791666.7
Σ	58200.0			19367320000.0	21702965000.0

I = Io + AY² = 21702965000 + 19367320000 = 41070285000 mm⁴

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 41070285000 + 58200.0 ×(1515.0 − 1664.4)² = 4.237E+10 mm⁴

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 41070285000 + 58200.0 ×(1116.4 − 1515.0)² = 5.032E+10 mm⁴

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 41070285000 + 58200.0 ×(1252.4 − 1515.0)² = 4.508E+10 mm⁴

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1415.6 mm Ysl = 1664.4 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1963.6 mm Yvl = 1116.4 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1827.6 mm Yvl = 1252.4 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{914.480 \times 1000000}{42369329952} \times 1415.6$$

$$+ \frac{1715.695 \times 1000000}{50317215072} \times 1963.600 + \frac{1635.759 \times 1000000}{45083684832} \times 1827.600$$

$$= 30.554 + 66.954 + 66.310 = 163.818 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{914.480 \times 1000000}{42369329952} \times 1664.4$$

$$+ \frac{1715.695 \times 1000000}{50317215072} \times 1116.400 + \frac{1635.759 \times 1000000}{45083684832} \times 1252.400$$

$$= 35.924 + 38.067 + 45.440 = 119.431 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S10-1 , S15-1 > :** 75,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-3378.5	-8635.6	-3831.8	-9437.1	-293.3	-13562.2	-25576.3	179.4	-167.6
S(kN)	-426.4	-1131.8	-533.1	-1025.3	-13.9	-1572.3	-3130.6	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	44.8	130.0	250.2	1592.9	19.3	1862.4	2037.3	HSB500	230
Ysl(mm)	1078.4	1078.4	1330.9				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	1.778E+11	1.778E+11	2.444E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

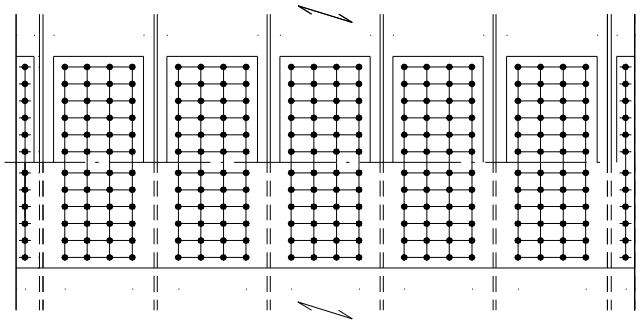
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 167.6 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2600	18	0	80	10	820	5	380	10	820	1	2300	10	820	5	15	75



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 2600 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 65 EA ⇒ n = 75 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{18 \times 2600 \times 172.5}{230.0} =$ 35100.0 mm^2

· 사용이음판: 0-PL 80 × 10 × 820 = 0.0 mm^2

5-PL 380 × 10 × 820 = 19000.0 mm^2

1-PL 2300 × 10 × 820 = 23000.0 mm^2

Σ = 42000.0 mm^2 > A_{req} = 35100.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{18 \times 2600 \times 172.5}{42000.0} =$ 192.2 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2600 \times 172.5}{75\ EA} = 107640.0\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{4.264E+05 \times 5.005E+07}{1.77791E+11} + \frac{1.132E+06 \times 5.005E+07}{1.77791E+11} \right.$$

$$\left. + \left(\frac{1.572E+06 \times 6.186E+07}{2.44386E+11} \right) \right) \times \frac{173.3}{5\ EA} = 29005\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2600.0 × 18 × (1078.40 − 9.0) = 50047920 mm^3

  Qv1 = 2600.0 × 18 × (1078.40 − 9.0) = 50047920 mm^3

  Qv2 = 2600.0 × 18 × (1330.90 − 9.0) = 61864920 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 1.77791E+11 mm^4 , Iv1 = 1.77791E+11 mm^4 , Iv2 = 2.44386E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2600 / 15 = 173.3 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(107640.0^2 + 29004.9^2)} = 111479.4\ N/EA < \rho_{sa} \quad O.K$$

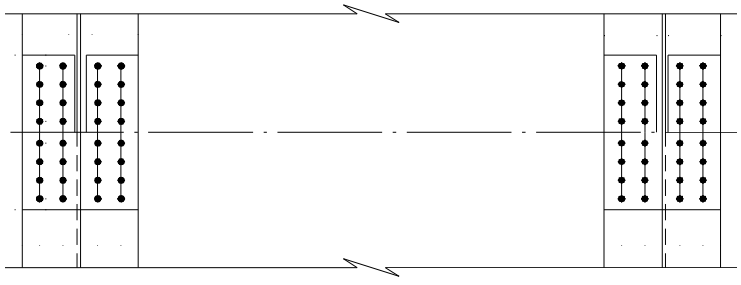
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 179.4 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 179.4 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	28	2	160	24	980	0	0	0	0	1	380	24	980	6	4	24



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{28 \times 500 \times 179.4}{126000.0} \fallingdotseq 20\ EA \Rightarrow n = 24\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{28 \times 500 \times 179.4}{230.0} = 10920.2 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	160	× 24 ×	980	=	7680.0	mm²
0-PL	0	× 0 ×	0	=	0.0	mm²
1-PL	380	× 24 ×	980	=	9120.0	mm²
				Σ =	16800.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 16800 − 25.0 × 24.0 × 4 열 × 2 EA

= 12000.0 mm² > A_{req} = 10920.2 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{28 \times 500 \times 179.4}{12000.0} = 209.3$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{28 \times 500.0 \times 179.4}{24 \ EA} = 104651.8$ N/EA < ρ_{sa} = 126000 MPa O.K

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{4.264E+05 \times 2.181E+07}{1.77791E+11} + \frac{1.132E+06 \times 2.181E+07}{1.77791E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{1.572E+06 \times 1.827E+07}{2.44386E+11} \right) \times \frac{125.0}{6 \ EA} = 6431 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 500.0 × 28 × (1571.6 − 14.0) = 21806400 mm³

Qv1 = 500.0 × 28 × (1571.6 − 14.0) = 21806400 mm³

Qv2 = 500.0 × 28 × (1319.1 − 14.0) = 18271400 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.77791E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.77791E+11 mm⁴ , Iv2 = 2.44386E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(104651.8^2 + 6430.8^2)} = 104849.2$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

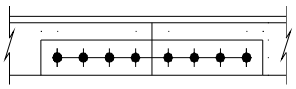
· 플랜지의 총단면적: As = 28 × 500 = 14000.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 28 ×(500 - 25 ×4) = 11200.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \frac{14000.0 \times 179.4}{11200.0} = 224.3$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
180	16	2	150	10	660	4	1	4



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \dfrac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \dfrac{16 \times 180 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 3.9 EA ⇒ n = 4 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{16 \times 180 \times 172.5}{230.0} =$ 2160.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 150 × 10 × 660 = 3000.0 mm²

= 3000.0 mm² > A_{req} = 2160.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{16 \times 180 \times 172.5}{3000.00} =$ 165.6 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

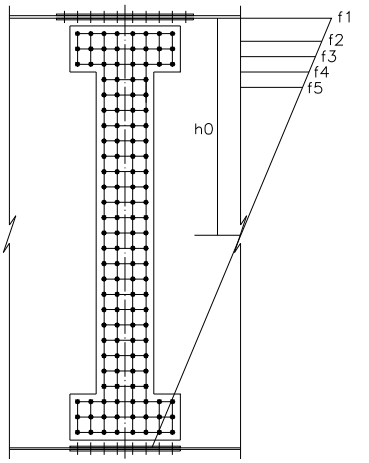
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
2604	14	2400	4	280	10	2	1924	10	4	150	4	100	2	100	2	100	2	100	62

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1328 mm



$f_1 = fs' =$ 179.403 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (ho - 150)/ho =$ 159.132 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (ho - 250)/ho =$ 145.618 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (ho - 350)/ho =$ 132.104 MPa

$f_5 = f_1 \cdot (ho - 450)/ho =$ 118.590 MPa

$f_6 = f_1 \cdot (ho - 550)/ho =$ 105.076 MPa

제1열 : $\dfrac{179.40 + 159.13}{2} \times 150.0 \times 14.0 / 4EA =$ 88865 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\dfrac{159.13 + 145.62}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 4EA =$ 53331 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\dfrac{145.62 + 132.10}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA =$ 97203 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\dfrac{132.10 + 118.59}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA =$ 87743 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{118.59 + 105.08}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA = 78283$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{3130.6 \times 1000}{2} + \frac{2037.3 \times 1000000}{2 \times 2414.0} \right) / 62 EA = 32053$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{97203^2 + 32053^2} = 102351.1$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$I_{sw}' = \frac{14 \times 2604^3}{12} + 14.0 \times 2604 \times (1302.0 - 1078.4)^2 = 22422808182$ mm⁴

$I_{v1w}' = \frac{14 \times 2604^3}{12} + 14.0 \times 2604 \times (1078.4 - 1302.0)^2 = 22422808182$ mm⁴

$I_{v2w}' = \frac{14 \times 2604^3}{12} + 14.0 \times 2604 \times (1330.9 - 1302.0)^2 = 20630567424$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 3378.5 \times \frac{2.242E+10}{1.778E+11} = 426.1$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 8635.6 \times \frac{2.242E+10}{1.778E+11} = 1089.1$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 13562.2 \times \frac{2.063E+10}{2.444E+11} = 1144.9$ kN·m

여기서,

Ms = 3378.5 kN·m, Mv1 = 8635.6 kN·m, Mv2 = 13562.2 kN·m

Is = 1.778E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.778E+11 mm⁴ , Iv2 = 2.444E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY² (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1102.0	12342400.00	13601324800.0	73173333.3
2-PL 1924 × 10	38480.0	-	-	-	11870361706.7
Σ	49680.0			13601324800.0	11943535040.0

I = Io + AY² = 11943535040 + 13601324800 = 25544859840 mm⁴

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 25544859840 + 49680.0 ×(1302.0 − 1078.4)² = 2.803E+10 mm⁴

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 25544859840 + 49680.0 ×(1078.4 − 1302.0)² = 2.803E+10 mm⁴

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 25544859840 + 49680.0 ×(1330.9 − 1302.0)² = 2.559E+10 mm⁴

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1571.6 mm Ysl = 1078.4 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1571.6 mm Yvl = 1078.4 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1319.1 mm Yvl = 1330.9 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{426.090 \times 1000000}{28028708813} \times 1571.6$$

$$+ \frac{1089.113 \times 1000000}{28028708813} \times 1571.600 + \frac{1144.896 \times 1000000}{25586353073} \times 1319.100$$

$$= 23.891 + 61.068 + 59.025 = 143.984 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{426.090 \times 1000000}{28028708813} \times 1078.4$$

$$+ \frac{1089.113 \times 1000000}{28028708813} \times 1078.400 + \frac{1144.896 \times 1000000}{25586353073} \times 1330.900$$

$$= 16.394 + 41.903 + 59.553 = 117.850 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

6.3 용접부 검토

주요부재의 응력을 전달하는 필렛용접의 치수는 다음의 제한내에 있는 것을 표준으로 한다.

다만, 최소 모재의 두께가 8㎜이상인 경우는 필렛용접 치수를 6㎜이상으로 한다. (☞ 도.설 3.5.2.4)

$t_1 > S \geq \sqrt{2 \cdot t_2}$

t_1 : 얇은쪽 모재의 두께 (㎜)

t_2 : 두꺼운쪽 모재의 두께 (㎜)

S : 필렛용접 치수 (㎜)

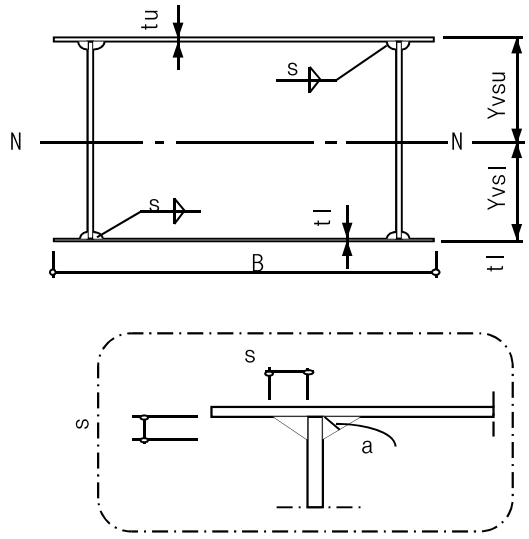
6.3.1 플랜지와 복부판의 용접부 검토

1) 필렛용접 치수 검토

tu : 상부 플랜지 두께, tl : 하부 플랜지 두께, tw : 복부판 두께 (단위 : ㎜)

구 분	모재의 사용두께			상부 플랜지와 복부판				하부 플랜지와 복부판			
	tu	tl	tw	Smin	Smax	Suse	판정	Smin	Smax	Suse	판정
단면1	18	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면2	26	24	12	7.2	12	8	OK	6.9	12	8	OK
단면3	30	24	12	7.7	12	8	OK	6.9	12	8	OK
단면4	36	32	12	8.5	12	10	OK	8.0	12	8	OK
단면5	30	26	12	7.7	12	8	OK	7.2	12	8	OK
단면6	20	18	14	6.3	14	8	OK	6.0	14	6	OK
단면7	20	18	16	6.3	16	8	OK	6.0	16	6	OK
단면8	20	18	16	6.3	16	8	OK	6.0	16	6	OK
단면9	24	22	16	6.9	16	8	OK	6.6	16	8	OK
단면10	24	22	16	6.9	16	8	OK	6.6	16	8	OK
단면11	40	28	18	8.9	18	10	OK	7.5	18	8	OK
단면12	28	22	16	7.5	16	8	OK	6.6	16	8	OK
단면13	28	22	16	7.5	16	8	OK	6.6	16	8	OK
단면14	28	22	16	7.5	16	8	OK	6.6	16	8	OK
단면15	28	18	14	7.5	14	8	OK	6.0	14	6	OK
단면16	18	14	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면17	18	12	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) · y(mm)

y = Yvsu(I) - tu(I)/2

Iv : 총단면의 중립축에 관한 단면 2차 모멘트 (mm^4)

Σa : 필렛 용접의 목두께의 합 (mm) = 4EA ×s $\sqrt{2}$

s : 필렛 용접 치수 (mm)

① 응력 검토 결과:

- 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
단면1	-2726.8	18	500	9000	530	4.690E+06	4.428E+11	6	17	-1.7	135	OK
단면2	-2049.7	26	500	13000	728	9.291E+06	6.254E+11	8	23	-1.3	135	OK
단면3	-1555.4	30	600	18000	711	1.253E+07	6.307E+11	8	23	-1.4	135	OK
단면4	817.6	36	600	21600	817	1.727E+07	7.431E+11	10	28	0.7	135	OK
단면5	1575.5	30	600	18000	741	1.308E+07	6.585E+11	8	23	1.4	135	OK
단면6	2418.4	20	500	10000	665	6.549E+06	5.542E+11	8	23	1.3	135	OK
단면7	4027.8	20	500	10000	1602	1.592E+07	3.458E+11	8	23	8.2	135	OK
단면8	4448.8	20	500	10000	1548	1.538E+07	4.333E+11	8	23	7.0	135	OK
단면9	4886.7	24	250	6000	1513	9.004E+06	5.763E+11	8	23	3.4	135	OK
단면10	5287.7	24	250	6000	2145	1.280E+07	9.060E+11	8	23	3.3	135	OK
단면11	7165.2	40	250	10000	2193	2.173E+07	1.340E+12	10	28	4.1	135	OK
단면12	-5082.0	28	250	7000	2116	1.471E+07	9.625E+11	8	23	-3.4	135	OK
단면13	-4573.5	28	250	7000	1875	1.303E+07	7.401E+11	8	23	-3.6	135	OK
단면14	-3889.9	28	500	14000	1346	1.865E+07	3.890E+11	8	23	-8.2	135	OK
단면15	-3430.4	28	500	14000	1328	1.840E+07	2.798E+11	8	23	-10.0	135	OK
단면16	-2617.5	18	500	9000	1243	1.110E+07	1.911E+11	6	17	-9.0	135	OK
단면17	-553.3	18	500	9000	396	3.482E+06	2.995E+11	6	17	-0.4	135	OK

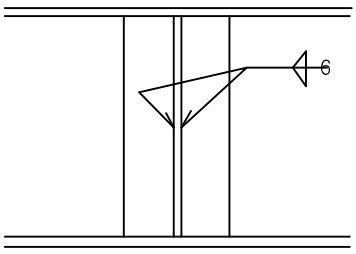
② 하부 플랜지와 복부판

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
단면1	-2726.8	12	2400	28800	2485	7.139E+07	4.428E+11	6	17	-25.9	135	OK
단면2	-2049.7	24	2400	57600	2297	1.316E+08	6.254E+11	8	23	-19.1	135	OK
단면3	-1555.4	24	2400	57600	2316	1.327E+08	6.307E+11	8	23	-14.5	135	OK
단면4	817.6	32	2400	76800	2217	1.690E+08	7.431E+11	8	23	8.2	135	OK
단면5	1575.5	26	2400	62400	2287	1.419E+08	6.585E+11	8	23	15.0	135	OK
단면6	2418.4	18	2400	43200	2354	1.013E+08	5.542E+11	6	17	26.0	135	OK
단면7	4027.8	18	2400	43200	1505	6.464E+07	3.458E+11	6	17	44.4	135	OK
단면8	4448.8	18	2400	43200	1673	7.190E+07	4.333E+11	6	17	43.5	135	OK
단면9	4886.7	22	2400	52800	1830	9.606E+07	5.763E+11	8	23	36.0	135	OK
단면10	5287.7	22	2400	52800	1344	7.037E+07	9.060E+11	8	23	18.2	135	OK
단면11	7165.2	28	2400	67200	1541	1.026E+08	1.340E+12	8	23	24.3	135	OK
단면12	-5082.0	22	2400	52800	1377	7.213E+07	9.625E+11	8	23	-16.8	135	OK
단면13	-4573.5	22	2400	52800	1259	6.590E+07	7.401E+11	8	23	-18.0	135	OK
단면14	-3889.9	22	2400	52800	1512	7.926E+07	3.890E+11	8	23	-35.0	135	OK
단면15	-3430.4	18	2400	43200	1375	5.901E+07	2.798E+11	6	17	-42.6	135	OK
단면16	-2617.5	14	2400	33600	1288	4.302E+07	1.911E+11	6	17	-34.7	135	OK
단면17	-553.3	12	2400	28800	2119	6.086E+07	2.995E+11	6	17	-6.6	135	OK

6.3.2 지점부 보강재 용접부 검토

1) 교대부 (A1)

- Rmax = 4805.4 kN



필렛용접 치수 : s = 6.0 mm

사용 보강재 : 4 PL - 250 × 24 × 3000

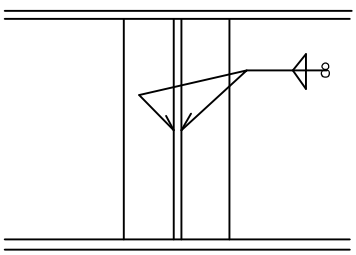
용접 목두께 : a = s / √2 = 4.24 mm

$$\upsilon = \frac{P}{\Sigma a \cdot l} = \frac{4805.440 \times 10^{3}}{8\ EA \times 4.24 \times 3000}$$

= 47.194 MPa ≤ υa = 135 MPa O.K

2) 교각부 (P1)

- Rmax = 13474.1 kN



필렛용접 치수 : s = 8.0 mm

사용 보강재 : 6 PL - 350 × 36 × 3700

용접 목두께 : a = s / √2 = 5.66 mm

$$\upsilon = \frac{P}{\Sigma a \cdot l} = \frac{13474.076 \times 10^{3}}{12\ EA \times 5.66 \times 3700}$$

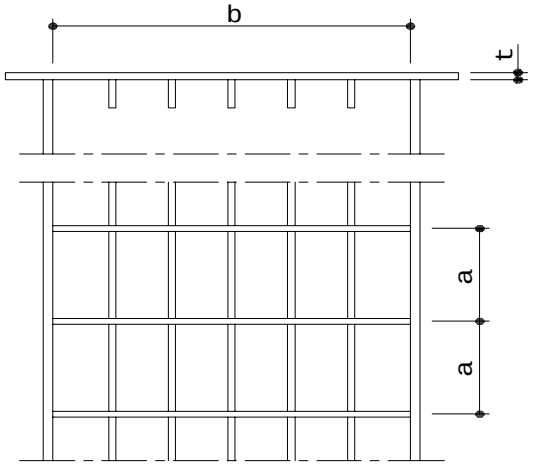
= 53.646 MPa ≤ υa = 135 MPa O.K

7. 보강재 설계

7.1 하부 플랜지 보강재 설계

◎ 검토단면 **단면11 :** 단면위치 : 17,J지점 (이중합성구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Panne l의 수 : n = 2
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 5000.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2400.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 28 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 280 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 20 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 280 / 16 = 17.5 mm < 20 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2400 ×28) / (10 ×2) = 3360.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 280 ×20 = 5600.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : $I_1 = \frac{1}{3} \times 20 \times 280^3 =$ 1.463.E+08 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}} =$ 146346667 / (2400 × 28³ / 10.92) = 30.333
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1} =$ 2.802

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b =$ 2.083 < $\alpha_0 =$ 2.802

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t} =$ 5600 / (2400 × 28) = 0.083

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/2)² + 0.13 (0/2) + 1.0 = 1.00

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

여기서, f_1, f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2400}{22 \times 1 \times 2} = 54.545 \text{ mm} > t = 28$$ 이고, $\alpha \leq \alpha o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2 +1)^2 / n$

$= 26.244$

$$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* = 1.266.E+08 < I_1 = 1.463.E+08 \text{ mm}^4$$ 0.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (280) / 10.1 = 27.7 mm

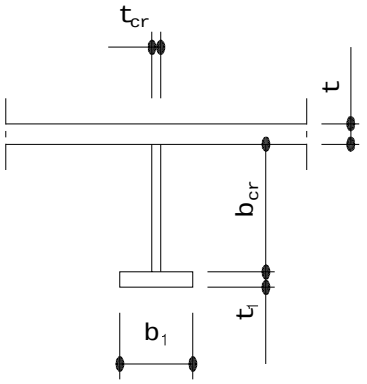
b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsca = 24000 x (t / b)² = 24000x(20/280)² = 122.4 MPa

fsca = 122.4 MPa > fsc = 57.0 MPa 0.K

fsc : 하부콘크리트 타설시 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향리브의 설계 (SM400 사용)



- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 355 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm

① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)} = b\ t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n\gamma 1^*) / 4\alpha^3 \} =$ 7.138.E+06 mm⁴

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

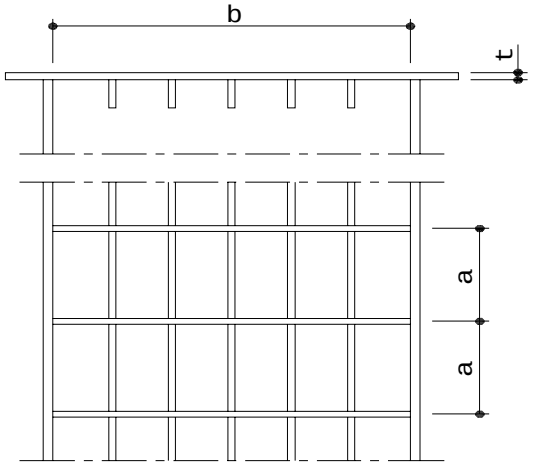
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

$= 1/3 \times 12 \times 355^3 + 100.0 \times 10.0^3 /12 + 1000.0 \times 360.0^2$

$=$ 3.086.E+08 mm⁴ > $I_{t(req)} =$ 7.138.E+06 mm⁴ 0.K

◎ **검토단면** **단면10 :** 단면위치 : 69,3/4지점 (이중합성구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Panne l의 수 : n = 2
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 5000.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2400.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 22 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 220 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 20 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 220 / 16 = 13.75 mm < 20 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2400 ×22) / (10 ×2) = 2640.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 220 ×20 = 4400.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 20 × 220³ = 7.099.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}}$ = 70986667 / (2400 × 22³ / 10.92) = 30.333
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 2.802

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 2.083 < α_0 = 2.802

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t}$ = 4400 / (2400 × 22) = 0.083

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/2)² + 0.13 (0/2) + 1.0 = 1.00

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

여기서, f_1, f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2400}{22 \times 1 \times 2} = 54.545$ mm > t = 22 이고, $\alpha \leq \alpha o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2 +1)^2 / n$

$= 26.244$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 6.142.E+07 < $I_1 =$ 7.099.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (220) / 10.1 = 21.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

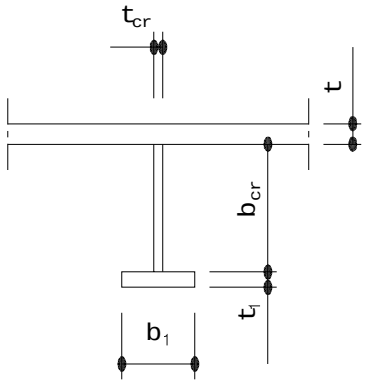
∴ fsca = 24000 x (t / b)² = 24000x(20/220)² = 198.3 MPa

fsca = 198.3 MPa > fsc = 46.6 MPa O.K

fsc : 하부콘크리트 타설시 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향리브의 설계 (SM400 사용)

- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 295 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm



① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)} = b\ t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n\gamma 1^*) / 4\alpha^3 \} =$ 3.463.E+06 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

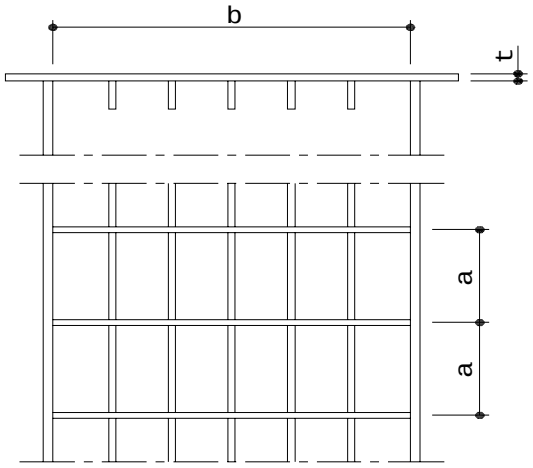
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

$= 1/3 \times 12 \times 295^3 + 100.0 \times 10.0^3 /12 + 1000.0 \times 300.0^2$

$=$ 1.927.E+08 mm^4 > $I_{t(req)} =$ 3.463.E+06 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면12 :** 단면위치 : 72,1/4지점 (이중합성구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Pannel의 수 : n = 2
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 5000.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2400.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 22 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 220 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 20 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 220 / 16 = 13.75 mm < 20 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2400 ×22) / (10 ×2) = 2640.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 220 ×20 = 4400.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 20 × 220³ = 7.099.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}}$ = 70986667 / (2400 × 22³ / 10.92) = 30.333

- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 2.802

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 2.083 < α_0 = 2.802

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t}$ = 4400 / (2400 × 22) = 0.083

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

= 0.65 (0/2)² + 0.13 (0/2) + 1.0 = 1.00

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

여기서, f_1, f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22 \quad i \cdot n} = \frac{2400}{22 \times 1 \times 2} = 54.545$ mm > t = 22 이고, $\alpha \leq \alpha o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1 + n\delta_1) - (\alpha^2 + 1)^2 / n$

= 26.244

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 6.142.E+07 < $I_1 =$ 7.099.E+07 mm⁴ 0.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (220) / 10.1 = 21.8 mm

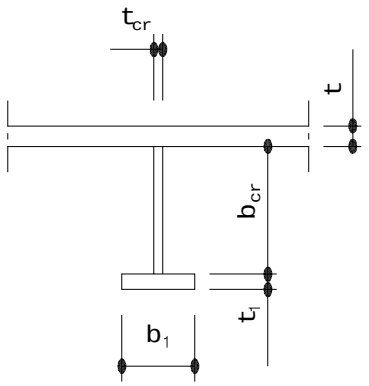
b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsca = 24000 x (t / b)² = 24000x(20/220)² = 198.3 MPa

fsca = 198.3 MPa > fsc = 51.9 MPa 0.K

fsc : 하부콘크리트 타설시 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향리브의 설계 (SM400 사용)



- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 295 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm

① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)}$ = b t³ / 10.92 · {(1 + nγ1*) / 4α³ } = 3.463.E+06 mm⁴

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

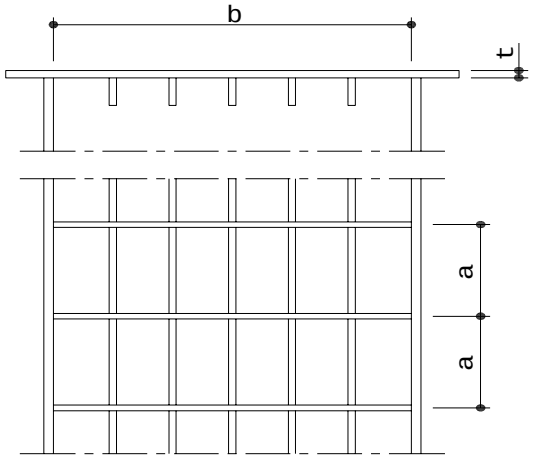
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

= 1/3 × 12 × 295³ + 100.0 × 10.0³ /12 + 1000.0 × 300.0²

= 1.927.E+08 mm⁴ > $I_{t(req)}$ = 3.463.E+06 mm⁴ 0.K

◎ 검토단면 **단면8 :** 단면위치 : 68,1/4지점 (교번구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Panne l의 수 : n = 5
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 2500.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2400.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 18 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 200 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 20 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 200 / 16 = 12.5 mm < 20 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2400 ×18) / (10 ×5) = 864.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 200 ×20 = 4000.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 20 × 200³ = 5.333.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}}$ = 53333333 / (2400 × 18³ / 10.92) = 41.610
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 3.802

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 1.042 < α_0 = 3.802

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t}$ = 4000 / (2400 × 18) = 0.093

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/5)² + 0.13 (0/5) + 1.0 = 1.00

  ∵ ϕ = (f_1-f_2)/f_1 ≒ 0

  여기서, f_1,f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2400}{22 \times 1 \times 5} = 21.818$ mm > t = 18 이고, $\alpha \le \alpha_o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 30.899$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 3.960.E+07 < $I_1 =$ 5.333.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (200) / 10.1 = 19.8 mm

b/10.1 ≤ t 이므로 허용응력은 다음과 같다.

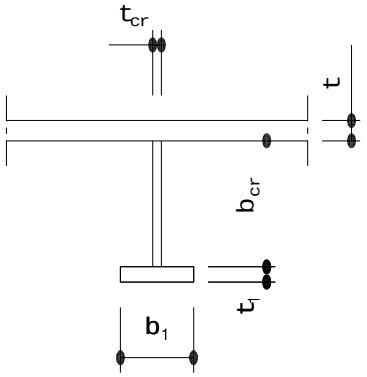
∴ fsca = 230.0 MPa

fsca = 230.0 MPa > fsc = 179.7 MPa O.K

fsc : 사용하중상태의 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향 리브의 설계 (SM400 사용)

- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 275 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm



① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)} = b\ t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n\gamma 1^*) / 4\alpha^3\} =$ 4.404.E+07 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

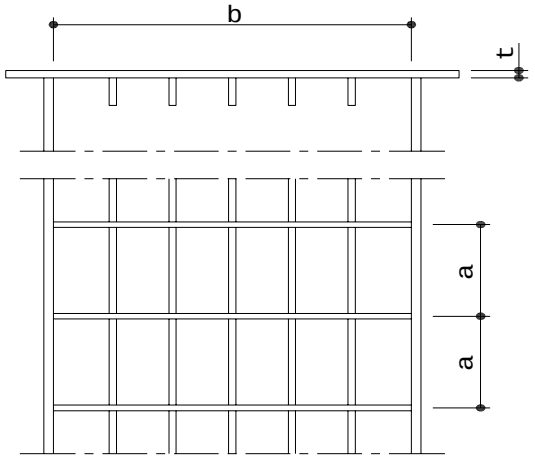
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

= 1/3 × 12 × 275³ + 100.0 × 10.0³ /12 + 1000.0 × 280.0²

= 1.616.E+08 mm^4 > $I_{t(req)}$ = 4.404.E+07 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면15 :** 단면위치 : 74,3/4지점 (교번구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Pannel의 수 : n = 5
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 2500.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2400.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 18 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 200 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 20 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 200 / 16 = 12.5 mm < 20 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2400 ×18) / (10 ×5) = 864.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 200 ×20 = 4000.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 20 × 200³ = 5.333.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \dfrac{I_1}{\dfrac{bt^3}{10.92}}$ = 53333333 / (2400 × 18³ / 10.92) = 41.610
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 3.802

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 1.042 < α_0 = 3.802

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \dfrac{A_1}{b \cdot t}$ = 4000 / (2400 × 18) = 0.093

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/5)² + 0.13 (0/5) + 1.0 = 1.00

  ∵ ϕ = (f_1-f_2)/f_1 ≒ 0

  여기서, f_1,f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2400}{22 \times 1 \times 5} = 21.818$ mm > t = 18 이고, $\alpha \le \alpha_o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 30.899$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 3.960.E+07 < $I_1 =$ 5.333.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (200) / 10.1 = 19.8 mm

b/10.1 ≤ t 이므로 허용응력은 다음과 같다.

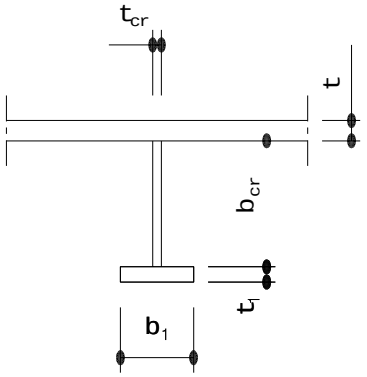
∴ fsca = 230.0 MPa

fsca = 230.0 MPa > fsc = 183.3 MPa O.K

fsc : 사용하중상태의 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향 리브의 설계 (SM400 사용)

- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 250 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm



① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)} = b\ t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n\gamma 1^*) / 4\alpha^3\} =$ 4.404.E+07 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

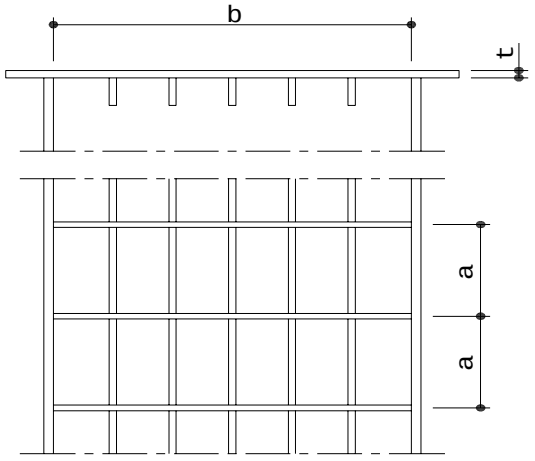
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

= 1/3 × 12 × 250³ + 100.0 × 10.0³ /12 + 1000.0 × 255.0²

= 1.275.E+08 mm^4 > $I_{t(req)}$ = 4.404.E+07 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면16 :** 단면위치 : 76,1/4지점 (교번구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Pannel의 수 : n = 5
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 2500.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2400.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 14 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 180 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 16 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 180 / 16 = 11.25 mm < 16 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2400 ×14) / (10 ×5) = 672.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 180 ×16 = 2880.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 16 × 180³ = 3.110.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \dfrac{I_1}{\dfrac{bt^3}{10.92}}$ = 31104000 / (2400 × 14³ / 10.92) = 51.576
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 4.011

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 1.042 < α_0 = 4.011

- 종방향 리브 1개의 단면적비 : $\delta_1 = \dfrac{A_1}{b \cdot t}$ = 2880 / (2400 × 14) = 0.086

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/5)² + 0.13 (0/5) + 1.0 = 1.00

  ∵ ϕ = (f_1-f_2)/f_1 ≒ 0

  여기서, f_1,f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2400}{22 \times 1 \times 5} = 21.818$ mm > t = 14 이고, $\alpha \le \alpha_o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 30.152$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 1.818.E+07 < $I_1 =$ 3.110.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (180) / 10.1 = 17.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

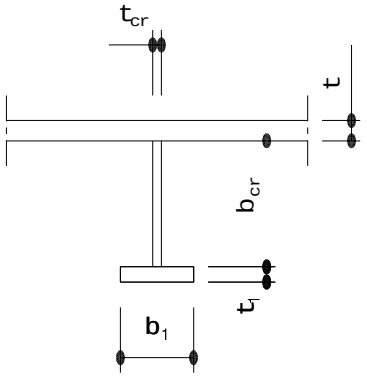
∴ fsca = 24000 x (t / b)^2 = 24000x(16/180)^2 = 189.6 MPa

fsca = 189.6 MPa > fsc = 117.1 MPa O.K

fsc : 사용하중상태의 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향 리브의 설계 (SM400 사용)

- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 255 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm



① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)}$ = b t^3 / 10.92 · {(1 + n γ1*) / 4α^3 } = 2.022.E+07 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

= 1/3 × 12 × 255^3 + 100.0 × 10.0^3 /12 + 1000.0 × 260.0^2

= 1.339.E+08 mm^4 > $I_{t(req)}$ = 2.022.E+07 mm^4 O.K

7.2 복부판 보강재 설계

◎ 검토단면 **단면11 :** 단면위치 : 17,J지점 (이중합성구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -168.7 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 69.9 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3100 mm
- 복부판의 두께 : t = 18 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 3100 = 0.806 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.533 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (3100/2500)^2 =$ 12.301

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (3100 \times 18^3 / 10.92) \times 12.301 = 20{,}365{,}590\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 3100/30 + 50 = 153.3 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3100 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 180.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 11.250 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

$\gamma = 30.0 \times (a/b) = 30.0 \times (2500/3100) =$ 24.194

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (3100 \times 18^3 / 10.92) \times 24.194 = 4.01E+07\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 180³ × 2 = 4.67E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 350 mm 및 900 mm

설치위치 에서의 복부높이 b는 하부콘크리트 두께 600 mm 를 제외한 높이 임.

◎ 검토단면　　단면10 : 단면위치 :　　69,3/4지점　　(이중합성구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수　　: n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력　　: f = -150.1 MPa
- 복부판의 전단응력　　: υ = 65.0 MPa
- 사용 수직보강재의 폭　　: b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께　　: t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2976 mm
- 복부판의 두께　　: t = 16 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2976 = 0.840 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.656 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (2976/2500)^2 =$ 11.336

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (2976 \times 16^3 / 10.92) \times 11.336 = 12{,}654{,}065\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2976/30 + 50 = 149.2 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2976 mm
- 사용 수평보강재의 폭　　: b_{hs} = 160.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께　　: t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 10.000 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/2976) = 25.202

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (2976 \times 16^3 / 10.92) \times 25.202 = 2.81E{+}07\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 160³ × 2 = 3.28E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 348.04 mm 및 894.96 mm

설치위치 에서의 복부높이 b는 하부콘크리트 두께 490 mm 를 제외한 높이 임.

◎ **검토단면** **단면12 :** 단면위치 : 72,1/4지점 (이중합성구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -158.6 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 55.5 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 2938 mm
- 복부판의 두께 : t = 16 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2938 = 0.851 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.471 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (2938/2500)^2 = 11.049$

$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma$ = (2938 ×16³ / 10.92) ×11.049 = 12,176,208 mm⁴

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2938/30 + 50 = 147.9 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 2938 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 160.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 10.000 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

$\gamma = 30.0 \times (a/b) = 30.0 \times (2500/2938) = 25.528$

$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma$ = (2938 ×16³ / 10.92) ×25.528 = 2.81E+07 mm⁴

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 160³ × 2 = 3.28E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 337.12 mm 및 866.88 mm

설치위치 에서의 복부높이 b는 하부콘크리트 두께 530 mm 를 제외한 높이 임.

◎ **검토단면** **단면9 :** 단면위치 : 68,J지점 (교번구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -178.2 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 62.5 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3320 mm
- 복부판의 두께 : t = 16 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 3320 = 0.753 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.84 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (3320/2500)^2 = 14.109$

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (3320 \times 16^3 / 10.92) \times 14.109 = 17{,}569{,}995\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 3320/30 + 50 = 160.7 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3320 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 160.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 10.000 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/3320) = 22.59

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (3320 \times 16^3 / 10.92) \times 22.59 = 2.81E+07\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 160³ × 2 = 3.28E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 464.8 mm 및 1195.2 mm

◎ **검토단면** **단면14 :** 단면위치 : 73,J지점 (교번구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -167.9 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 51.8 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 2833 mm
- 복부판의 두께 : t = 16 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2833 = 0.882 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.375 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (2833/2500)^2 = 10.273$

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(2833 } \times 16^3 \text{ / 10.92) } \times 10.273 = 10{,}916{,}444 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2833/30 + 50 = 144.4 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 2833 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 160.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 10.000 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

$\gamma = 30.0 \times (a/b) = 30.0 \times (2500/2833) = 26.474$

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(2833 } \times 16^3 \text{ / 10.92) } \times 26.474 = 2.81\text{E+07 mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 160³ × 2 = 3.28E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 396.62 mm 및 1019.88 mm

◎ **검토단면** **단면7 :** 단면위치 : 67,1/4지점 (교번구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -98.4 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 56.0 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3088 mm
- 복부판의 두께 : t = 16 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 3088 = 0.810 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.5 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0 (3088/2500)^2 =$ 12

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(3088 } \times 16^3 \text{ / 10.92) } \times 12.206 = 14{,}138{,}000 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 3088/30 + 50 = 152.9 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3088 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 160.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 10.000 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

$\gamma = 30.0 \times (a/b) = 30.0 \times (2500/3088) =$ 24

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(3088 } \times 16^3 \text{ / 10.92) } \times 24.288 = 2.81E+07 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 160³ × 2 = 3.28E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 432.32 mm 및 1111.68 mm

◎ **검토단면** **단면16 :** 단면위치 : 76,1/4지점 (교번구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -79.3 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 56.0 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 2514 mm
- 복부판의 두께 : t = 12 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2514 = 0.994 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.9 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

γ = $8.0(b/a)^2$ = 8.0 (2514/2500)² = 8.1

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma =$$ (2514 ×12³ / 10.92) ×8.09 = 3,218,362 mm⁴

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2514/30 + 50 = 133.8 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 2514 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 160.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 10.000 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/2514) = 30

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma =$$ (2514 ×12³ / 10.92) ×29.833 = 1.19E+07 mm^4

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 160³ × 2 = 3.28E+07 mm^4 > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 351.96 mm 및 905.04 mm

◎ 검토단면　　단면4 : 단면위치 :　61,1/4지점　(정모멘트구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -249.4 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 15.8 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3000 mm
- 복부판의 두께 : t = 12 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 3000 = 0.833 ≤ 3.0 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.366 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0 (3000/2500)^2 =$ 11.52

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(3000 ×12³ / 10.92) ×11.52 = 5,468,835 mm⁴}$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= #### mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 3000/30 + 50 = 150.0 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3000 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 150.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 9.380 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

$\gamma = 30.0 \times (a/b) = 30.0 \times (2500/3000) =$ 25

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(3000 ×12³ / 10.92) ×25 = 1.19E+07 mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 150³ × 2 = 2.70E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 420 mm 및 1080 mm

◎ **검토단면** **단면17 :** 단면위치 : 80,2/4지점 (정모멘트구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -181.7 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 13.8 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 2500 mm
- 복부판의 두께 : t = 12 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2500 = 1.000 ≤ 3.0 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.116 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (2500/2500)^2 =$ 8

$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma =$ (2500 ×12³ / 10.92) ×8 = 3,164,835 mm⁴

$I_{(used)} =$ ⅓ × 16 × 200³

= #### mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2500/30 + 50 = 133.3 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 2500 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 150.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 9.380 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

$\gamma = 30.0 \times (a/b) = 30.0 \times (2500/2500) =$ 30

$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma =$ (2500 ×12³ / 10.92) ×30 = 1.19E+07 mm^4

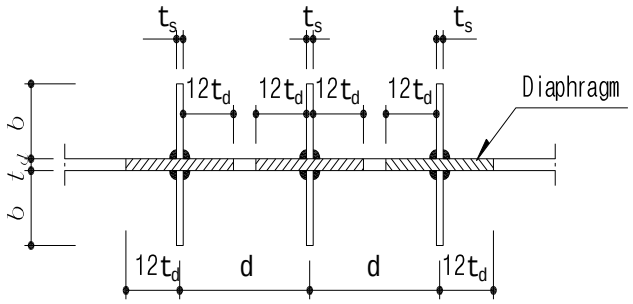
$I_{(used)} =$ ⅓ × 12 × 150³ × 2 = 2.70E+07 mm^4 > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 350 mm 및 900 mm

7.3 지점보강재 설계

◎ 검토단면 **단면1 :** 단면위치 : 56,1/4지점



- 사용 강종 : HSB500
- 최대지점반력 : R_{max} = 4310.284 kN
- 보강재의 폭 : b = 250.0 mm
- 보강재 각도 : α = 90.0 °
- 보강재의 길이 : l = 3000.0 mm
- 계산 각도 : Θ = 0.0 °
- 보강재의 두께 : t_s= 24.0 mm > ts_{min} = b / 16 = 15.6 mm O.K
- 보강재의 설치간격 : d = 300.0 mm
- 보강재의 사용열수 : n = 2 EA
- Diaphragm의 두께 : t_d= 16.0 mm

  d = 300.0 mm < $24t_d$ = 384.0 mm 이므로
- 단면유효폭: Be = 2 · 12td + 1 · d = 684.0 mm (☞ 도.설 3.8.7.2)
- 보강재의 단면적: As = 250 ×24 ×4 = 24000 mm^2
- 유효단면적: Ae = 684 ×16 + 24000 = 34944 mm^2 < 1.7As = 40800 mm^2

  따라서, 유효단면적 Ae = 34944 mm^2 (☞ 도.설 3.8.7.1)
- Diaphragm 중심선 둘레의 단면2차모멘트:

$$I = Be \cdot t_d^3 / 12 + \{ t_s \cdot b/12 \times ((b \cdot \cos\Theta)^2 + (t_s \cdot \sin\Theta)^2) + t_s \times b \times (b/2 \cdot \cos\Theta + t_d/2)^2 \} \times 2 \cdot n$$

$$= 684 \times 16^3 / 12 + \{ 24 \times 250 / 12 \times ((250 \times \cos 0.000)^2 + (24 \times \sin 0.000)^2) + 24 \times 250 \times (250 / 2 \times \cos 0.000 + 16 / 2)^2 \} \times 4 = 549769472 \ mm^4$$

- 단면2차반경: $r = \sqrt{\frac{I}{Ae}} =$ 125.431 mm
- 유효좌굴길이: le = 1/2 · l = 1500.0 mm

1) 허용축방향 압축응력 검토 (☞ 도.설 3.3.2.1)

: 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력, fcag

le/r = 12.0 ⇒ le/r < 14.6 이므로,

⇒ fcag = 230.0 MPa

: 국부좌굴에 대한 허용응력, fcal

b/10.1 = (250) / 10.1 24.8 ⇒ b/16 ≤ t < b/10.1 이므로,

⇒ fcal = 221.2 MPa

: 국부좌굴을 고려 않은 허용축방향 압축응력 상한값, fcao

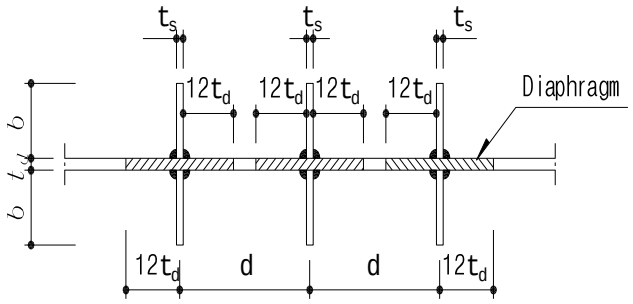
⇒ fcao = 230.0 MPa

: 허용축방향 압축응력, fca

fca = fcag · fcal / fcao = 221.2 MPa fca = 221.2 MPa

fc = Rmax / Ae = 123.3 MPa < fca = 221.2 MPa O.K

◎ 검토단면 **단면11 :** 단면위치 : 17,J지점



- 사용 강종 : HSB500
- 최대지점반력 : R_{max} = 13821.680 kN
- 보강재의 폭 : b = 350.0 mm - 보강재 각도 : α = 90.0 °
- 보강재의 길이 : l = 3700.0 mm - 계산 각도 : Θ = 0.0 °
- 보강재의 두께 : t_s= 36.0 mm > ts_{min} = b / 16 = 21.9 mm O.K
- 보강재의 설치간격 : d = 300.0 mm - 보강재의 사용열수 : n = 2 EA
- Diaphragm의 두께 : t_d= 26.0 mm

  d = 300.0 mm < $24t_d$ = 624.0 mm 이므로
- 단면유효폭: Be = 2·12td + 1·d = 924.0 mm (☞ 도.설 3.8.7.2)
- 보강재의 단면적: As = 350 ×36 ×4 = 50400 mm^2
- 유효단면적: Ae = 924 ×26 + 50400 = 74424 mm^2 < 1.7As = 85680 mm^2

  따라서, 유효단면적 Ae = 74424 mm^2 (☞ 도.설 3.8.7.1)
- Diaphragm 중심선 둘레의 단면2차모멘트:

$$I = Be \cdot t_d^3 /12 + \{ t_s \cdot b/12 \times ((b \cdot \cos\Theta)^2 + (t_s \cdot \sin\Theta)^2) + t_s \times b \times (b/2 \cdot \cos\Theta + t_d/2)^2 \} \times 2 \cdot n$$

$$= 924 \times 26^3 / 12 + \{ 36 \times 350 / 12 \times ((350 \times \cos 0.000)^2 + (36 \times \sin 0.000)^2) + 36 \times 350 \times (350/2 \times \cos 0.000 + 26/2)^2 \} \times 4 = 2297190952 \ mm^4$$

- 단면2차반경: $r = \sqrt{\frac{I}{Ae}} =$ 175.688 mm
- 유효좌굴길이: le = 1/2·l = 1850.0 mm

1) 허용축방향 압축응력 (☞ 도.설 3.3.2.1)

: 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력, fcag

le/r = 10.5 ⇒ le/r < 14.6 이므로,

⇒ fcag = 230.0 MPa

: 국부좌굴에 대한 허용응력, fcal

b/10.1 = (350) / 10.1 34.7 ⇒ b/10.1 ≤ t 이므로,

⇒ fcal = 230.0 MPa

: 국부좌굴을 고려 않은 허용축방향 압축응력 상한값, fcao

⇒ fcao = 230.0 MPa

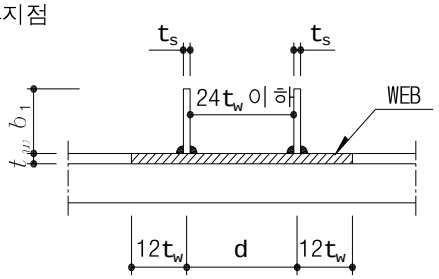
: 허용축방향 압축응력, fca

fca = fcag ·fcal / fcao = 230.0 MPa fca = 230.0 MPa

fc = Rmax / Ae = 185.7 MPa < fca = 230.0 MPa O.K

7.4 잭업보강재 설계

◎ 교대부검토 단면1 : 단면위치 : 56,1/4지점



- 사용 강종 : HSB500
- 최대지점반력 : Rd= 3244.312 kN
  RI= 1561.128 kN
- 보강재의 폭 : b = 200.0 mm
- 보강재의 길이 : l = 1350.0 mm
- 보강재의 두께 : t_s= 20.0 mm > tsmin = b / 16 = 12.500 mm 0.K
- 보강재의 설치간격 : d = 200.0 mm (☞ 도.설 3.8.7.2)
- 보강재의 사용열수 : n = 2 EA
- Web의 두께 : tw= 12.0 mm
- SHOE 1개소당 JACK UP장치 설치개소: 2 개소

※ 교좌받침 교체를위한 보강부재의 설계시 설계반력은 평상시 지점반력을 할증한 값(Rd + 1.5 RI) 으 검토한다. (☞ 강.상.세 2006 3.4.3)

- 작용하중: P = (3244.31206 + 1.5 × 1561.128) / 2 = 2793.002 kN
- 단면유효폭: d = 200.0 mm < 24tw = 288.0 mm 이므로
  Be = 2·12tw + 1·d = 488.0 mm
- 보강재의 단면적: As = 200 ×20 ×2 = 8000 mm^2
- 유효단면적: Ae = 488 ×12 + 8000 = 13856.0 mm^2 > 1.7As = 13600 mm^2
  따라서, 유효단면적 Ae = 13600 mm^2 (☞ 도.설 3.8.7.1)
- 중립축의 위치:
  Yo = Σ(A·y) / ΣA{ 2 ×(4000 ×112) + 5856 ×6 } / 13600 = 68.466 mm
- 중립축 둘레의 단면2차모멘트:
  I = 488 ×12^3 / 12 + 5856 ×62.466^2 +(20 ×200^3 / 12 + 4000 × 43.534^2) ×2
  = 64748730.7 mm^4
- 단면2차반경: $r=\sqrt{\frac{I}{Ae}}=$ 69.0 mm
- 유효좌굴길이: le = 1/2·l = 675 mm

1) 허용축방향 압축응력 (25% 할증 적용) (☞ 도.설 3.3.2.1)

: 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력, fcag

le/r = 9.8 ⇒ le/r < 14.6 이므로,
⇒ fcag = 287.5 MPa

: 국부좌굴에 대한 허용응력, fcal

b/10.1= (200) / 10.1 = 19.8 ⇒ b/10.1 ≤ t 이므로,
⇒ fcal = 287.5 MPa

: 국부좌굴을 고려 않은 허용축방향 압축응력 상한값, fcao

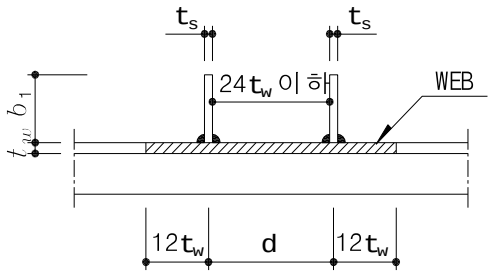
⇒ fcao = 287.5 MPa

: 허용축방향 압축응력, fca

fca = fcag ·fcal / fcao = 287.5 MPa fca = 287.5 MPa

fc = Rmax / Ae = 205.4 MPa < fca = 287.5 MPa 0.K

◎ **교각부검토** 단면11 : 단면위치 : 17,J지점



- 사용 강종 : HSB500
- 최대지점반력 : Rd= 10139.730 kN
  RI= 3334.346 kN
- 보강재의 폭 : b = 200.0 mm
- 보강재의 길이 : l = 1600.0 mm
- 보강재의 두께 : t_s= 28.0 mm > tsmin = b / 16 = 12.500 mm 0.K
- 보강재의 설치간격 : d = 200.0 mm (☞ 도.설 3.8.7.2)
- 보강재의 사용열수 : n = 2 EA
- Web의 두께 : tw= 18.0 mm
- SHOE 1개소당 JACK UP장치 설치개소: 4 개소

※ 교좌받침 교체를위한 보강부재의 설계시 설계반력은 평상시 지점반력을 할증한 값(Rd + 1.5 RI) 으 검토한다. (☞ 강.상.세 2006 3.4.3)

- 작용하중: P = (10139.7296 + 1.5 × 3334.346) / 4 = 3785.312 kN
- 단면유효폭: d = 200.0 mm < 24tw = 432.0 mm 이므로
  Be = 2 · 12tw + 1 · d = 632.0 mm
- 보강재의 단면적: As = 200 ×28 ×2 = 11200 mm^2
- 유효단면적: Ae = 632 ×18 + 11200 = 22576.0 mm^2 > 1.7As = 19040 mm^2
  따라서, 유효단면적 Ae = 19040 mm^2 (☞ 도.설 3.8.7.1)
- 중립축의 위치:
  Yo = Σ(A · y) / ΣA{ 2 ×(5600 ×118) + 11376 ×9 } / 19040 = 74.789 mm
- 중립축 둘레의 단면2차모멘트:
  I = 632 ×18^3 / 12 + 11376 ×65.789^2 +(28 ×200^3 / 12 + 5600 × 43.211^2) ×2
  = 107790537.3 mm^4
- 단면2차반경: $r = \sqrt{\frac{I}{Ae}} =$ 75.2 mm
- 유효좌굴길이: le = 1/2 · l = 800 mm

1) 허용축방향 압축응력 (25% 할증 적용) (☞ 도.설 3.3.2.1)

: 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력, fcag

le/r = 10.6 ⇒ le/r < 14.6 이므로,
⇒ fcag = 287.5 MPa

: 국부좌굴에 대한 허용응력, fcal

b/10.1= (200) / 10.1 = 19.8 ⇒ b/10.1 ≤ t 이므로,
⇒ fcal = 287.5 MPa

: 국부좌굴을 고려 않은 허용축방향 압축응력 상한값, fcao

⇒ fcao = 287.5 MPa

: 허용축방향 압축응력, fca

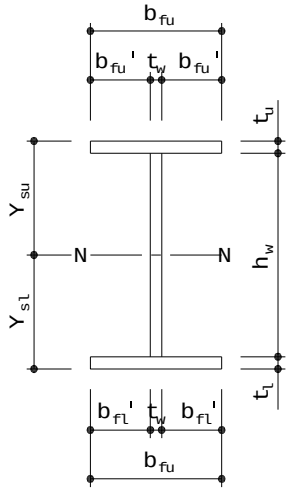
fca = fcag · fcal / fcao = 287.5 MPa fca = 287.5 MPa

fc = Rmax / Ae = 198.8 MPa < fca = 287.5 MPa 0.K

8. 가로보 및 세로보 설계

8.1 세로보 설계

[1STR01]



▪ 단 면 제 원 (단위:mm)

사용강재	b_{fu}	b_{fu}'	b_{fl}	b_{fl}'	h_w	t_{fu}	t_w	t_{fl}
SM400B	300.0	144.0	300.0	144.0	1,000.0	12.0	12.0	12.0

바닥판 두께 : t_s = 240.0 mm 가로보간격 : B_f = 3,000.0 mm

포장두께 : t_p = 50.0 mm 가로보지간 : L = 5,600.0 mm

▪ 부재 검토 (☞ 도.설.해 3.8.4.1) (단위:mm)

복부판 두께 검토			상판 두께 검토			하판 두께 검토		
필 요	사용	판정	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정
h_w / 150 = 6.7	12	O.K	b_{fu}' / 16 = 9.0	12	O.K	b_{fl}' / 16 = 9.0	12	O.K

▪ 하중 관련

콘크리트 (kN/m^3)	포 장 (kN/m^3)	강 재 (kN/m^3)	강재 할증	차륜하중(kN)		탱크하중		트레일러	
				P_r	P_f	P_{tk}(kN/m)	B_{tk}(mm)	P_2(kN/m)	B_2(mm)
25.00	23.50	78.50	1.2712	96.00	24.00	0.000	0.0	0.000	0.0

▪ 도심 산정

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm^3)	$A_s \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	506.0	1.822E+06	9.217E+08	4.320E+04
WEB	1 - 1,000.0 × 12.0	12,000.0	-	-	-	1.000E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-506.0	-1.822E+06	9.217E+08	4.320E+04
합 계		19,200.0	-	0.000E+00	1.843E+09	1.000E+09

$I_x' = \sum A_s \cdot Y^2 + \sum I_{xo}$ = 1,843,459,200.0 + 1,000,086,400.0 = 2.844E+09 mm^4

$\delta_y = \sum A_s \cdot Y / \sum A_s$ = 0.0 / 19,200.0 = 0.000 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 2,843,545,600.0 - 19,200.0 × 0.0^2 = 2.844E+09 mm^4

$y_{su} = h_w / 2 + t_{fu} - \delta_y$ = 1,000.0/2+12.00-0.0 = 512.000 mm

$y_{sl} = h_w / 2 + t_{fl} + \delta_y$ = 1,000.0/2+12.00-0.0 = 512.000 mm

1) 관 용 해 석

(1) 작용 하중 산정

① 고 정 하 중

슬 래 브 : 0.240 × 25.0 = 6.000 kN/m^2

포 장 : 0.050 × 23.5 = 1.175 kN/m^2

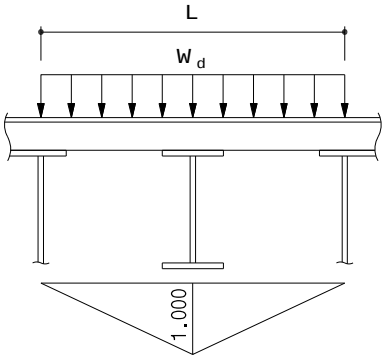
$\sum$ = 7.175 kN/m^2

강재 자중 : 0.019 × 78.5 = 1.507 kN/m

강재 할증 : 1.507 × 1.2712 = 1.916 kN/m

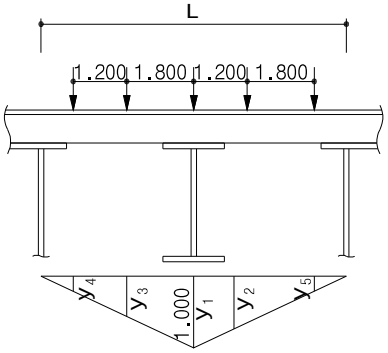
영향선 면적 : 5.600 × 1.000 / 2 = 2.800 m^2

∴ W_d = 7.175 × 2.800 + 1.916 × 1.000 = 22.006 kN/m



② 활 하 중

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



작용 활하중 수 : n = 3

활하중 작용점과 세로보 중심간의 거리 및 영향선 종거

x_1 = 0.0 mm ⇒ y_1 = 1.000

x_2 = 1,200.0 mm ⇒ y_2 = 0.571

x_3 = 1,800.0 mm ⇒ y_3 = 0.357

Σy = 1.929

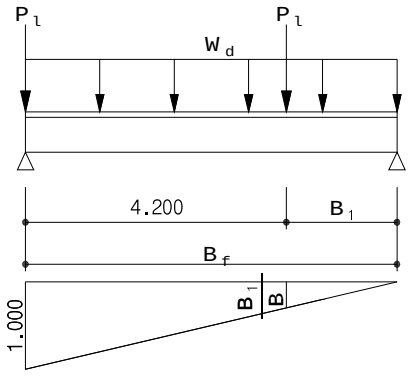
∴ $P_l = P_r \cdot \Sigma y$ = 96.0 × 1.929 = 185.143 kN/m

충격 계수

i = 15 / (40 + 3.000) = 0.349 > 0.300 ∴ i = 0.300

(2) 전단력 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 고정하중에 의한 전단력

$V_d = W_d \cdot B_f/2$ = 22.006 × 3.000 / 2 = 33.009 kN

▪ 활하중에 의한 전단력(충격계수 포함)

$B_1 = B_f - 4.200$ = 3.000 - 4.200 = 0.000 m

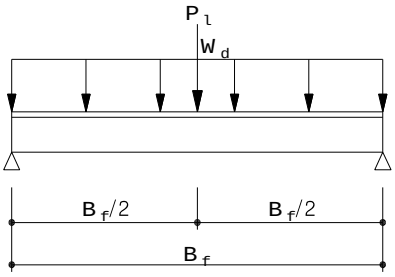
$V_{Li} = P_l \cdot (1 + B_1/B_f) \times (1 + i)$

= 185.143×(1+0.000/3.000)×(1+0.300) = 240.686 kN

∴ $V_t = V_d + V_{Li}$ = 33.009 + 240.686 = 273.695 kN

(3) 모멘트 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 고정하중에 의한 모멘트

$M_d = W_d \cdot B_f^2/8$ = 22.006 × 3.000² / 8 = 24.757 kN·m

▪ 활하중에 의한 모멘트(충격계수 포함)

$M_{Li} = P_l \cdot B_f \cdot i/4$ = 185.143×3.000/4×(1+0.300) = 180.514 kN·m

$M_t = M_d + M_{Li}$ = 24.757 + 180.514 = 205.271 kN·m

2) 격 자 해 석

[3D Frame 해석결과]

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	합 계
		강재자중	슬래브 자중				
모 멘 트	kN·m	1.878	55.001	9.633	143.285	0.098	209.896
전 단 력	kN	-2.743	-62.437	-10.760	-200.412	-0.074	-276.426

Frame 해석결과 : V_{max} = 276.426 kN , M_{max} = 209.896 kN·m (OutPut 참조)- 부재번호 215

3) 결 과 비 교

관용해석에서 나온 부재력과 Frame 해석에서 나온 부재력 중 불리한 값을 설계에 적용함.

계산적용부재력 : V_{max} = 276.426 kN , M_{max} = 209.896 kN·m

4) 단 면 검 토

▪ 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력 (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 상부 플랜지

b_{fu}' / 12.9 = 11.2 ㎜ ≤ t_{fu} = 12.0 ㎜

⇒① f_{ca} = 140.0 MPa

b_{fu}' / 16.0 = 9.0 ㎜ ≤ t_{fu} = 12.0 ㎜ ≥ b_{fu}' / 12.9 = 11.2 ㎜

⇒① $f_{ca} = 24{,}000\ (t_{fu}/b_{fu}')^2$ = 166.7 MPa

- 하부 플랜지

b_{fl}' / 12.9 = 11.2 ㎜ ≤ t_{fl} = 12.0 ㎜

⇒① f_{ca} = 140.0 MPa

b_{fl}' / 16.0 = 9.0 ㎜ ≤ t_{fl} = 12.0 ㎜ ≥ b_{fl}' / 12.9 = 11.2 ㎜

⇒① $f_{ca} = 24{,}000\ (t_{fl}/b_{fl}')^2$ = 166.7 MPa

▪ 허용 휨 압축응력 (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.4)

- 상부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (㎟)	⇒	12,000.0 ㎟	A_w/A_c = 3.333 > 2.0
A_c : 압축플랜지 총단면적 (㎟)	⇒	3,600.0 ㎟	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (㎜)	⇒	3,000.0 ㎜	
b_{fu} : 압축플랜지 폭 (㎜)	⇒	300.0 ㎜	
$K = \sqrt{(3 + (A_w/2A_c))}$	⇒	2.160	

4.6 < L / b_{fu} = 3,000.0 / 300.0 = 10.0 ≤ 30.0

⇒② f_{ca} = 140.0 − 2.49 $(L/b_{fu} - 4.6)$ = 140.0 − 2.49×(3,000.0/300.0 − 4.6) = 126.6 MPa

10/K = 4.6 < L / b_{fu} = 3,000.0 / 300.0 = 10.0 ≤ 25.0

⇒② f_{ca} = 260.0 − 3.30 $(K \cdot L/b_{fu} - 10.0)$ = 260.0−3.30×(2.160×3,000.0/300.0−10.0) = 221.7 MPa

- 하부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (㎟)	⇒	12,000.0 ㎟	A_w/A_c = 3.333 > 2.0
A_c : 압축플랜지 총단면적 (㎟)	⇒	3,600.0 ㎟	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (㎜)	⇒	3,000.0 ㎜	
b_{fl} : 압축플랜지 폭 (㎜)	⇒	300.0 ㎜	
$K = \sqrt{(3 + (A_w/2A_c))}$	⇒	2.160	

4.6 < L / b_{fl} = 3,000.0 / 300.0 = 10.0 ≤ 30.0

⇒② f_{ca} = 140.0 − 2.49 $(L/b_{fl} - 4.6)$ = 140.0 − 2.49×(3,000.0/300.0 − 4.6) = 126.6 MPa

10/K = 4.6 < L / b_{fl} = 3,000.0 / 300.0 = 10.0 ≤ 25.0

⇒② f_{ca} = 260.0 − 3.30 $(K \cdot L/b_{fl} - 10.0)$ = 260.0−3.30×(2.160×3,000.0/300.0−10.0) = 221.7 MPa

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우에는 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

f_{ca} = 140.0 MPa , f_{ta} = 140.0 MPa (상부 플랜지) (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1)

υ_a = 80.0 MPa (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5)

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우에는 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

f_{ca} = 140.0 MPa , f_{ta} = 140.0 MPa (하부 플랜지) (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1)

υ_a = 80.0 MPa (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5)

▪ 응 력 검 토

$\upsilon = V_u / A_w$ = 276,425.7 / (1,000.0 × 12.0)

υ = 23.035 MPa ≤ υ_a = 80.0 MPa ····· **O.K !!**

$f_u = M_u \cdot y_{su} / I_{33}$ = 209,895,635.5 × 512.0 / 2,843,545,600.0

f_u = 37.793 MPa ≤ f_{ca} = 140.0 MPa (상부 플랜지 압축인 경우) ····· **O.K !!**

f_u = 37.793 MPa ≤ f_{ta} = 140.0 MPa (상부 플랜지 인장인 경우) ····· **O.K !!**

$f_l = M_u \cdot y_{sl} / I_{33}$ = 209,895,635.5 × 512.0 / 2,843,545,600.0

f_l = 37.793 MPa ≤ f_{ta} = 140.0 MPa (하부 플랜지 인장인 경우) ····· **O.K !!**

f_l = 37.793 MPa ≤ f_{ca} = 140.0 MPa (하부 플랜지 압축인 경우) ····· **O.K !!**

▪ 합성응력 검토

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 \leq 1.2$$ ····· **O.K !!**

[상부 플랜지 인장, 하부 플랜지 압축]

$(\frac{37.793}{140.000})^2 + (\frac{23.035}{80.000})^2$ = 0.073 + 0.083 = 0.156 ≤ 1.2 ····· **O.K !!**

[상부 플랜지 압축, 하부 플랜지 인장]

$(\frac{37.793}{140.000})^2 + (\frac{23.035}{80.000})^2$ = 0.073 + 0.083 = 0.156 ≤ 1.2 ····· **O.K !!**

[수직보강재를 생략할 수 있는 플랜지 순간격의 최대치] (☞ 도.설 해 3.8.5.1 표3.8.5)

71 t_w = 852.0 mm < h_w = 1,000.0 mm **수직보강재 필요**

▪ 공통 입력 사항

사용강재	단 위 중 량 (kN/m³)			강재할증	차륜하중 (kN)		차륜하중제원(mm)	
	콘크리트	포장	강재		P_r	P_f	L_1	B_1
SM400B	25.00	23.50	78.50	1.27120	96.00	24.00	4,200	1,800

▪ 단면 제원 (단위:mm)

구 분	b_{fu}	b_{fu}'	b_{fl}	b_{fl}'	h_w	t_{fu}	t_w	t_{fl}	I_{33}	y_{su}	y_{sl}
1STR01	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR02	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR03	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR04	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR05	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR06	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR07	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR08	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR09	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR10	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR11	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR12	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR13	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR14	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR15	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR16	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR17	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR18	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR19	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR20	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR21	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR22	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR23	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR24	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR25	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR26	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR27	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR28	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR29	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR30	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR31	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR32	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR33	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR34	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR35	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR36	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR37	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR38	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR39	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR40	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR41	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR42	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR43	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR44	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR45	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR46	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR47	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR48	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR49	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR50	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR51	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR52	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0
1STR53	300	144.0	300	144.0	1,000	12.0	12.0	12.0	2.844E+09	512.0	512.0

▪ 기타 제원 (단위:㎜)

구 분	바닥판두께 t_s	포장두께 t_p	가로보 간격		가로보지간 L	비 고
			B_f	B_r		
1STR01	240.0	50.0	3,000.0	-	5,600.0	
1STR02	240.0	50.0	4,000.0	-	5,600.0	
1STR03	240.0	50.0	4,000.0	-	5,600.0	
1STR04	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR05	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR06	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR07	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR08	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR09	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR10	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR11	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR12	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR13	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR14	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR15	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR16	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR17	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR18	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR19	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR20	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR21	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR22	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR23	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR24	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR25	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR26	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR27	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR28	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR29	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR30	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR31	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR32	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR33	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR34	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR35	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR36	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR37	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR38	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR39	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR40	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR41	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR42	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR43	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR44	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR45	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR46	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR47	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR48	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR49	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR50	240.0	50.0	5,000.0	-	5,600.0	
1STR51	240.0	50.0	4,000.0	-	5,600.0	
1STR52	240.0	50.0	4,000.0	-	5,600.0	
1STR53	240.0	50.0	3,000.0	-	5,600.0	

▪ 부재 검토 (단위:㎜)

구 분	복부판 두께 검토			상판 두께 검토			하판 두께 검토		
	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정
1STR01	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR02	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR03	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR04	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR05	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR06	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR07	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR08	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR09	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR10	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR11	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR12	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR13	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR14	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR15	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR16	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR17	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR18	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR19	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR20	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR21	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR22	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR23	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR24	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR25	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR26	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR27	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR28	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR29	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR30	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR31	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR32	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR33	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR34	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR35	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR36	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR37	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR38	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR39	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR40	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR41	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR42	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR43	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR44	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR45	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR46	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR47	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR48	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR49	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR50	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR51	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR52	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1STR53	h_w / 150 = 6.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K

1) 관 용 해 석

▪ 작용 하중 산정

구 분	고 정 하 중 (kN/m)					활 하 중 (kN)			
	슬래브	포 장	강재자중	영향선면적	W_d	하중수	종 거	P_r	충격계수
1STR01	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR02	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR03	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR04	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR05	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR06	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR07	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR08	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR09	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR10	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR11	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR12	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR13	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR14	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR15	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR16	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR17	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR18	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR19	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR20	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR21	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR22	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR23	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR24	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR25	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR26	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR27	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR28	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR29	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR30	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR31	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR32	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR33	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR34	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR35	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR36	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR37	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR38	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR39	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR40	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR41	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR42	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR43	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR44	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR45	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR46	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR47	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR48	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR49	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR50	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR51	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR52	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300
1STR53	6.000	1.175	1.916	2.800	22.006	3.0	1.929	185.143	0.300

▪ 관용해석에 의한 전단력 산정 (단위:kN)

구 분	단위	고정하중 재하시	활하중 재하시	탱크하중 재하시	트레일러하중 재하시	V_t	비 고
1STR01	kN	33.009	144.411	0.000	0.000	177.420	
1STR02	kN	44.012	228.651	0.000	0.000	272.663	
1STR03	kN	44.012	228.651	0.000	0.000	272.663	
1STR04	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR05	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR06	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR07	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR08	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR09	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR10	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR11	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR12	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR13	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR14	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR15	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR16	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR17	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR18	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR19	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR20	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR21	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR22	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR23	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR24	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR25	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR26	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR27	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR28	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR29	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR30	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR31	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR32	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR33	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR34	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR35	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR36	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR37	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR38	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR39	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR40	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR41	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR42	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR43	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR44	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR45	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR46	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR47	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR48	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR49	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR50	kN	55.015	279.195	0.000	0.000	334.210	
1STR51	kN	44.012	228.651	0.000	0.000	272.663	
1STR52	kN	44.012	228.651	0.000	0.000	272.663	
1STR53	kN	33.009	144.411	0.000	0.000	177.420	

▪ 관용해석에 의한 모멘트 산정 (단위:kN·m)

구 분	단위	고정하중 재하시	활하중 재하시	탱크하중 재하시	트레일러하중 재하시	M_t	비 고
1STR01	kN·m	24.757	180.514	0.000	0.000	205.271	
1STR02	kN·m	44.012	240.686	0.000	0.000	284.698	
1STR03	kN·m	44.012	240.686	0.000	0.000	284.698	
1STR04	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR05	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR06	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR07	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR08	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR09	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR10	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR11	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR12	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR13	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR14	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR15	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR16	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR17	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR18	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR19	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR20	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR21	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR22	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR23	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR24	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR25	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR26	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR27	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR28	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR29	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR30	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR31	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR32	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR33	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR34	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR35	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR36	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR37	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR38	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR39	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR40	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR41	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR42	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR43	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR44	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR45	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR46	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR47	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR48	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR49	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR50	kN·m	68.769	300.857	0.000	0.000	369.626	
1STR51	kN·m	44.012	240.686	0.000	0.000	284.698	
1STR52	kN·m	44.012	240.686	0.000	0.000	284.698	
1STR53	kN·m	24.757	180.514	0.000	0.000	205.271	

2) 격 자 해 석

▪ 격자해석에 의한 전단력 해석결과 (단위:kN)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	V_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1STR01	kN	-2.743	-62.437	-10.760	-200.412	-0.074	276.426	215
1STR02	kN	-4.476	-59.317	-14.685	-197.794	-0.065	276.337	216
1STR03	kN	4.213	41.999	12.277	201.678	0.011	260.179	217
1STR04	kN	-4.855	-50.561	-15.529	-224.332	-0.044	295.321	218
1STR05	kN	4.932	48.597	14.666	225.291	0.013	293.499	219
1STR06	kN	-4.979	-49.180	-15.099	-225.181	-0.039	294.479	220
1STR07	kN	-4.948	-47.559	-14.775	-225.039	-0.040	292.361	221
1STR08	kN	4.975	49.214	15.014	224.889	0.028	294.119	222
1STR09	kN	-4.954	-47.808	-14.662	-225.573	-0.076	293.073	223
1STR10	kN	5.087	55.068	15.999	225.572	0.025	301.751	224
1STR11	kN	4.990	53.518	15.714	224.632	0.094	298.948	225
1STR12	kN	5.277	64.842	17.355	226.671	0.002	314.147	226
1STR13	kN	5.270	65.762	17.294	226.226	0.017	314.569	227
1STR14	kN	5.354	63.381	17.252	228.085	0.030	314.102	228
1STR15	kN	-4.986	-57.306	-15.014	-224.571	-0.164	302.041	229
1STR16	kN	4.975	47.312	15.327	226.671	0.044	294.328	230
1STR17	kN	4.835	48.529	14.851	227.013	0.015	295.244	231
1STR18	kN	-3.997	-39.715	-12.153	-206.935	-0.016	262.817	232
1STR19	kN	5.246	52.836	15.582	223.622	0.036	297.322	233
1STR20	kN	5.073	57.467	14.240	222.997	0.030	299.807	234
1STR21	kN	-5.114	-52.079	-14.189	-229.135	-0.230	300.746	235
1STR22	kN	-5.376	-63.126	-17.296	-227.881	-0.050	313.730	236
1STR23	kN	-5.262	-64.930	-17.448	-228.058	-0.055	315.754	237
1STR24	kN	-5.316	-67.059	-17.345	-227.487	-0.109	317.316	238
1STR25	kN	-5.218	-63.065	-16.948	-227.430	-0.128	312.789	239
1STR26	kN	-5.073	-56.590	-15.717	-226.127	-0.144	303.650	240
1STR27	kN	-4.944	-50.875	-14.732	-225.629	-0.142	296.323	241
1STR28	kN	5.067	56.298	15.667	226.143	0.143	303.318	242
1STR29	kN	5.213	62.829	16.899	227.425	0.127	312.493	243
1STR30	kN	5.303	66.761	17.286	227.334	0.108	316.793	244
1STR31	kN	5.274	64.837	17.408	227.787	0.053	315.359	245
1STR32	kN	5.275	62.905	17.251	227.571	0.049	313.050	246
1STR33	kN	5.180	52.183	14.201	228.681	0.234	300.478	247
1STR34	kN	-5.072	-57.113	-14.184	-222.502	-0.030	298.901	248
1STR35	kN	-5.221	-52.537	-15.524	-223.039	-0.037	296.358	249
1STR36	kN	3.983	39.534	12.107	206.670	0.017	262.311	250
1STR37	kN	-4.811	-48.267	-14.769	-226.267	-0.016	294.130	251
1STR38	kN	-4.949	-47.084	-15.250	-225.957	-0.044	293.285	252
1STR39	kN	4.955	56.803	14.911	223.636	0.164	300.468	253
1STR40	kN	-5.318	-62.831	-17.121	-227.146	-0.031	312.447	254
1STR41	kN	-5.232	-65.239	-17.155	-225.123	-0.018	312.767	255
1STR42	kN	-5.237	-64.278	-17.210	-225.524	-0.003	312.252	256
1STR43	kN	-4.948	-52.969	-15.567	-223.397	-0.095	296.976	257
1STR44	kN	-5.045	-54.605	-15.861	-224.341	-0.025	299.878	258
1STR45	kN	4.916	47.502	14.553	224.396	0.075	291.442	259
1STR46	kN	-4.933	-48.801	-14.895	-223.673	-0.027	292.330	260
1STR47	kN	4.906	47.110	14.641	223.882	0.037	290.577	261
1STR48	kN	4.940	48.766	14.964	224.025	0.037	292.731	262
1STR49	kN	-4.891	-48.249	-14.565	-224.054	-0.012	291.772	263
1STR50	kN	4.811	49.991	15.376	223.092	0.042	293.311	264
1STR51	kN	-4.190	-41.927	-12.232	-201.132	-0.010	259.491	265
1STR52	kN	4.452	58.865	14.597	197.634	0.062	275.610	266
1STR53	kN	2.793	62.643	10.809	200.076	0.065	276.386	267

▪ 격자해석에 의한 모멘트 해석결과 (단위:kN·m)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	M_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1STR01	kN·m	1.878	55.001	9.633	143.285	0.098	209.896	215
1STR02	kN·m	3.783	109.653	22.101	161.858	0.322	297.717	216
1STR03	kN·m	4.297	142.055	26.825	173.108	0.470	346.754	217
1STR04	kN·m	5.789	162.337	34.463	203.593	0.598	406.781	218
1STR05	kN·m	5.585	162.868	36.534	209.507	0.742	415.236	219
1STR06	kN·m	5.703	164.342	37.551	211.175	0.871	419.642	220
1STR07	kN·m	5.810	168.218	38.660	213.347	1.053	427.087	221
1STR08	kN·m	5.744	164.020	38.017	214.202	1.236	423.219	222
1STR09	kN·m	5.698	160.359	37.126	215.799	1.513	420.495	223
1STR10	kN·m	5.369	144.626	33.786	215.939	1.783	401.503	224
1STR11	kN·m	4.889	120.354	28.054	215.827	2.182	371.307	225
1STR12	kN·m	3.926	75.831	18.876	212.730	2.486	313.850	226
1STR13	kN·m	-4.850	-102.271	-19.494	-158.425	-1.971	287.011	227
1STR14	kN·m	-6.930	-170.085	-32.293	-164.550	-1.851	375.709	228
1STR15	kN·m	-6.919	-169.729	-32.203	-165.197	-1.859	375.906	229
1STR16	kN·m	-6.854	-128.257	-33.706	-164.309	-0.854	333.980	230
1STR17	kN·m	-6.312	-136.483	-34.313	-158.704	-0.791	336.602	231
1STR18	kN·m	-6.306	-136.359	-34.260	-158.753	-0.806	336.485	232
1STR19	kN·m	-7.674	-150.464	-37.136	-158.742	-1.020	355.037	233
1STR20	kN·m	-8.344	-193.606	-34.753	-157.617	-1.159	395.478	234
1STR21	kN·m	-8.353	-193.867	-34.775	-157.195	-1.172	395.362	235
1STR22	kN·m	-7.489	-178.535	-37.485	-160.409	-1.812	385.730	236
1STR23	kN·m	-5.295	-107.234	-24.420	-152.055	-1.573	290.577	237
1STR24	kN·m	3.539	75.993	14.735	224.761	2.608	321.636	238
1STR25	kN·m	5.183	148.247	27.004	234.081	2.170	416.685	239
1STR26	kN·m	6.213	194.059	35.188	239.990	1.587	477.037	240
1STR27	kN·m	6.550	209.086	37.774	241.149	0.932	495.491	241
1STR28	kN·m	6.235	195.330	35.422	239.748	1.637	478.373	242
1STR29	kN·m	5.219	150.658	27.438	233.544	2.219	419.078	243
1STR30	kN·m	3.595	79.456	15.332	223.977	2.655	325.015	244
1STR31	kN·m	-5.308	-102.933	-23.597	-151.082	-1.594	284.514	245
1STR32	kN·m	-7.045	-173.672	-36.555	-157.799	-1.828	376.898	246
1STR33	kN·m	-8.312	-190.288	-34.139	-156.361	-1.177	390.276	247
1STR34	kN·m	-8.304	-190.100	-34.122	-156.777	-1.167	390.470	248
1STR35	kN·m	-7.555	-148.063	-36.549	-157.851	-1.026	351.045	249
1STR36	kN·m	-6.231	-134.450	-33.731	-158.002	-0.805	333.219	250
1STR37	kN·m	-6.233	-134.500	-33.760	-157.922	-0.796	333.210	251
1STR38	kN·m	-6.770	-126.372	-33.167	-163.841	-0.858	331.008	252
1STR39	kN·m	-6.816	-166.251	-31.569	-164.184	-1.854	370.674	253
1STR40	kN·m	-6.826	-166.459	-31.590	-163.960	-1.851	370.685	254
1STR41	kN·m	-4.773	-99.954	-19.004	-157.457	-1.970	283.159	255
1STR42	kN·m	3.868	75.293	18.759	211.462	2.495	311.878	256
1STR43	kN·m	4.809	118.834	27.733	214.345	2.189	367.910	257
1STR44	kN·m	5.280	142.565	33.347	214.344	1.788	397.323	258
1STR45	kN·m	5.603	157.950	36.606	214.148	1.517	415.824	259
1STR46	kN·m	5.645	161.383	37.456	212.496	1.238	418.219	260
1STR47	kN·m	5.714	165.618	38.096	211.626	1.055	422.108	261
1STR48	kN·m	5.612	161.911	37.021	209.449	0.874	414.867	262
1STR49	kN·m	5.497	160.481	36.017	207.772	0.744	410.510	263
1STR50	kN·m	5.706	160.238	34.009	201.979	0.601	402.533	264
1STR51	kN·m	4.253	140.745	26.586	171.843	0.473	343.901	265
1STR52	kN·m	3.727	108.827	21.871	160.954	0.325	295.704	266
1STR53	kN·m	1.962	55.992	9.870	144.981	0.101	212.906	267

3) 단 면 검 토

▪ 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력

구 분	상부 플랜지 (f_{ca})	하부 플랜지 (f_{ca})
1STR01	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR02	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR03	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR04	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR05	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR06	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR07	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR08	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR09	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR10	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR11	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR12	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR13	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR14	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR15	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR16	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR17	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR18	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR19	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR20	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR21	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR22	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR23	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR24	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR25	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR26	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR27	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR28	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR29	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR30	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR31	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR32	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR33	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR34	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR35	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR36	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR37	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR38	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR39	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR40	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR41	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR42	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR43	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR44	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR45	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR46	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR47	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR48	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR49	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR50	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR51	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR52	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1STR53	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa

▪ 허용 휨 압축응력

구 분	상 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1STR01	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 124.745 MPa	
1STR02	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 115.816 MPa	
1STR03	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 115.816 MPa	
1STR04	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR05	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR06	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR07	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR08	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR09	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR10	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR11	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR12	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR13	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR14	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR15	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR16	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR17	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR18	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR19	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR20	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR21	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR22	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR23	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR24	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR25	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR26	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR27	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR28	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR29	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR30	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR31	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR32	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR33	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR34	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR35	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR36	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR37	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR38	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR39	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR40	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR41	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR42	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR43	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR44	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR45	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR46	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR47	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR48	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR49	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR50	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR51	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 115.816 MPa	
1STR52	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 115.816 MPa	
1STR53	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfu ≤ 30 = 124.745 MPa	

구 분	하 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1STR01	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 124.745 MPa	
1STR02	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 115.816 MPa	
1STR03	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 115.816 MPa	
1STR04	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR05	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR06	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR07	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR08	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR09	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR10	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR11	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR12	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR13	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR14	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR15	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR16	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR17	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR18	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR19	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR20	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR21	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR22	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR23	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR24	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR25	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR26	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR27	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR28	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR29	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR30	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR31	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR32	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR33	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR34	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR35	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR36	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR37	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR38	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR39	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR40	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR41	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR42	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR43	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR44	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR45	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR46	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR47	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR48	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR49	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR50	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 106.887 MPa	
1STR51	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 115.816 MPa	
1STR52	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 115.816 MPa	
1STR53	12,000.0	3,600.0	3.333	2.160	9.3/K < Bf/bfl ≤ 30 = 124.745 MPa	

▪ 계산 적용 부재력 및 허용응력

구 분	V_{umax} (kN)	M_{umax} (kN·m)	상부 플랜지 (MPa)			하부 플랜지 (MPa)			비 고
			f_{ca}	f_{ta}	υ_a	f_{ca}	f_{ta}	υ_a	
1STR01	276.43	209.90	124.74	140.00	80.00	124.74	140.00	80.00	
1STR02	276.34	297.72	115.82	140.00	80.00	115.82	140.00	80.00	
1STR03	272.66	346.75	115.82	140.00	80.00	115.82	140.00	80.00	
1STR04	334.21	406.78	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR05	334.21	415.24	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR06	334.21	419.64	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR07	334.21	427.09	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR08	334.21	423.22	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR09	334.21	420.50	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR10	334.21	401.50	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR11	334.21	371.31	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR12	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR13	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR14	334.21	375.71	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR15	334.21	375.91	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR16	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR17	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR18	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR19	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR20	334.21	395.48	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR21	334.21	395.36	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR22	334.21	385.73	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR23	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR24	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR25	334.21	416.69	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR26	334.21	477.04	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR27	334.21	495.49	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR28	334.21	478.37	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR29	334.21	419.08	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR30	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR31	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR32	334.21	376.90	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR33	334.21	390.28	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR34	334.21	390.47	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR35	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR36	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR37	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR38	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR39	334.21	370.67	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR40	334.21	370.69	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR41	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR42	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR43	334.21	369.63	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR44	334.21	397.32	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR45	334.21	415.82	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR46	334.21	418.22	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR47	334.21	422.11	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR48	334.21	414.87	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR49	334.21	410.51	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR50	334.21	402.53	106.89	140.00	80.00	106.89	140.00	80.00	
1STR51	272.66	343.90	115.82	140.00	80.00	115.82	140.00	80.00	
1STR52	275.61	295.70	115.82	140.00	80.00	115.82	140.00	80.00	
1STR53	276.39	212.91	124.74	140.00	80.00	124.74	140.00	80.00	

▪ 응 력 검 토

구 분	전단응력 (MPa)			상부 플랜지 (MPa)				하부 플랜지 (MPa)			
	υ	υ_a	판정	f_u	f_{ca}	f_{ta}	판정	f_l	f_{ca}	f_{ta}	판정
1STR01	23.04	80.00	O.K	37.79	124.74	140.00	O.K	37.79	124.74	140.00	O.K
1STR02	23.03	80.00	O.K	53.61	115.82	140.00	O.K	53.61	115.82	140.00	O.K
1STR03	22.72	80.00	O.K	62.44	115.82	140.00	O.K	62.44	115.82	140.00	O.K
1STR04	27.85	80.00	O.K	73.24	106.89	140.00	O.K	73.24	106.89	140.00	O.K
1STR05	27.85	80.00	O.K	74.77	106.89	140.00	O.K	74.77	106.89	140.00	O.K
1STR06	27.85	80.00	O.K	75.56	106.89	140.00	O.K	75.56	106.89	140.00	O.K
1STR07	27.85	80.00	O.K	76.90	106.89	140.00	O.K	76.90	106.89	140.00	O.K
1STR08	27.85	80.00	O.K	76.20	106.89	140.00	O.K	76.20	106.89	140.00	O.K
1STR09	27.85	80.00	O.K	75.71	106.89	140.00	O.K	75.71	106.89	140.00	O.K
1STR10	27.85	80.00	O.K	72.29	106.89	140.00	O.K	72.29	106.89	140.00	O.K
1STR11	27.85	80.00	O.K	66.86	106.89	140.00	O.K	66.86	106.89	140.00	O.K
1STR12	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR13	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR14	27.85	80.00	O.K	67.65	106.89	140.00	O.K	67.65	106.89	140.00	O.K
1STR15	27.85	80.00	O.K	67.68	106.89	140.00	O.K	67.68	106.89	140.00	O.K
1STR16	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR17	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR18	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR19	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR20	27.85	80.00	O.K	71.21	106.89	140.00	O.K	71.21	106.89	140.00	O.K
1STR21	27.85	80.00	O.K	71.19	106.89	140.00	O.K	71.19	106.89	140.00	O.K
1STR22	27.85	80.00	O.K	69.45	106.89	140.00	O.K	69.45	106.89	140.00	O.K
1STR23	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR24	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR25	27.85	80.00	O.K	75.03	106.89	140.00	O.K	75.03	106.89	140.00	O.K
1STR26	27.85	80.00	O.K	85.89	106.89	140.00	O.K	85.89	106.89	140.00	O.K
1STR27	27.85	80.00	O.K	89.22	106.89	140.00	O.K	89.22	106.89	140.00	O.K
1STR28	27.85	80.00	O.K	86.13	106.89	140.00	O.K	86.13	106.89	140.00	O.K
1STR29	27.85	80.00	O.K	75.46	106.89	140.00	O.K	75.46	106.89	140.00	O.K
1STR30	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR31	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR32	27.85	80.00	O.K	67.86	106.89	140.00	O.K	67.86	106.89	140.00	O.K
1STR33	27.85	80.00	O.K	70.27	106.89	140.00	O.K	70.27	106.89	140.00	O.K
1STR34	27.85	80.00	O.K	70.31	106.89	140.00	O.K	70.31	106.89	140.00	O.K
1STR35	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR36	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR37	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR38	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR39	27.85	80.00	O.K	66.74	106.89	140.00	O.K	66.74	106.89	140.00	O.K
1STR40	27.85	80.00	O.K	66.74	106.89	140.00	O.K	66.74	106.89	140.00	O.K
1STR41	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR42	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR43	27.85	80.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K	66.55	106.89	140.00	O.K
1STR44	27.85	80.00	O.K	71.54	106.89	140.00	O.K	71.54	106.89	140.00	O.K
1STR45	27.85	80.00	O.K	74.87	106.89	140.00	O.K	74.87	106.89	140.00	O.K
1STR46	27.85	80.00	O.K	75.30	106.89	140.00	O.K	75.30	106.89	140.00	O.K
1STR47	27.85	80.00	O.K	76.00	106.89	140.00	O.K	76.00	106.89	140.00	O.K
1STR48	27.85	80.00	O.K	74.70	106.89	140.00	O.K	74.70	106.89	140.00	O.K
1STR49	27.85	80.00	O.K	73.92	106.89	140.00	O.K	73.92	106.89	140.00	O.K
1STR50	27.85	80.00	O.K	72.48	106.89	140.00	O.K	72.48	106.89	140.00	O.K
1STR51	22.72	80.00	O.K	61.92	115.82	140.00	O.K	61.92	115.82	140.00	O.K
1STR52	22.97	80.00	O.K	53.24	115.82	140.00	O.K	53.24	115.82	140.00	O.K
1STR53	23.03	80.00	O.K	38.34	124.74	140.00	O.K	38.34	124.74	140.00	O.K

▪ 합성 응력 검토

구 분	상부 플랜지 인장 하부 플랜지 압축인 경우					상부 플랜지 압축 하부 플랜지 인장인 경우				
	인장	전단	합성응력	허용	판별	인장	전단	합성응력	허용	판별
1STR01	0.092	0.083	0.175	1.2	O.K	0.092	0.083	0.175	1.2	O.K
1STR02	0.214	0.083	0.297	1.2	O.K	0.214	0.083	0.297	1.2	O.K
1STR03	0.291	0.081	0.371	1.2	O.K	0.291	0.081	0.371	1.2	O.K
1STR04	0.470	0.121	0.591	1.2	O.K	0.470	0.121	0.591	1.2	O.K
1STR05	0.489	0.121	0.610	1.2	O.K	0.489	0.121	0.610	1.2	O.K
1STR06	0.500	0.121	0.621	1.2	O.K	0.500	0.121	0.621	1.2	O.K
1STR07	0.518	0.121	0.639	1.2	O.K	0.518	0.121	0.639	1.2	O.K
1STR08	0.508	0.121	0.629	1.2	O.K	0.508	0.121	0.629	1.2	O.K
1STR09	0.502	0.121	0.623	1.2	O.K	0.502	0.121	0.623	1.2	O.K
1STR10	0.457	0.121	0.579	1.2	O.K	0.457	0.121	0.579	1.2	O.K
1STR11	0.391	0.121	0.512	1.2	O.K	0.391	0.121	0.512	1.2	O.K
1STR12	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR13	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR14	0.401	0.121	0.522	1.2	O.K	0.401	0.121	0.522	1.2	O.K
1STR15	0.401	0.121	0.522	1.2	O.K	0.401	0.121	0.522	1.2	O.K
1STR16	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR17	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR18	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR19	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR20	0.444	0.121	0.565	1.2	O.K	0.444	0.121	0.565	1.2	O.K
1STR21	0.444	0.121	0.565	1.2	O.K	0.444	0.121	0.565	1.2	O.K
1STR22	0.422	0.121	0.543	1.2	O.K	0.422	0.121	0.543	1.2	O.K
1STR23	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR24	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR25	0.493	0.121	0.614	1.2	O.K	0.493	0.121	0.614	1.2	O.K
1STR26	0.646	0.121	0.767	1.2	O.K	0.646	0.121	0.767	1.2	O.K
1STR27	0.697	0.121	0.818	1.2	O.K	0.697	0.121	0.818	1.2	O.K
1STR28	0.649	0.121	0.771	1.2	O.K	0.649	0.121	0.771	1.2	O.K
1STR29	0.498	0.121	0.620	1.2	O.K	0.498	0.121	0.620	1.2	O.K
1STR30	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR31	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR32	0.403	0.121	0.524	1.2	O.K	0.403	0.121	0.524	1.2	O.K
1STR33	0.432	0.121	0.553	1.2	O.K	0.432	0.121	0.553	1.2	O.K
1STR34	0.433	0.121	0.554	1.2	O.K	0.433	0.121	0.554	1.2	O.K
1STR35	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR36	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR37	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR38	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR39	0.390	0.121	0.511	1.2	O.K	0.390	0.121	0.511	1.2	O.K
1STR40	0.390	0.121	0.511	1.2	O.K	0.390	0.121	0.511	1.2	O.K
1STR41	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR42	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR43	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K	0.388	0.121	0.509	1.2	O.K
1STR44	0.448	0.121	0.569	1.2	O.K	0.448	0.121	0.569	1.2	O.K
1STR45	0.491	0.121	0.612	1.2	O.K	0.491	0.121	0.612	1.2	O.K
1STR46	0.496	0.121	0.618	1.2	O.K	0.496	0.121	0.618	1.2	O.K
1STR47	0.506	0.121	0.627	1.2	O.K	0.506	0.121	0.627	1.2	O.K
1STR48	0.488	0.121	0.610	1.2	O.K	0.488	0.121	0.610	1.2	O.K
1STR49	0.478	0.121	0.599	1.2	O.K	0.478	0.121	0.599	1.2	O.K
1STR50	0.460	0.121	0.581	1.2	O.K	0.460	0.121	0.581	1.2	O.K
1STR51	0.286	0.081	0.367	1.2	O.K	0.286	0.081	0.367	1.2	O.K
1STR52	0.211	0.082	0.294	1.2	O.K	0.211	0.082	0.294	1.2	O.K
1STR53	0.094	0.083	0.177	1.2	O.K	0.094	0.083	0.177	1.2	O.K

4) 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

▪ 수직 보강재 설치 검토 및 단면 제원

구 분	설치 검토 (mm)			n	f (MPa)	υ (MPa)	b_{vs} (mm)	t_{vs} (mm)	a (mm)	b (mm)	t (mm)
	순간격	허용값	판 정								
1STR01	1,000.0	852.0	필 요	0	37.793	23.035	100.0	10.0	1,500.0	1,000.0	12.0
1STR02	1,000.0	852.0	필 요	0	53.606	23.028	100.0	10.0	2,000.0	1,000.0	12.0
1STR03	1,000.0	852.0	필 요	0	62.435	22.722	100.0	10.0	2,000.0	1,000.0	12.0
1STR04	1,000.0	852.0	필 요	0	73.244	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR05	1,000.0	852.0	필 요	0	74.766	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR06	1,000.0	852.0	필 요	0	75.560	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR07	1,000.0	852.0	필 요	0	76.900	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR08	1,000.0	852.0	필 요	0	76.204	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR09	1,000.0	852.0	필 요	0	75.713	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR10	1,000.0	852.0	필 요	0	72.293	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR11	1,000.0	852.0	필 요	0	66.856	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR12	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR13	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR14	1,000.0	852.0	필 요	0	67.649	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR15	1,000.0	852.0	필 요	0	67.685	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR16	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR17	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR18	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,000.0	1,000.0	12.0
1STR19	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR20	1,000.0	852.0	필 요	0	71.209	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR21	1,000.0	852.0	필 요	0	71.188	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR22	1,000.0	852.0	필 요	0	69.453	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR23	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR24	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR25	1,000.0	852.0	필 요	0	75.027	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR26	1,000.0	852.0	필 요	0	85.894	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR27	1,000.0	852.0	필 요	0	89.217	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR28	1,000.0	852.0	필 요	0	86.134	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR29	1,000.0	852.0	필 요	0	75.458	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR30	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR31	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR32	1,000.0	852.0	필 요	0	67.863	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR33	1,000.0	852.0	필 요	0	70.272	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR34	1,000.0	852.0	필 요	0	70.307	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR35	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR36	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,000.0	1,000.0	12.0
1STR37	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR38	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR39	1,000.0	852.0	필 요	0	66.742	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR40	1,000.0	852.0	필 요	0	66.744	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR41	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR42	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR43	1,000.0	852.0	필 요	0	66.554	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR44	1,000.0	852.0	필 요	0	71.541	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR45	1,000.0	852.0	필 요	0	74.872	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR46	1,000.0	852.0	필 요	0	75.303	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR47	1,000.0	852.0	필 요	0	76.003	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR48	1,000.0	852.0	필 요	0	74.700	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR49	1,000.0	852.0	필 요	0	73.915	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR50	1,000.0	852.0	필 요	0	72.479	27.851	100.0	10.0	2,500.0	1,000.0	12.0
1STR51	1,000.0	852.0	필 요	0	61.922	22.722	100.0	10.0	2,000.0	1,000.0	12.0
1STR52	1,000.0	852.0	필 요	0	53.244	22.967	100.0	10.0	2,000.0	1,000.0	12.0
1STR53	1,000.0	852.0	필 요	0	38.335	23.032	100.0	10.0	1,500.0	1,000.0	12.0

▪ 수직보강재 간격 검토

구 분	간격 검토						수직보강재 강도검토 (mm^4)			비 고
	a/b	허용값	판정	n = 0	허용값	판정	$I_{(req)}$	$I_{(use)}$	판정	
1STR01	1.500	3.000	O.K	0.027	1.000	O.K	5.626E+05	3.333E+06	O.K	
1STR02	2.000	3.000	O.K	0.038	1.000	O.K	3.165E+05	3.333E+06	O.K	
1STR03	2.000	3.000	O.K	0.041	1.000	O.K	3.165E+05	3.333E+06	O.K	
1STR04	2.500	3.000	O.K	0.065	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR05	2.500	3.000	O.K	0.066	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR06	2.500	3.000	O.K	0.066	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR07	2.500	3.000	O.K	0.067	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR08	2.500	3.000	O.K	0.066	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR09	2.500	3.000	O.K	0.066	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR10	2.500	3.000	O.K	0.064	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR11	2.500	3.000	O.K	0.062	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR12	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR13	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR14	2.500	3.000	O.K	0.062	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR15	2.500	3.000	O.K	0.062	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR16	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR17	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR18	2.000	3.000	O.K	0.056	1.000	O.K	3.165E+05	3.333E+06	O.K	
1STR19	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR20	2.500	3.000	O.K	0.064	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR21	2.500	3.000	O.K	0.064	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR22	2.500	3.000	O.K	0.063	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR23	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR24	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR25	2.500	3.000	O.K	0.066	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR26	2.500	3.000	O.K	0.072	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR27	2.500	3.000	O.K	0.074	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR28	2.500	3.000	O.K	0.072	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR29	2.500	3.000	O.K	0.066	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR30	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR31	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR32	2.500	3.000	O.K	0.062	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR33	2.500	3.000	O.K	0.063	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR34	2.500	3.000	O.K	0.063	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR35	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR36	2.000	3.000	O.K	0.056	1.000	O.K	3.165E+05	3.333E+06	O.K	
1STR37	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR38	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR39	2.500	3.000	O.K	0.062	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR40	2.500	3.000	O.K	0.062	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR41	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR42	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR43	2.500	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR44	2.500	3.000	O.K	0.064	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR45	2.500	3.000	O.K	0.066	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR46	2.500	3.000	O.K	0.066	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR47	2.500	3.000	O.K	0.066	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR48	2.500	3.000	O.K	0.066	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR49	2.500	3.000	O.K	0.065	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR50	2.500	3.000	O.K	0.064	1.000	O.K	2.025E+05	3.333E+06	O.K	
1STR51	2.000	3.000	O.K	0.041	1.000	O.K	3.165E+05	3.333E+06	O.K	
1STR52	2.000	3.000	O.K	0.038	1.000	O.K	3.165E+05	3.333E+06	O.K	
1STR53	1.500	3.000	O.K	0.027	1.000	O.K	5.626E+05	3.333E+06	O.K	

▪ 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토 (단위:㎜)

구 분	최소 폭 검토			최소 폭 검토			비 고
	$b_{vs(req)}$	$b_{vs(use)}$	판정	$t_{vs(req)}$	$t_{vs(use)}$	판정	
1STR01	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR02	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR03	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR04	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR05	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR06	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR07	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR08	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR09	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR10	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR11	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR12	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR13	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR14	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR15	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR16	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR17	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR18	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR19	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR20	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR21	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR22	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR23	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR24	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR25	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR26	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR27	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR28	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR29	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR30	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR31	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR32	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR33	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR34	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR35	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR36	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR37	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR38	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR39	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR40	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR41	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR42	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR43	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR44	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR45	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR46	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR47	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR48	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR49	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR50	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR51	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR52	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	
1STR53	83.333	100.000	O.K	7.692	10.000	O.K	

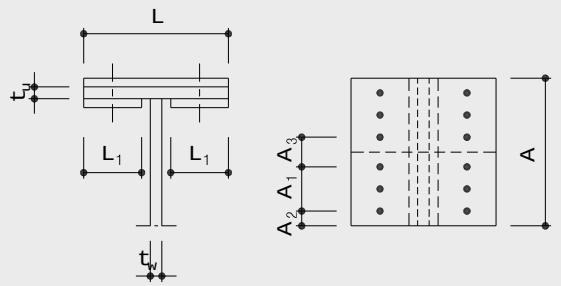
8.2 세로보 연결

[1STR01]

(강종 : SM400B) (세로보 계산 참조)

모멘트 M(kN)	전단력 V(kN)	상부FL.응력 f_u(MPa)		하부FL.응력 f_l(MPa)		허용휨인장응력 f_{sa}(MPa)	단면2차모멘트 I(mm^4)
		인장	압축	압축	인장		
209.90	276.43	37.793	37.793	37.793	37.793	140.00	2.844E+09

사용BOLT : H.T.B (M22 F 10T) ρ_{sa} = 48,000 × 2 면 = 96,000 N (☞도.설.해3.3.2.3)



t_u = 12.0 mm
t_w = 12.0 mm
L = 300.0 mm
L_1 = 90.0 mm
A = 485.0 mm
A_1 = 2 @ 80 mm
= 160.0 mm
A_2 = 40.0 mm
A_3 = 85.0 mm

1) 상부 플랜지 이음 (압축부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 37.8 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_u) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 3,600.0 × 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea ⇒ n_t = **6ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 3,600.0 = 3,600.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} = 1 PL - 300.0 × 10.0 × 485.0 = 3,000.0

2 PL - 90.0 × 10.0 × 485.0 = 1,800.0

∑ = 4,800.0 mm^2 ≥ A_{req} **····· O.K !!**

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_{use}$ = 3,600.0 × 105.0 / 4,800.0 = 78.8 MPa ≤ f_{sa} **····· O.K !!**

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 3,600.0 × 105.0 / 6.0 = 63,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} **····· O.K !!**

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 300.0 × 12.0 × (512.0 - 6.0) = 1.822E+06 mm^3

I = 2.844E+09 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 300.0 / 2.0ea = 150.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$

= 276.426×1,821,600.0/2,843,545,600.0×150.0/3.0 = 8,854.0 N/ea

▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 3.969E+09 + 7.839E+07 = 63,619.1 N/ea ≤ ρ_{sa} **····· O.K !!**

2) 상부 플랜지 이음 (인장부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 37.8 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_u) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 3,600.0 × 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 3,600.0 = 3,600.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} = 1 PL - 300.0 × 10.0 × 485.0 = 3,000.0

2 PL - 90.0 × 10.0 × 485.0 = 1,800.0

∑ = 4,800.0 mm^2

▪ 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 4,800.0 - 25.0 × 10.0 × 2.0열 × 2.0ea = 3,800.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· **O.K !!**

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_n$ = 3,600.0 × 105.0 / 3,800.0 = 99.5 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 3,600.0 × 105.0 / 6.0 = 63,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 300.0 × 12.0 × (512.0 - 6.0) = 1.822E+06 mm^3

I = 2.844E+09 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 300.0 / 2.0ea = 150.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$

= 276.426^3 ×1,821,600.0/2,843,545,600.0×150.0/3.0 = 8,854.0 N/ea

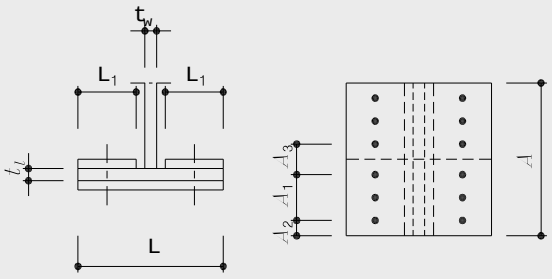
▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 3.969E+09 + 7.839E+07 = 63,619.1 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

④ 모재의 응력검토

A_{sn} = 12.0 × (300.0 - 25.0 × 2.0) = 3,000.0 mm^2

$f_u = A_s \times f_s' / A_{sn}$ = 3,600.0 × 105.0 / 3,000.0 = 126.0 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**



t_l = 12.0 mm
t_w = 12.0 mm
L = 300.0 mm
L_1 = 90.0 mm
A = 485.0 mm
A_1 = 2 @ 80 mm
= 160.0 mm
A_2 = 40.0 mm
A_3 = 85.0 mm

3) 하부 플랜지 이음 (압축부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 37.8 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_l) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 3,600.0 × 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 3,600.0 = 3,600.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} = 1 PL - 300.0 × 10.0 × 485.0 = 3,000.0
2 PL - 90.0 × 10.0 × 485.0 = 1,800.0
∑ = 4,800.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· O.K !!

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_{use}$ = 3,600.0 × 105.0 / 4,800.0 = 78.8 MPa ≤ f_{sa} ····· O.K !!

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 3,600.0 × 105.0 / 6.0 = 63,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 300.0 × 12.0 × (512.0 - 6.0) = 1.822E+06 mm^3

I = 2.844E+09 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 300.0 / 2.0ea = 150.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$

= 276.426^3 ×1,821,600.0/2,843,545,600.0×150.0/3.0 = 8,854.0 N/ea

▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 3.969E+09 + 7.839E+07 = 63,619.1 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

4) 하부 플랜지 이음 (인장부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 37.8 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_l) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 3,600.0 × 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 3,600.0 = 3,600.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} = 1 PL - 300.0 × 10.0 × 485.0 = 3,000.0

2 PL - 90.0 × 10.0 × 485.0 = 1,800.0

∑ = 4,800.0 mm^2

▪ 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 4,800.0 - 25.0 × 10.0 × 2.0열 × 2.0ea = 3,800.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· O.K !!

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_n$ = 3,600.0 × 105.0 / 3,800.0 = 99.5 MPa ≤ f_{sa} ····· O.K !!

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 3,600.0 × 105.0 / 6.0 = 63,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 300.0 × 12.0 × (512.0 - 6.0) = 1.822E+06 mm^3

I = 2.844E+09 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 300.0 / 2.0ea = 150.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q/I \times p/n$

= 276.426^3 ×1,821,600.0/2,843,545,600.0×150.0/3.0 = 8,854.0 N/ea

▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 3.969E+09 + 7.839E+07 = 63,619.1 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

④ 모재의 응력검토

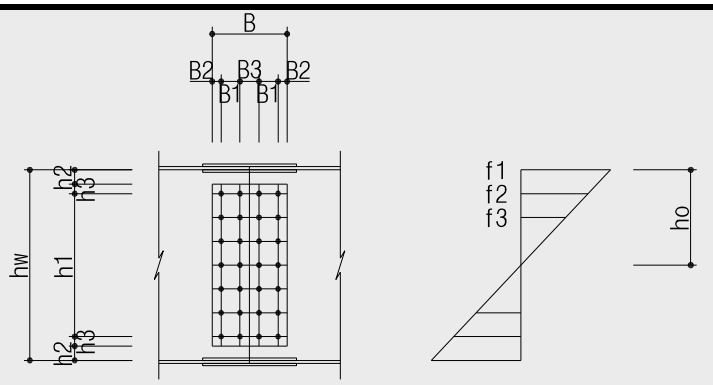
A_{sn} = 12.0 × (300.0 - 25.0 × 2.0) = 3,000.0 mm^2

$f_l = A_s \times f_s' / A_{sn}$ = 3,600.0 × 105.0 / 3,000.0 = 126.0 MPa ≤ f_{sa} ····· O.K !!

5) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

▪ 휨에 의한 BOLT의 응력



h_w = 1,000.0 mm
t_w = 12.0 mm
중립축~연단까지 거리
h_o = 500.0 mm
B = 325.0 mm
h_1 = 8 @ 100 mm
= 800.0 mm
h_2 = 60.0 mm
h_3 = 40.0 mm
B_1 = 1 @ 80 mm
= 80.0 mm
B_2 = 40.0 mm
B_3 = 85.0 mm

f_1 = 105.000 MPa
f_2 = $f_1 \cdot (h_o - 150) / h_o$ = 73.500 MPa
f_3 = $f_1 \cdot (h_o - 250) / h_o$ = 52.500 MPa
f_4 = $f_1 \cdot (h_o - 350) / h_o$ = 31.500 MPa

제1열 ρ_p = (105.00 + 73.500)/2 × 150.0 × 12.0 / 2 = 80,325 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 전단력에 의한 볼트의 응력

ρ_s = 276.426 / 18.0ea = 15,357 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 합성 응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_s^2)}$ = √ 6.452E+09 + 2.358E+08 = 81,780 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

② 이음판의 응력계산

▪ 복부판의 단면2차 모멘트

I_w = 12.0 × 1,000.0³ / 12 = 1.00E+09 mm^4

▪ 세로보 중립축에서 이음판 상연까지의 거리

y_{su} = 1,000.0 / 2 - 60.0 = 440.0 mm

▪ 세로보 이음판의 단면2차모멘트

규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm^3)	$A_s \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
2 - 880.0 × 10.0	17,600.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.136E+09
합 계	17,600.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.136E+09

$I_s = I_{xo} + AY^2$ = 1,135,786,666.7 + 0.0 = 1.14E+09 mm^4

▪ 세로보 복부판이 담당하는 휨모멘트

$M_w = M \cdot I_w / I$ = 209.896 × 0.001000 / 0.002844 = 73.815 kN·m

▪ 세로보 이음판의 응력검토

$f_w = M_w \cdot y_{su} / I_s$ = 73.815×440.0 / 1,135,786,666.7 = 28.596 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 공통 입력 사항 (강종 및 사용 BOLT 제원)

사용강재	볼 트 제 원	볼트 허용 응력 (N)
SM400B	H.T.B M22 F 10T	96,000.0

▪ 작용 단면력 및 응력

구 분	모멘트 M(kN)	전단력 V(kN)	상부FL.응력 f_u(MPa)		하부FL.응력 f_l(MPa)		f_{sa}(MPa)	I(mm^4)
			인장	압축	압축	인장		
1STR01	209.90	276.43	37.793	37.793	37.793	37.793	140.00	2.844E+09
1STR02	297.72	276.34	53.606	53.606	53.606	53.606	140.00	2.844E+09
1STR03	346.75	272.66	62.435	62.435	62.435	62.435	140.00	2.844E+09
1STR04	406.78	334.21	73.244	73.244	73.244	73.244	140.00	2.844E+09
1STR05	415.24	334.21	74.766	74.766	74.766	74.766	140.00	2.844E+09
1STR06	419.64	334.21	75.560	75.560	75.560	75.560	140.00	2.844E+09
1STR07	427.09	334.21	76.900	76.900	76.900	76.900	140.00	2.844E+09
1STR08	423.22	334.21	76.204	76.204	76.204	76.204	140.00	2.844E+09
1STR09	420.50	334.21	75.713	75.713	75.713	75.713	140.00	2.844E+09
1STR10	401.50	334.21	72.293	72.293	72.293	72.293	140.00	2.844E+09
1STR11	371.31	334.21	66.856	66.856	66.856	66.856	140.00	2.844E+09
1STR12	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR13	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR14	375.71	334.21	67.649	67.649	67.649	67.649	140.00	2.844E+09
1STR15	375.91	334.21	67.685	67.685	67.685	67.685	140.00	2.844E+09
1STR16	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR17	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR18	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR19	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR20	395.48	334.21	71.209	71.209	71.209	71.209	140.00	2.844E+09
1STR21	395.36	334.21	71.188	71.188	71.188	71.188	140.00	2.844E+09
1STR22	385.73	334.21	69.453	69.453	69.453	69.453	140.00	2.844E+09
1STR23	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR24	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR25	416.69	334.21	75.027	75.027	75.027	75.027	140.00	2.844E+09
1STR26	477.04	334.21	85.894	85.894	85.894	85.894	140.00	2.844E+09
1STR27	495.49	334.21	89.217	89.217	89.217	89.217	140.00	2.844E+09
1STR28	478.37	334.21	86.134	86.134	86.134	86.134	140.00	2.844E+09
1STR29	419.08	334.21	75.458	75.458	75.458	75.458	140.00	2.844E+09
1STR30	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR31	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR32	376.90	334.21	67.863	67.863	67.863	67.863	140.00	2.844E+09
1STR33	390.28	334.21	70.272	70.272	70.272	70.272	140.00	2.844E+09
1STR34	390.47	334.21	70.307	70.307	70.307	70.307	140.00	2.844E+09
1STR35	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR36	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR37	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR38	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR39	370.67	334.21	66.742	66.742	66.742	66.742	140.00	2.844E+09
1STR40	370.69	334.21	66.744	66.744	66.744	66.744	140.00	2.844E+09
1STR41	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR42	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR43	369.63	334.21	66.554	66.554	66.554	66.554	140.00	2.844E+09
1STR44	397.32	334.21	71.541	71.541	71.541	71.541	140.00	2.844E+09
1STR45	415.82	334.21	74.872	74.872	74.872	74.872	140.00	2.844E+09
1STR46	418.22	334.21	75.303	75.303	75.303	75.303	140.00	2.844E+09
1STR47	422.11	334.21	76.003	76.003	76.003	76.003	140.00	2.844E+09
1STR48	414.87	334.21	74.700	74.700	74.700	74.700	140.00	2.844E+09
1STR49	410.51	334.21	73.915	73.915	73.915	73.915	140.00	2.844E+09
1STR50	402.53	334.21	72.479	72.479	72.479	72.479	140.00	2.844E+09
1STR51	343.90	272.66	61.922	61.922	61.922	61.922	140.00	2.844E+09
1STR52	295.70	275.61	53.244	53.244	53.244	53.244	140.00	2.844E+09
1STR53	212.91	276.39	38.335	38.335	38.335	38.335	140.00	2.844E+09

1) 상부 플랜지 이음 검토

▪ 상부 플랜지 이음 제원 (단위:㎜)

구 분	t_u	t_w	L	L_1	A	A_1	A_2	A_3
1STR01	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR02	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR03	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR04	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR05	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR06	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR07	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR08	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR09	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR10	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR11	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR12	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR13	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR14	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR15	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR16	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR17	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR18	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR19	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR20	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR21	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR22	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR23	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR24	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR25	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR26	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR27	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR28	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR29	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR30	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR31	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR32	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR33	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR34	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR35	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR36	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR37	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR38	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR39	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR40	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR41	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR42	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR43	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR44	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR45	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR46	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR47	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR48	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR49	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR50	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR51	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR52	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR53	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0

(1) 상부 플랜지 (압축부)

구 분	이음부의 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)					비 고
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{req}	A_{use}	f_{sa}	f_s	판정	
1STR01	37.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR02	53.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR03	62.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR04	73.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR05	74.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR06	75.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR07	76.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR08	76.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR09	75.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR10	72.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR11	66.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR12	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR13	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR14	67.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR15	67.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR16	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR17	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR18	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR19	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR20	71.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR21	71.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR22	69.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR23	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR24	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR25	75.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR26	85.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR27	89.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR28	86.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR29	75.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR30	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR31	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR32	67.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR33	70.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR34	70.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR35	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR36	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR37	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR38	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR39	66.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR40	66.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR41	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR42	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR43	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR44	71.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR45	74.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR46	75.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR47	76.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR48	74.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR49	73.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR50	72.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR51	61.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR52	53.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR53	38.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1STR01	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,854.0	63,619.1	O.K
1STR02	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,851.2	63,618.7	O.K
1STR03	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,733.5	63,602.5	O.K
1STR04	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR05	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR06	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR07	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR08	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR09	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR10	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR11	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR12	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR13	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR14	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR15	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR16	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR17	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR18	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR19	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR20	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR21	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR22	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR23	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR24	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR25	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR26	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR27	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR28	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR29	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR30	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR31	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR32	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR33	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR34	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR35	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR36	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR37	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR38	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR39	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR40	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR41	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR42	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR43	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR44	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR45	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR46	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR47	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR48	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR49	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR50	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR51	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,733.5	63,602.5	O.K
1STR52	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,827.9	63,615.5	O.K
1STR53	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,852.8	63,619.0	O.K

(2) 상부 플랜지 (인장부)

구 분	이음부 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)							
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{sn}	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	f_u	판정
1STR01	37.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR02	53.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR03	62.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR04	73.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR05	74.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR06	75.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR07	76.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR08	76.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR09	75.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR10	72.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR11	66.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR12	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR13	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR14	67.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR15	67.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR16	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR17	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR18	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR19	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR20	71.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR21	71.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR22	69.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR23	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR24	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR25	75.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR26	85.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR27	89.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR28	86.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR29	75.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR30	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR31	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR32	67.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR33	70.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR34	70.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR35	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR36	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR37	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR38	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR39	66.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR40	66.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR41	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR42	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR43	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR44	71.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR45	74.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR46	75.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR47	76.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR48	74.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR49	73.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR50	72.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR51	61.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR52	53.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR53	38.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1STR01	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,854.0	63,619.1	O.K
1STR02	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,851.2	63,618.7	O.K
1STR03	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,733.5	63,602.5	O.K
1STR04	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR05	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR06	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR07	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR08	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR09	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR10	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR11	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR12	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR13	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR14	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR15	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR16	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR17	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR18	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR19	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR20	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR21	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR22	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR23	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR24	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR25	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR26	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR27	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR28	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR29	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR30	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR31	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR32	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR33	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR34	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR35	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR36	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR37	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR38	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR39	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR40	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR41	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR42	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR43	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR44	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR45	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR46	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR47	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR48	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR49	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR50	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR51	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,733.5	63,602.5	O.K
1STR52	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,827.9	63,615.5	O.K
1STR53	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,852.8	63,619.0	O.K

2) 하부 플랜지 이음 검토

▪ 하부 플랜지 이음 제원 (단위:㎜)

구 분	t_l	t_w	L	L_1	A	A_1	A_2	A_3
1STR01	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR02	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR03	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR04	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR05	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR06	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR07	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR08	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR09	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR10	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR11	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR12	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR13	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR14	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR15	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR16	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR17	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR18	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR19	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR20	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR21	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR22	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR23	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR24	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR25	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR26	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR27	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR28	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR29	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR30	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR31	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR32	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR33	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR34	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR35	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR36	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR37	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR38	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR39	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR40	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR41	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR42	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR43	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR44	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR45	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR46	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR47	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR48	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR49	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR50	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR51	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR52	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1STR53	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0

(1) 하부 플랜지 (압축부)

구 분	이음부의 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)					비 고
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{req}	A_{use}	f_{sa}	f_s	판정	
1STR01	37.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR02	53.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR03	62.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR04	73.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR05	74.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR06	75.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR07	76.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR08	76.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR09	75.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR10	72.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR11	66.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR12	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR13	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR14	67.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR15	67.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR16	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR17	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR18	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR19	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR20	71.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR21	71.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR22	69.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR23	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR24	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR25	75.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR26	85.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR27	89.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR28	86.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR29	75.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR30	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR31	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR32	67.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR33	70.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR34	70.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR35	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR36	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR37	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR38	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR39	66.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR40	66.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR41	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR42	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR43	66.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR44	71.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR45	74.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR46	75.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR47	76.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR48	74.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR49	73.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR50	72.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR51	61.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR52	53.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1STR53	38.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1STR01	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,854.0	63,619.1	O.K
1STR02	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,851.2	63,618.7	O.K
1STR03	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,733.5	63,602.5	O.K
1STR04	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR05	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR06	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR07	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR08	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR09	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR10	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR11	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR12	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR13	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR14	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR15	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR16	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR17	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR18	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR19	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR20	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR21	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR22	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR23	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR24	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR25	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR26	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR27	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR28	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR29	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR30	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR31	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR32	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR33	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR34	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR35	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR36	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR37	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR38	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR39	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR40	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR41	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR42	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR43	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR44	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR45	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR46	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR47	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR48	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR49	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR50	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR51	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,733.5	63,602.5	O.K
1STR52	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,827.9	63,615.5	O.K
1STR53	1.822E+06	150.0	3	3.9	6	O.K	96,000.0	63,000.0	8,852.8	63,619.0	O.K

(2) 하부 플랜지 (인장부)

구 분	이음부 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)							
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{sn}	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	f_l	판정
1STR01	37.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR02	53.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR03	62.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR04	73.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR05	74.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR06	75.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR07	76.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR08	76.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR09	75.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR10	72.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR11	66.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR12	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR13	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR14	67.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR15	67.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR16	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR17	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR18	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR19	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR20	71.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR21	71.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR22	69.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR23	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR24	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR25	75.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR26	85.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR27	89.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR28	86.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR29	75.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR30	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR31	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR32	67.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR33	70.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR34	70.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR35	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR36	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR37	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR38	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR39	66.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR40	66.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR41	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR42	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR43	66.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR44	71.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR45	74.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR46	75.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR47	76.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR48	74.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR49	73.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR50	72.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR51	61.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR52	53.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1STR53	38.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1STR01	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,854.0	63,619.1	O.K
1STR02	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,851.2	63,618.7	O.K
1STR03	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,733.5	63,602.5	O.K
1STR04	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR05	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR06	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR07	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR08	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR09	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR10	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR11	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR12	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR13	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR14	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR15	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR16	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR17	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR18	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR19	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR20	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR21	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR22	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR23	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR24	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR25	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR26	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR27	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR28	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR29	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR30	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR31	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR32	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR33	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR34	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR35	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR36	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR37	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR38	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR39	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR40	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR41	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR42	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR43	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR44	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR45	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR46	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR47	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR48	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR49	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR50	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	10,704.9	63,903.0	O.K
1STR51	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,733.5	63,602.5	O.K
1STR52	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,827.9	63,615.5	O.K
1STR53	1.822E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	8,852.8	63,619.0	O.K

3) WEB 연결부 검토

▪ WEB 이음 제원

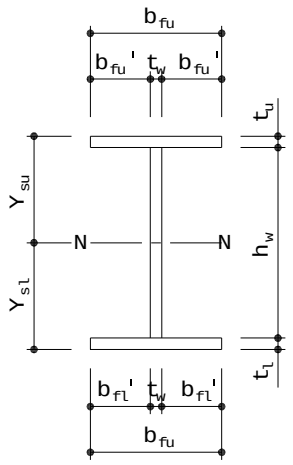
구 분	h_w (mm)	t_w (mm)	t_{ws} (mm)	h_o (mm)	I_w (mm^4)	y_s (mm)	I_s (mm^4)	f_{sa} (MPa)	f_w (MPa)	판정
1STR01	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	28.6	O.K
1STR02	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	40.6	O.K
1STR03	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	47.2	O.K
1STR04	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	55.4	O.K
1STR05	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	56.6	O.K
1STR06	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	57.2	O.K
1STR07	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	58.2	O.K
1STR08	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	57.7	O.K
1STR09	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	57.3	O.K
1STR10	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	54.7	O.K
1STR11	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	50.6	O.K
1STR12	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	50.4	O.K
1STR13	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	50.4	O.K
1STR14	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	51.2	O.K
1STR15	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	51.2	O.K
1STR16	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	50.4	O.K
1STR17	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	50.4	O.K
1STR18	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	50.4	O.K
1STR19	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	50.4	O.K
1STR20	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.14E+09	140.0	53.9	O.K
1STR21	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	44.9	O.K
1STR22	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	43.8	O.K
1STR23	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR24	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR25	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	47.3	O.K
1STR26	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	54.2	O.K
1STR27	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	56.3	O.K
1STR28	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	54.3	O.K
1STR29	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	47.6	O.K
1STR30	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR31	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR32	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.8	O.K
1STR33	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	44.3	O.K
1STR34	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	44.3	O.K
1STR35	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR36	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR37	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR38	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR39	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.1	O.K
1STR40	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.1	O.K
1STR41	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR42	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR43	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	42.0	O.K
1STR44	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	45.1	O.K
1STR45	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	47.2	O.K
1STR46	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	47.5	O.K
1STR47	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	47.9	O.K
1STR48	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	47.1	O.K
1STR49	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	46.6	O.K
1STR50	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	45.7	O.K
1STR51	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	39.0	O.K
1STR52	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	33.6	O.K
1STR53	1,000.0	12.0	10.0	500.0	1.00E+09	440.0	1.36E+09	140.0	24.2	O.K

구 분	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	B_1 (mm)	B_2 (mm)	B_3 (mm)	비 고
1STR01	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR02	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR03	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR04	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR05	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR06	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR07	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR08	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR09	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR10	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR11	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR12	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR13	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR14	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR15	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR16	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR17	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR18	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR19	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR20	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR21	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR22	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR23	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR24	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR25	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR26	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR27	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR28	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR29	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR30	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR31	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR32	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR33	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR34	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR35	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR36	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR37	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR38	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR39	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR40	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR41	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR42	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR43	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR44	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR45	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR46	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR47	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR48	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR49	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR50	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR51	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR52	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1STR53	8 @ 100 = 800.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	

구 분	f_1 (MPa)	f_2 (MPa)	f_3 (MPa)	f_4 (MPa)	ρ_{sa} (N/ea)	제1열 ρ_p (N/ea)	ρ_s (N/ea)	ρ (N/ea)	판정
1STR01	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.54E+04	8.18E+04	O.K
1STR02	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.54E+04	8.18E+04	O.K
1STR03	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.51E+04	8.17E+04	O.K
1STR04	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR05	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR06	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR07	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR08	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR09	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR10	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR11	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR12	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR13	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR14	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR15	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR16	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR17	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR18	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR19	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR20	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR21	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR22	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR23	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR24	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR25	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR26	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR27	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR28	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR29	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR30	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR31	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR32	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR33	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR34	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR35	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR36	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR37	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR38	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR39	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR40	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR41	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR42	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR43	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR44	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR45	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR46	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR47	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR48	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR49	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR50	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.86E+04	8.24E+04	O.K
1STR51	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.51E+04	8.17E+04	O.K
1STR52	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.53E+04	8.18E+04	O.K
1STR53	105.0	73.5	52.5	31.5	9.60E+04	8.03E+04	1.54E+04	8.18E+04	O.K

8.3 가로보의 설계

[1CR01]



▪ 단 면 제 원 (단위:mm)

사용강재	b_{fu}	b_{fu}'	b_{fl}	b_{fl}'	h_w	t_{fu}	t_w	t_{fl}
SM400B	400.0	192.0	400.0	192.0	2,400.0	12.0	16.0	12.0

가로보간격(전) : B_f = 0.0 mm 가로보지간 : L = 5,600.0 mm

가로보간격(후) : B_r = 3,000.0 mm

▪ 부재 검토 (☞ 도.설.해 3.8.4.1) (단위:mm)

복부판 두께 검토			상판 두께 검토			하판 두께 검토		
필 요	사용	판정	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정
h_w / 150 = 16.0	16	O.K	b_{fu}' / 16 = 12.0	12	O.K	b_{fl}' / 16 = 12.0	12	O.K

▪ 하중 관련

강 재 (kN/m^3)	강재 할증	차륜하중(kN)			탱크하중		트레일러		
		P_r(kN/m)	P_f(kN/m)	L_1(mm)	P_{tk}(kN/m)	L_2(mm)	P_1(kN/m)	P_2(kN/m)	P_3(kN/m)
78.50	1.2712	96.00	24.00	4,200.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000

▪ 도심 산정

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm^3)	$A_s \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,206.0	5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	1.843E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,206.0	-5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
합 계		48,000.0	-	0.000E+00	1.396E+10	1.843E+10

$I_x' = \sum A_s \cdot Y^2 + \sum I_{xo}$ = 13,962,585,600.0 + 18,432,115,200.0 = 3.239E+10 mm^4

$\delta_y = \sum A_s \cdot Y / \sum A_s$ = 0.0 / 48,000.0 = 0.000 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 32,394,700,800.0 - 48,000.0 × 0.0^2 = 3.239E+10 mm^4

$y_{su} = h_w / 2 + t_{fu} - \delta_y$ = 2,400.0/2+12.00-0.0 = 1,212.000 mm

$y_{sl} = h_w / 2 + t_{fl} + \delta_y$ = 2,400.0/2+12.00-0.0 = 1,212.000 mm

1) 관 용 해 석

(1) 작용 하중 산정

① 고 정 하 중

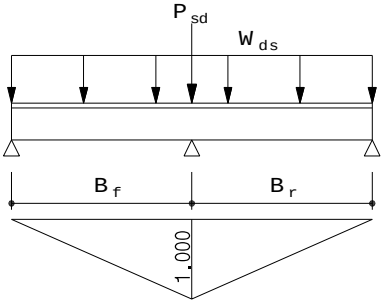
고 정 하 중 : W_d = 22.006 kN/m [세로보 고정하중 참조]

영향선 면적 : (0.000+3.000)×1.00/2 = 1.500 m^2

∴ P_{sd} = 22.006 × 1.500 = 33.009 kN

강재 자중 : 0.048 × 78.5 = 3.768 kN/m

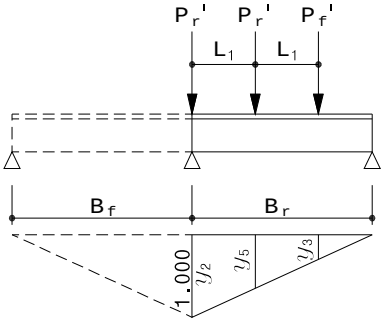
강재 할증 : W_{ds} = 3.768 × 1.2712 = 4.790 kN/m



② 활 하 중

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시

활하중 작용점과 세로보 중심간의 거리 및 영향선 종거



x_1 =	0.0 mm	⇒	y_1 =	0.000	
x_4 =	0.0 mm	⇒	y_4 =	0.000	
x_2 =	0.0 mm	⇒	y_2 =	1.000	
x_5 =	0.0 mm	⇒	y_5 =	0.000	
x_3 =	0.0 mm	⇒	y_3 =	0.000	
			$\sum y$ =	1.000	

∴ P_{sl} = 24.000×0.000 + 96.000×(1.000+0.000)

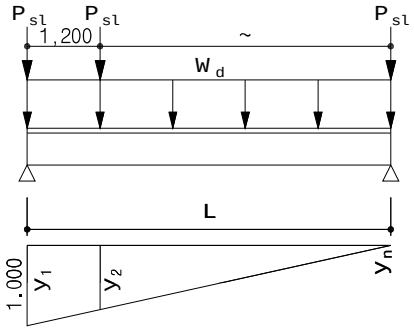
= 96.000 kN

충격 계수

i = 15 / (40 + 3.000) = 0.349 > 0.300 ∴ i = 0.300

(2) 전단력 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 최대 재하가능한 윤하중 수 n = 4

▪ 가로보 지간장 : A = 5.600 × 1.000 / 2 = 2.800 m^2

▪ 고정하중에 의한 전단력

$V_d = W_{ds}L/2+P_{sd}/2$ = 4.790×2.800+16.504 = 29.916 kN

▪ 가로보 끝단에서 윤하중까지의 거리 및 종거

x_1 =	0.0 mm	⇒	y_1 =	1.000	
x_2 =	1,200.0 mm	⇒	y_2 =	0.786	
x_3 =	3,000.0 mm	⇒	y_3 =	0.464	
x_4 =	4,200.0 mm	⇒	y_4 =	0.250	
x_5 =	- mm	⇒	y_5 =	-	
			$\sum y$ =	2.500	

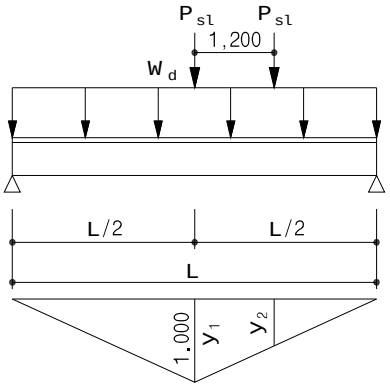
▪ 활하중에 의한 전단력(충격계수 포함)

$V_{l+i} = P_{sl}\times(1+i)\times\sum y$ = 96.000 × (1 + 0.300) × 2.500 = 312.000 kN

∴ $V_t = V_d + V_{l+i}$ = 29.916 + 312.000 = 341.916 kN

(3) 모멘트 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 최대 재하가능한 윤하중 수 n = 3

▪ 영향선 면적 : A = 5.600 × 1.000 / 2 = 2.800 m^2

▪ 고정하중에 의한 모멘트

$M_d = W_{ds}\times A\times L/4 + P_{sd}\times L/4$

= 4.790×2.800×L/4 + 33.009×L/4 = 64.989 kN·m

▪ 가로보 중앙에서 윤하중까지의 거리 및 종거

x_1 =	0.0 mm	⇒	y_1 =	1.000	
x_2 =	1,200.0 mm	⇒	y_2 =	0.571	
x_3 =	1,800.0 mm	⇒	y_3 =	0.357	
			$\sum y$ =	1.929	

▪ 활하중에 의한 모멘트(충격계수 포함)

$M_{l+i} = P_{sl}\times(1+i)\times\sum y\times L/4$ = 96.000×(1+0.300)×1.929×5.600/4 = 336.960 kN·m

∴ $M_t = M_d + M_{l+i}$ = 64.989 + 336.960 = 401.949 kN·m

2) 격 자 해 석

[3D Frame 해석결과]

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	합 계
		강재자중	슬래브 자중				
모 멘 트	kN·m	-25.700	-643.234	-419.154	-1,291.140	-4.772	-2,384.000
전 단 력	kN	31.992	294.105	123.532	603.823	1.684	1,055.137

Frame 해석결과 : V_{max} = 1,055.137 kN , M_{max} = 2,384.000 kN·m (OutPut 참조)- 부재번호 108

3) 결 과 비 교

관용해석에서 나온 부재력과 Frame 해석에서 나온 부재력 중 불리한 값을 설계에 적용함.

계산적용부재력 : V_{max} = 1,055.137 kN , M_{max} = 2,384.000 kN·m

4) 단 면 검 토

▪ 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력 (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 상부 플랜지

$b_{fu}' / 16.0 = 12.0$ mm ≤ $t_{fu} = 12.0$ mm < $b_{fu}' / 12.9 = 14.9$ mm

⇒① $f_{ca} = 24{,}000\ (t_{fu}/b_{fu}')^2 = 93.8$ MPa

- 하부 플랜지

$b_{fl}' / 16.0 = 12.0$ mm ≤ $t_{fl} = 12.0$ mm < $b_{fl}' / 12.9 = 14.9$ mm

⇒① $f_{ca} = 24{,}000\ (t_{fl}/b_{fl}')^2 = 93.8$ MPa

▪ 허용 휨 압축응력 (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.4)

- 상부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (mm²)	⇒	38,400.0 mm²	A_w/A_c = 8.000 > 2.0
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm²)	⇒	4,800.0 mm²	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	⇒	5,600.0 mm	
b_{fu} : 압축플랜지 폭 (mm)	⇒	400.0 mm	
$K = \sqrt{(3 + (A_w/2A_c))}$	⇒	2.646	

5.0 < L / b_{fu} = 5,600.0 / 400.0 = 14.0 ≤ 25.0

⇒② $f_{ca} = 260.0 - 6.60\ (L/b_{fu} - 5.0) = 260.0 - 6.60\times(5{,}600.0/400.0 - 5.0) = 200.6$ MPa

9.3/K = 3.5 < L / b_{fu} = 5,600.0 / 400.0 = 14.0 ≤ 30.0

⇒② $f_{ca} = 140.0 - 1.24\ (K\cdot L/b_{fu} - 9.3) = 140.0 - 1.24\times(2.646\times5{,}600.0/400.0 - 9.3) = 105.6$ MPa

- 하부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (mm²)	⇒	38,400.0 mm²	A_w/A_c = 8.000 > 2.0
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm²)	⇒	4,800.0 mm²	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (mm)	⇒	5,600.0 mm	
b_{fl} : 압축플랜지 폭 (mm)	⇒	400.0 mm	
$K = \sqrt{(3 + (A_w/2A_c))}$	⇒	2.646	

5.0 < L / b_{fl} = 5,600.0 / 400.0 = 14.0 ≤ 25.0

⇒② $f_{ca} = 260.0 - 6.60\ (L/b_{fl} - 5.0) = 260.0 - 6.60\times(5{,}600.0/400.0 - 5.0) = 200.6$ MPa

9.3/K = 3.5 < L / b_{fl} = 5,600.0 / 400.0 = 14.0 ≤ 30.0

⇒② $f_{ca} = 140.0 - 1.24\ (K\cdot L/b_{fl} - 9.3) = 140.0 - 1.24\times(2.646\times5{,}600.0/400.0 - 9.3) = 105.6$ MPa

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우에는 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

f_{ca} = 93.8 MPa , f_{ta} = 140.0 MPa (상부 플랜지) (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1)

υ_a = 80.0 MPa (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5)

∴ ①에 허용응력 값이 ②에 허용응력 값보다 작은 경우에는 국부좌굴에 대한 허용응력을 사용한다.

f_{ca} = 93.8 MPa , f_{ta} = 140.0 MPa (하부 플랜지) (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1)

υ_a = 80.0 MPa (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5)

▪ 응 력 검 토

$\upsilon = V_u / A_w$ = 1,055,136.6 / (2,400.0 × 16.0)

υ = 27.478 MPa ≤ υ_a = 80.0 MPa ····· **O.K !!**

$f_u = M_u \cdot y_{su} / I_{33}$ = 2,383,999,803.0 × 1,212.0 / 32,394,700,800.0

f_u = 89.194 MPa ≤ f_{ca} = 93.8 MPa (상부 플랜지 압축인 경우) ····· **O.K !!**

f_u = 89.194 MPa ≤ f_{ta} = 140.0 MPa (상부 플랜지 인장인 경우) ····· **O.K !!**

$f_l = M_u \cdot y_{sl} / I_{33}$ = 2,383,999,803.0 × 1,212.0 / 32,394,700,800.0

f_l = 89.194 MPa ≤ f_{ta} = 140.0 MPa (하부 플랜지 인장인 경우) ····· **O.K !!**

f_l = 89.194 MPa ≤ f_{ca} = 93.8 MPa (하부 플랜지 압축인 경우) ····· **O.K !!**

▪ 합성응력 검토

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 \le 1.2$$ ····· **O.K !!**

[상부 플랜지 인장, 하부 플랜지 압축]

$(\frac{89.194}{93.750})^2 + (\frac{27.478}{80.000})^2$ = 0.905 + 0.118 = 1.023 ≤ 1.2 ····· **O.K !!**

[상부 플랜지 압축, 하부 플랜지 인장]

$(\frac{89.194}{93.750})^2 + (\frac{27.478}{80.000})^2$ = 0.905 + 0.118 = 1.023 ≤ 1.2 ····· **O.K !!**

[수직보강재를 생략할 수 있는 플랜지 순간격의 최대치] (☞ 도.설 해 3.8.5.1 표3.8.5)

71 t_w = 1,136.0 mm < h_w = 2,400.0 mm **수직보강재 필요**

5) 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

수평 보강재 사용 단수 : n = 1

복부판의 연섬유 압축응력 : f = 89.194 MPa

복부판의 전단응력 : υ = 27.478 MPa

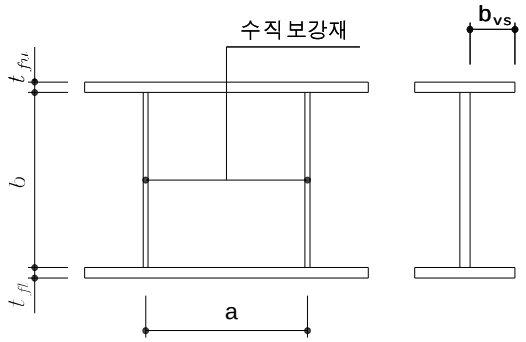
사용 수직 보강재의 폭 : b_{vs} = 180.0 mm

사용 수직 보강재의 두께 : t_{vs} = 14.0 mm

사용 수직 보강재의 간격 : a = 2,000.0 mm

상·하 양 플랜지의 순간격 : b = 2,400.0 mm

복부판의 두께 : t = 16.0 mm



- 세로보로 복부판의 좌굴이 구속되므로 세로보를 포함한 수직보강재의 간격을 검토

- 수직보강재 간격 검토

a / b = 2,000.0 / 2,400.0 = 0.833 ≤ 1.500 ····· **O.K !!**

- 수평 보강재를 사용하지 않을 경우

$a / b \le 1.00$ 이므로 ⇒ 0.423 ≤ 1 ····· **O.K !!**

- 수직 보강재의 강도검토 (☞ 도.설.해 3.8.5.2)

· 필요 강도

$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92$ = 2,400.0 × 16.0³ × 11.520 / 10.92 = 1.037E+07 mm⁴

· 수직 보강재의 소요강비

$r = 8.0[b/a]^2$ = 8.0 × (2,400.0 / 2,000.0)² = 11.520

· 사용 강도

$I_{(use)}$ = ⅓ × 14.0 × 180.0³ × 2 = 5.443E+07 mm⁴

$I_{(use)}$ = 5.443E+07 mm⁴ ≥ $I_{(req)}$ = 1.037E+07 mm⁴ ····· **O.K !!**

- 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토 (☞ 도.설.해 3.8.5.2)

$b_{vs(req)}$ = 2,400.0 / 30 + 50mm = 130.000 mm ≤ $b_{vs(use)}$ = 180.000 mm ····· **O.K !!**

$t_{vs(req)}$ = 180.0 / 13 = 13.846 mm ≤ $t_{vs(use)}$ = 14.000 mm ····· **O.K !!**

▪ 공통 입력 사항

사용강재	단 위 중 량 (kN/m³)			강재할증	차륜하중 (kN)		차륜하중제원(mm)	
	콘크리트	포장	강재		P_r	P_f	L_1	B_1
SM400B	25.00	23.50	78.50	1.27120	96.00	24.00	4,200	1,800

▪ 단면 제원 (단위:mm)

구 분	b_{fu}	b_{fu}'	b_{fl}	b_{fl}'	h_w	t_{fu}	t_w	t_{fl}	I_{33}	y_{su}	y_{sl}
1CR01	400.0	192.0	400.0	192.0	2,400.0	12.0	16.0	12.0	3.239E+10	1,212.0	1,212.0
1CR02	300.0	142.0	300.0	142.0	2,400.0	12.0	16.0	12.0	2.890E+10	1,212.0	1,212.0
1CR03	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR04	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR05	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR06	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR07	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR08	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR09	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR10	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR11	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR12	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR13	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR14	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR15	300.0	142.0	300.0	142.0	2,200.0	12.0	16.0	12.0	2.300E+10	1,112.0	1,112.0
1CR16	400.0	191.0	400.0	191.0	2,600.0	12.0	18.0	12.0	4.274E+10	1,312.0	1,312.0
1CR17	400.0	189.0	400.0	189.0	2,900.0	12.0	22.0	12.0	6.506E+10	1,462.0	1,462.0
1CR18	400.0	189.0	400.0	189.0	2,900.0	12.0	22.0	12.0	6.506E+10	1,462.0	1,462.0
1CR19	400.0	189.0	400.0	189.0	2,900.0	12.0	22.0	12.0	6.506E+10	1,462.0	1,462.0
1CR20	400.0	191.0	400.0	191.0	2,400.0	12.0	18.0	12.0	3.470E+10	1,212.0	1,212.0
1CR21	300.0	143.0	300.0	143.0	1,900.0	12.0	14.0	12.0	1.458E+10	962.0	962.0
1CR22	300.0	144.0	300.0	144.0	1,600.0	12.0	12.0	12.0	8.773E+09	812.0	812.0
1CR23	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR24	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR25	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR26	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR27	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR28	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR29	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR30	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR31	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR32	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR33	300.0	144.0	300.0	144.0	1,600.0	12.0	12.0	12.0	8.773E+09	812.0	812.0
1CR34	300.0	143.0	300.0	143.0	1,900.0	12.0	14.0	12.0	1.458E+10	962.0	962.0
1CR35	400.0	191.0	400.0	191.0	2,400.0	12.0	18.0	12.0	3.470E+10	1,212.0	1,212.0
1CR36	400.0	189.0	400.0	189.0	2,900.0	12.0	22.0	12.0	6.506E+10	1,462.0	1,462.0
1CR37	400.0	189.0	400.0	189.0	2,900.0	12.0	22.0	12.0	6.506E+10	1,462.0	1,462.0
1CR38	400.0	189.0	400.0	189.0	2,900.0	12.0	22.0	12.0	6.506E+10	1,462.0	1,462.0
1CR39	400.0	191.0	400.0	191.0	2,600.0	12.0	18.0	12.0	4.274E+10	1,312.0	1,312.0
1CR40	300.0	142.0	300.0	142.0	2,200.0	12.0	16.0	12.0	2.300E+10	1,112.0	1,112.0
1CR41	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR42	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR43	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR44	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR45	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR46	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR47	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR48	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR49	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR50	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR51	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR52	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR53	300.0	142.0	300.0	142.0	2,400.0	12.0	16.0	12.0	2.890E+10	1,212.0	1,212.0
1CR54	400.0	192.0	400.0	192.0	2,400.0	12.0	16.0	12.0	3.239E+10	1,212.0	1,212.0

▪ 기타 제원 (단위:㎜)

구 분	바닥판두께 t_s	포장두께 t_p	가로보 간격		가로보지간 L	비 고
			B_f	B_r		
1CR01	240.0	50.0	0.0	3,170.0	5,600.0	
1CR02	240.0	50.0	3,170.0	4,000.0	5,600.0	
1CR03	240.0	50.0	4,000.0	4,000.0	5,600.0	
1CR04	240.0	50.0	4,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR05	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR06	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR07	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR08	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR09	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR10	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR11	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR12	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR13	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR14	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR15	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR16	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR17	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR18	240.0	50.0	5,000.0	4,000.0	5,600.0	
1CR19	240.0	50.0	4,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR20	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR21	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR22	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR23	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR24	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR25	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR26	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR27	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR28	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR29	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR30	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR31	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR32	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR33	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR34	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR35	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR36	240.0	50.0	5,000.0	4,000.0	5,600.0	
1CR37	240.0	50.0	4,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR38	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR39	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR40	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR41	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR42	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR43	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR44	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR45	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR46	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR47	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR48	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR49	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR50	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	5,600.0	
1CR51	240.0	50.0	5,000.0	4,000.0	5,600.0	
1CR52	240.0	50.0	4,000.0	4,000.0	5,600.0	
1CR53	240.0	50.0	4,000.0	3,250.0	5,600.0	
1CR54	240.0	50.0	3,250.0	0.0	5,600.0	

▪ 부재 검토 (단위:㎜)

구 분	복부판 두께 검토			상판 두께 검토			하판 두께 검토		
	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정
1CR01	h_w / 150 = 16.0	16.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 12.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 12.0	12.0	0.K
1CR02	h_w / 150 = 16.0	16.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K
1CR03	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR04	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR05	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR06	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR07	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR08	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR09	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR10	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR11	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR12	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR13	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR14	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR15	h_w / 150 = 14.7	16.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K
1CR16	h_w / 150 = 17.3	18.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 11.9	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 11.9	12.0	0.K
1CR17	h_w / 150 = 19.3	22.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K
1CR18	h_w / 150 = 19.3	22.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K
1CR19	h_w / 150 = 19.3	22.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K
1CR20	h_w / 150 = 16.0	18.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 11.9	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 11.9	12.0	0.K
1CR21	h_w / 150 = 12.7	14.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K
1CR22	h_w / 150 = 10.7	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR23	h_w / 150 = 10.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR24	h_w / 150 = 10.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR25	h_w / 150 = 10.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR26	h_w / 150 = 10.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR27	h_w / 150 = 10.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR28	h_w / 150 = 10.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR29	h_w / 150 = 10.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR30	h_w / 150 = 10.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR31	h_w / 150 = 10.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR32	h_w / 150 = 10.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR33	h_w / 150 = 10.7	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR34	h_w / 150 = 12.7	14.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K
1CR35	h_w / 150 = 16.0	18.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 11.9	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 11.9	12.0	0.K
1CR36	h_w / 150 = 19.3	22.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K
1CR37	h_w / 150 = 19.3	22.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K
1CR38	h_w / 150 = 19.3	22.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 11.8	12.0	0.K
1CR39	h_w / 150 = 17.3	18.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 11.9	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 11.9	12.0	0.K
1CR40	h_w / 150 = 14.7	16.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K
1CR41	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR42	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR43	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR44	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR45	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR46	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR47	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR48	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR49	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR50	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR51	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR52	h_w / 150 = 12.0	12.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	0.K
1CR53	h_w / 150 = 16.0	16.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 8.9	12.0	0.K
1CR54	h_w / 150 = 16.0	16.0	0.K	b_{fu}'/ 16 = 12.0	12.0	0.K	b_{fl}'/ 16 = 12.0	12.0	0.K

1) 관 용 해 석

▪ 작용 하중 산정

구 분	활하중 작용점과 세로보 중심간 거리					활하중 작용점 영향선 종거					비 고
	x_1	x_4	x_2	x_5	x_3	y_1	y_4	y_2	y_5	y_3	
1CR01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR04	0.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR05	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR06	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR07	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR08	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR09	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR10	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR11	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR12	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR13	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR14	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR15	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR16	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR17	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR18	800.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR19	0.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR20	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR21	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR22	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR23	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR24	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR25	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR26	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR27	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR28	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR29	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR30	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR31	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR32	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR33	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR34	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR35	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR36	800.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR37	0.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR38	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR39	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR40	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR41	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR42	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR43	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR44	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR45	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR46	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR47	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR48	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR49	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR50	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR51	800.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	

구 분	고 정 하 중 (kN/m)					활 하 중 (kN)			
	W_d	영향선면적	P_{sd}	강재자중	W_{ds}	P_f'	P_r'	충격계수	P_{sl}
1CR01	22.006	1.585	34.879	3.768	4.790	24.000	96.000	0.300	96.000
1CR02	22.006	3.585	78.891	3.580	4.550	24.000	96.000	0.300	96.000
1CR03	22.006	4.000	88.024	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	96.000
1CR04	22.006	4.500	99.027	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	111.360
1CR05	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR06	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR07	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR08	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR09	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR10	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR11	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR12	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR13	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR14	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR15	22.006	5.000	110.030	3.328	4.231	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR16	22.006	5.000	110.030	4.427	5.628	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR17	22.006	5.000	110.030	5.762	7.325	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR18	22.006	4.500	99.027	5.762	7.325	24.000	96.000	0.300	99.840
1CR19	22.006	4.500	99.027	5.762	7.325	24.000	96.000	0.300	111.360
1CR20	22.006	5.000	110.030	4.145	5.269	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR21	22.006	5.000	110.030	2.653	3.373	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR22	22.006	5.000	110.030	2.072	2.634	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR23	22.006	5.000	110.030	1.978	2.515	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR24	22.006	5.000	110.030	1.978	2.515	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR25	22.006	5.000	110.030	1.978	2.515	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR26	22.006	5.000	110.030	1.978	2.515	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR27	22.006	5.000	110.030	1.978	2.515	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR28	22.006	5.000	110.030	1.978	2.515	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR29	22.006	5.000	110.030	1.978	2.515	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR30	22.006	5.000	110.030	1.978	2.515	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR31	22.006	5.000	110.030	1.978	2.515	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR32	22.006	5.000	110.030	1.978	2.515	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR33	22.006	5.000	110.030	2.072	2.634	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR34	22.006	5.000	110.030	2.653	3.373	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR35	22.006	5.000	110.030	4.145	5.269	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR36	22.006	4.500	99.027	5.762	7.325	24.000	96.000	0.300	99.840
1CR37	22.006	4.500	99.027	5.762	7.325	24.000	96.000	0.300	111.360
1CR38	22.006	5.000	110.030	5.762	7.325	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR39	22.006	5.000	110.030	4.427	5.628	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR40	22.006	5.000	110.030	3.328	4.231	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR41	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR42	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR43	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR44	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR45	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR46	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR47	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR48	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR49	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR50	22.006	5.000	110.030	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR51	22.006	4.500	99.027	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	99.840
1CR52	22.006	4.000	88.024	2.261	2.874	24.000	96.000	0.300	96.000
1CR53	22.006	3.625	79.772	3.580	4.550	24.000	96.000	0.300	96.000
1CR54	22.006	1.625	35.760	3.768	4.790	24.000	96.000	0.300	96.000

▪ 관용해석에 의한 전단력 산정 (단위:kN)

구 분	가로보 끝단에서 윤하중까지의 거리					활하중 작용점 영향선 종거					비 고
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	
1CR01	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR02	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR03	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR04	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR05	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR06	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR07	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR08	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR09	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR10	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR11	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR12	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR13	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR14	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR15	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR16	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR17	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR18	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR19	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR20	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR21	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR22	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR23	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR24	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR25	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR26	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR27	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR28	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR29	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR30	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR31	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR32	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR33	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR34	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR35	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR36	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR37	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR38	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR39	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR40	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR41	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR42	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR43	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR44	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR45	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR46	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR47	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR48	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR49	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR50	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR51	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR52	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR53	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	
1CR54	0.0	1,200.0	3,000.0	4,200.0	-	1.000	0.786	0.464	0.250	-	

구 분	윤하중 하중수(n)	영향선면적 A	종거합 ∑y	고정하중 V_d	활하중 V_{Li}	V_t	비 고
1CR01	4.0	2.800	2.500	30.851	312.000	342.851	
1CR02	4.0	2.800	2.500	52.187	312.000	364.187	
1CR03	4.0	2.800	2.500	52.059	312.000	364.059	
1CR04	4.0	2.800	2.500	57.560	361.920	419.480	
1CR05	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR06	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR07	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR08	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR09	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR10	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR11	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR12	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR13	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR14	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR15	4.0	2.800	2.500	66.862	374.400	441.262	
1CR16	4.0	2.800	2.500	70.774	374.400	445.174	
1CR17	4.0	2.800	2.500	75.524	374.400	449.924	
1CR18	4.0	2.800	2.500	70.022	324.480	394.502	
1CR19	4.0	2.800	2.500	70.022	361.920	431.942	
1CR20	4.0	2.800	2.500	69.768	374.400	444.168	
1CR21	4.0	2.800	2.500	64.459	374.400	438.859	
1CR22	4.0	2.800	2.500	62.391	374.400	436.791	
1CR23	4.0	2.800	2.500	62.056	374.400	436.456	
1CR24	4.0	2.800	2.500	62.056	374.400	436.456	
1CR25	4.0	2.800	2.500	62.056	374.400	436.456	
1CR26	4.0	2.800	2.500	62.056	374.400	436.456	
1CR27	4.0	2.800	2.500	62.056	374.400	436.456	
1CR28	4.0	2.800	2.500	62.056	374.400	436.456	
1CR29	4.0	2.800	2.500	62.056	374.400	436.456	
1CR30	4.0	2.800	2.500	62.056	374.400	436.456	
1CR31	4.0	2.800	2.500	62.056	374.400	436.456	
1CR32	4.0	2.800	2.500	62.056	374.400	436.456	
1CR33	4.0	2.800	2.500	62.391	374.400	436.791	
1CR34	4.0	2.800	2.500	64.459	374.400	438.859	
1CR35	4.0	2.800	2.500	69.768	374.400	444.168	
1CR36	4.0	2.800	2.500	70.022	324.480	394.502	
1CR37	4.0	2.800	2.500	70.022	361.920	431.942	
1CR38	4.0	2.800	2.500	75.524	374.400	449.924	
1CR39	4.0	2.800	2.500	70.774	374.400	445.174	
1CR40	4.0	2.800	2.500	66.862	374.400	441.262	
1CR41	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR42	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR43	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR44	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR45	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR46	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR47	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR48	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR49	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR50	4.0	2.800	2.500	63.062	374.400	437.462	
1CR51	4.0	2.800	2.500	57.560	324.480	382.040	
1CR52	4.0	2.800	2.500	52.059	312.000	364.059	
1CR53	4.0	2.800	2.500	52.627	312.000	364.627	
1CR54	4.0	2.800	2.500	31.292	312.000	343.292	

▪ 관용해석에 의한 모멘트 산정

(단위:kN·m)

구 분	가로보 끝단에서 윤하중까지의 거리					활하중 작용점 영향선 종거					비 고
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	
1CR01	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR02	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR03	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR04	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR05	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR06	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR07	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR08	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR09	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR10	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR11	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR12	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR13	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR14	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR15	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR16	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR17	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR18	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR19	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR20	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR21	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR22	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR23	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR24	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR25	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR26	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR27	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR28	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR29	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR30	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR31	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR32	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR33	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR34	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR35	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR36	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR37	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR38	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR39	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR40	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR41	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR42	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR43	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR44	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR45	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR46	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR47	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR48	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR49	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR50	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR51	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR52	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR53	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	
1CR54	0.0	1,200.0	1,800.0	-	-	1.000	0.571	0.357	-	-	

구 분	n	영향선면적 A	종거합 ∑y	고정하중 M_d	활하중 M_{Li}	M_t	비 고
1CR01	3.0	2.800	1.929	67.608	336.960	404.568	
1CR02	3.0	2.800	1.929	128.285	336.960	465.245	
1CR03	3.0	2.800	1.929	134.499	336.960	471.459	
1CR04	3.0	2.800	1.929	149.903	390.874	540.777	
1CR05	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR06	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR07	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR08	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR09	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR10	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR11	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR12	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR13	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR14	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR15	3.0	2.800	1.929	170.627	404.352	574.979	
1CR16	3.0	2.800	1.929	176.104	404.352	580.456	
1CR17	3.0	2.800	1.929	182.754	404.352	587.106	
1CR18	3.0	2.800	1.929	167.350	350.438	517.788	
1CR19	3.0	2.800	1.929	167.350	390.874	558.223	
1CR20	3.0	2.800	1.929	174.696	404.352	579.048	
1CR21	3.0	2.800	1.929	167.263	404.352	571.615	
1CR22	3.0	2.800	1.929	164.369	404.352	568.721	
1CR23	3.0	2.800	1.929	163.899	404.352	568.251	
1CR24	3.0	2.800	1.929	163.899	404.352	568.251	
1CR25	3.0	2.800	1.929	163.899	404.352	568.251	
1CR26	3.0	2.800	1.929	163.899	404.352	568.251	
1CR27	3.0	2.800	1.929	163.899	404.352	568.251	
1CR28	3.0	2.800	1.929	163.899	404.352	568.251	
1CR29	3.0	2.800	1.929	163.899	404.352	568.251	
1CR30	3.0	2.800	1.929	163.899	404.352	568.251	
1CR31	3.0	2.800	1.929	163.899	404.352	568.251	
1CR32	3.0	2.800	1.929	163.899	404.352	568.251	
1CR33	3.0	2.800	1.929	164.369	404.352	568.721	
1CR34	3.0	2.800	1.929	167.263	404.352	571.615	
1CR35	3.0	2.800	1.929	174.696	404.352	579.048	
1CR36	3.0	2.800	1.929	167.350	350.438	517.788	
1CR37	3.0	2.800	1.929	167.350	390.874	558.223	
1CR38	3.0	2.800	1.929	182.754	404.352	587.106	
1CR39	3.0	2.800	1.929	176.104	404.352	580.456	
1CR40	3.0	2.800	1.929	170.627	404.352	574.979	
1CR41	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR42	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR43	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR44	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR45	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR46	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR47	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR48	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR49	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR50	3.0	2.800	1.929	165.307	404.352	569.659	
1CR51	3.0	2.800	1.929	149.903	350.438	500.342	
1CR52	3.0	2.800	1.929	134.499	336.960	471.459	
1CR53	3.0	2.800	1.929	129.518	336.960	466.478	
1CR54	3.0	2.800	1.929	68.840	336.960	405.800	

2) 격 자 해 석

▪ 격자해석에 의한 전단력 해석결과 (단위:kN)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	V_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1CR01	kN	31.992	294.105	123.532	603.823	1.684	1,055.137	108
1CR02	kN	15.840	87.504	44.976	242.310	0.458	391.087	110
1CR03	kN	7.511	27.031	15.887	148.702	0.070	199.201	112
1CR04	kN	8.147	42.348	16.679	182.954	0.033	250.159	114
1CR05	kN	7.367	36.392	14.455	201.139	0.030	259.382	116
1CR06	kN	8.445	51.388	15.524	204.425	0.024	279.807	118
1CR07	kN	9.414	65.007	15.655	204.173	0.053	294.302	120
1CR08	kN	9.526	66.179	16.189	203.773	0.103	295.769	122
1CR09	kN	9.612	66.892	16.771	203.905	0.187	297.368	124
1CR10	kN	9.059	58.817	14.797	203.073	0.168	285.914	126
1CR11	kN	9.486	63.394	15.882	202.860	0.423	292.046	128
1CR12	kN	8.914	56.882	16.299	199.608	0.661	282.364	130
1CR13	kN	9.116	57.196	15.962	194.408	1.044	277.726	132
1CR14	kN	7.512	34.847	12.565	182.979	1.159	239.062	134
1CR15	kN	6.389	-31.878	3.717	196.612	1.805	176.645	136
1CR16	kN	-6.586	-65.121	-14.485	-147.657	-2.212	236.060	138
1CR17	kN	-3.794	-50.404	-28.711	-285.045	-4.399	372.353	140
1CR18	kN	-3.047	-61.310	-33.402	-526.283	-5.742	629.784	142
1CR19	kN	-1.571	-29.385	-19.772	-295.204	-4.902	350.835	144
1CR20	kN	14.585	13.237	-1.462	242.190	4.629	273.179	146
1CR21	kN	9.705	13.883	6.929	185.563	2.187	218.268	148
1CR22	kN	6.642	33.279	13.123	183.986	1.110	238.139	150
1CR23	kN	6.578	42.707	13.476	187.954	0.901	251.615	152
1CR24	kN	7.152	51.600	14.337	195.689	0.553	269.331	154
1CR25	kN	7.239	53.332	15.309	200.494	0.385	276.759	156
1CR26	kN	7.264	52.419	15.053	203.513	0.182	278.430	158
1CR27	kN	7.299	52.767	15.019	205.468	0.077	280.630	160
1CR28	kN	7.297	52.762	14.933	205.507	0.092	280.591	162
1CR29	kN	7.243	52.025	14.746	203.611	0.179	277.805	164
1CR30	kN	7.212	52.629	14.800	200.594	0.336	275.571	166
1CR31	kN	7.135	51.233	13.682	195.733	0.421	268.203	168
1CR32	kN	6.711	44.433	12.702	188.185	0.654	252.685	170
1CR33	kN	6.768	39.933	12.194	184.491	0.682	244.068	172
1CR34	kN	9.033	15.347	6.172	186.989	1.373	218.914	174
1CR35	kN	14.141	2.883	-1.385	226.077	2.844	244.560	176
1CR36	kN	-2.353	-23.406	-16.790	-283.592	-3.147	329.288	178
1CR37	kN	-3.446	-38.958	-23.707	-496.332	-3.772	566.214	180
1CR38	kN	-3.411	-21.188	-15.893	-258.194	-3.013	301.699	182
1CR39	kN	12.426	-12.233	-3.480	211.729	2.674	211.115	184
1CR40	kN	9.489	15.799	8.707	196.124	1.311	231.431	186
1CR41	kN	7.833	42.309	13.163	181.216	0.740	245.260	188
1CR42	kN	8.592	52.466	15.007	191.051	0.622	267.739	190
1CR43	kN	8.278	49.696	14.787	196.102	0.326	269.189	192
1CR44	kN	8.842	55.506	15.173	200.038	0.234	279.793	194
1CR45	kN	8.433	50.657	14.274	200.443	0.063	273.870	196
1CR46	kN	8.814	55.630	15.482	200.749	0.086	280.761	198
1CR47	kN	8.768	55.136	15.182	200.990	0.043	280.120	200
1CR48	kN	8.672	53.992	14.877	201.515	0.019	279.076	202
1CR49	kN	8.326	49.328	15.011	201.834	0.012	274.512	204
1CR50	kN	7.769	42.561	14.296	198.719	0.018	263.363	206
1CR51	kN	8.212	44.026	14.943	179.748	0.016	246.946	208
1CR52	kN	7.556	28.309	12.416	145.140	0.048	193.468	210
1CR53	kN	14.159	63.203	25.691	212.844	0.161	316.056	212
1CR54	kN	22.066	144.255	56.459	509.974	0.620	733.374	214

▪ 격자해석에 의한 모멘트 해석결과 (단위:kN·m)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	M_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1CR01	kN·m	-25.700	-643.234	-419.154	-1,291.140	-4.772	2,384.000	108
1CR02	kN·m	40.517	204.388	-72.803	481.089	0.134	653.326	110
1CR03	kN·m	18.764	114.000	-34.468	279.075	0.069	377.441	112
1CR04	kN·m	20.879	151.057	-38.322	305.777	0.066	439.457	114
1CR05	kN·m	21.134	161.157	-45.965	315.843	0.133	452.303	116
1CR06	kN·m	21.743	166.391	-50.565	315.413	0.141	453.123	118
1CR07	kN·m	21.619	164.188	-54.124	315.580	0.174	447.437	120
1CR08	kN·m	21.690	165.631	-55.414	316.377	0.189	448.473	122
1CR09	kN·m	21.951	170.910	-54.649	316.740	0.173	455.125	124
1CR10	kN·m	21.519	168.500	-53.908	313.838	0.213	450.161	126
1CR11	kN·m	22.240	181.147	-49.579	312.682	0.122	466.611	128
1CR12	kN·m	21.126	174.223	-45.935	305.727	0.212	455.353	130
1CR13	kN·m	21.254	180.663	-37.510	303.658	0.075	468.140	132
1CR14	kN·m	19.754	167.633	-27.913	293.110	0.053	452.638	134
1CR15	kN·m	30.579	296.029	-59.681	390.709	3.131	660.767	136
1CR16	kN·m	43.649	401.292	-38.957	585.194	5.695	996.872	138
1CR17	kN·m	51.377	414.324	-31.843	818.177	11.342	1,263.377	140
1CR18	kN·m	54.092	445.746	-26.458	1,052.423	14.801	1,540.604	142
1CR19	kN·m	43.012	331.905	-57.922	823.518	12.675	1,153.189	144
1CR20	kN·m	23.078	165.055	-69.547	587.616	7.751	713.953	146
1CR21	kN·m	22.827	172.584	-36.275	333.807	0.491	493.435	148
1CR22	kN·m	16.784	180.843	-22.189	286.841	0.042	462.321	150
1CR23	kN·m	17.149	179.935	-27.320	285.527	0.094	455.385	152
1CR24	kN·m	18.882	191.900	-35.078	294.220	0.025	469.949	154
1CR25	kN·m	19.286	191.681	-41.231	300.540	0.018	470.293	156
1CR26	kN·m	19.466	189.826	-45.693	303.738	0.049	467.386	158
1CR27	kN·m	19.576	190.148	-47.384	306.612	0.034	468.986	160
1CR28	kN·m	19.594	190.121	-47.420	306.453	0.039	468.788	162
1CR29	kN·m	19.527	189.602	-45.827	303.075	0.060	466.437	164
1CR30	kN·m	19.426	191.017	-41.483	300.075	0.034	469.068	166
1CR31	kN·m	19.161	190.755	-35.487	293.830	0.049	468.309	168
1CR32	kN·m	17.867	178.770	-27.802	284.997	0.039	453.872	170
1CR33	kN·m	18.101	178.792	-22.897	286.013	0.090	460.099	172
1CR34	kN·m	23.119	169.396	-37.361	331.236	0.299	486.689	174
1CR35	kN·m	22.534	187.186	-71.973	548.588	4.806	691.142	176
1CR36	kN·m	45.310	311.438	-75.298	785.661	8.236	1,075.348	178
1CR37	kN·m	53.319	369.127	-57.329	992.449	9.854	1,367.420	180
1CR38	kN·m	48.892	317.189	-71.992	778.738	7.906	1,080.733	182
1CR39	kN·m	34.497	242.373	-72.203	559.197	4.234	768.098	184
1CR40	kN·m	31.244	199.669	-49.982	379.556	0.042	560.529	186
1CR41	kN·m	19.617	163.502	-27.699	291.944	0.021	447.386	188
1CR42	kN·m	21.345	179.226	-36.357	303.038	0.030	467.282	190
1CR43	kN·m	21.506	177.134	-43.715	305.596	0.098	460.618	192
1CR44	kN·m	22.937	188.804	-46.289	312.478	0.038	477.968	194
1CR45	kN·m	22.476	180.409	-49.671	313.701	0.056	466.971	196
1CR46	kN·m	23.027	184.987	-49.752	316.876	0.014	475.153	198
1CR47	kN·m	22.825	180.986	-50.101	316.586	0.034	470.329	200
1CR48	kN·m	22.753	179.842	-48.688	315.895	0.030	469.831	202
1CR49	kN·m	22.717	179.838	-45.492	315.828	0.018	472.908	204
1CR50	kN·m	21.877	171.296	-41.678	315.442	0.038	466.975	206
1CR51	kN·m	21.398	158.025	-35.083	304.873	0.005	449.217	208
1CR52	kN·m	19.028	117.304	-32.525	277.876	0.040	381.724	210
1CR53	kN·m	40.545	204.876	-71.213	482.188	0.031	656.427	212
1CR54	kN·m	1.578	-231.150	-231.630	-1,035.176	-1.724	1,498.103	214

3) 단 면 검 토

▪ 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력

구 분	상부 플랜지 (f_{ca})	하부 플랜지 (f_{ca})
1CR01	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 93.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 93.750 MPa
1CR02	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR03	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR04	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR05	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR06	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR07	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR08	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR09	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR10	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR11	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR12	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR13	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR14	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR15	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR16	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 94.734 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 94.734 MPa
1CR17	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 96.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 96.750 MPa
1CR18	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 96.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 96.750 MPa
1CR19	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 96.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 96.750 MPa
1CR20	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 94.734 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 94.734 MPa
1CR21	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR22	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR23	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR24	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR25	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR26	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR27	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR28	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR29	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR30	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR31	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR32	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR33	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR34	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR35	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 94.734 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 94.734 MPa
1CR36	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 96.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 96.750 MPa
1CR37	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 96.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 96.750 MPa
1CR38	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 96.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 96.750 MPa
1CR39	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 94.734 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 94.734 MPa
1CR40	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR41	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR42	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR43	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR44	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR45	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR46	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR47	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR48	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR49	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR50	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR51	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR52	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR53	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR54	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 93.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 93.750 MPa

▪ 허용 휨 압축응력

구 분	상 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1CR01	38,400.0	4,800.0	8.000	2.646	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 105.602 MPa	
1CR02	38,400.0	3,600.0	10.667	2.887	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 84.713 MPa	
1CR03	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR04	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR05	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR06	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR07	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR08	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR09	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR10	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR11	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR12	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR13	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR14	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR15	35,200.0	3,600.0	9.778	2.809	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 86.520 MPa	
1CR16	46,800.0	4,800.0	9.750	2.806	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 102.816 MPa	
1CR17	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR18	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR19	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR20	43,200.0	4,800.0	9.000	2.739	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 103.990 MPa	
1CR21	26,600.0	3,600.0	7.389	2.587	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 91.643 MPa	
1CR22	19,200.0	3,600.0	5.333	2.380	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 96.432 MPa	
1CR23	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR24	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR25	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR26	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR27	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR28	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR29	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR30	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR31	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR32	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR33	19,200.0	3,600.0	5.333	2.380	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 96.432 MPa	
1CR34	26,600.0	3,600.0	7.389	2.587	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 91.643 MPa	
1CR35	43,200.0	4,800.0	9.000	2.739	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 103.990 MPa	
1CR36	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR37	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR38	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR39	46,800.0	4,800.0	9.750	2.806	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 102.816 MPa	
1CR40	35,200.0	3,600.0	9.778	2.809	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 86.520 MPa	
1CR41	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR42	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR43	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR44	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR45	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR46	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR47	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR48	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR49	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR50	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR51	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR52	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR53	38,400.0	3,600.0	10.667	2.887	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 84.713 MPa	
1CR54	38,400.0	4,800.0	8.000	2.646	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 105.602 MPa	

구 분	하 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1CR01	38,400.0	4,800.0	8.000	2.646	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 105.602 MPa	
1CR02	38,400.0	3,600.0	10.667	2.887	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 84.713 MPa	
1CR03	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR04	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR05	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR06	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR07	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR08	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR09	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR10	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR11	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR12	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR13	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR14	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR15	35,200.0	3,600.0	9.778	2.809	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 86.520 MPa	
1CR16	46,800.0	4,800.0	9.750	2.806	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 102.816 MPa	
1CR17	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR18	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR19	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR20	43,200.0	4,800.0	9.000	2.739	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 103.990 MPa	
1CR21	26,600.0	3,600.0	7.389	2.587	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 91.643 MPa	
1CR22	19,200.0	3,600.0	5.333	2.380	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 96.432 MPa	
1CR23	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR24	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR25	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR26	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR27	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR28	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR29	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR30	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR31	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR32	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.248 MPa	
1CR33	19,200.0	3,600.0	5.333	2.380	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 96.432 MPa	
1CR34	26,600.0	3,600.0	7.389	2.587	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 91.643 MPa	
1CR35	43,200.0	4,800.0	9.000	2.739	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 103.990 MPa	
1CR36	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR37	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR38	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 97.616 MPa	
1CR39	46,800.0	4,800.0	9.750	2.806	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 102.816 MPa	
1CR40	35,200.0	3,600.0	9.778	2.809	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 86.520 MPa	
1CR41	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR42	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR43	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR44	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR45	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR46	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR47	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR48	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR49	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR50	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR51	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR52	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 94.834 MPa	
1CR53	38,400.0	3,600.0	10.667	2.887	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 84.713 MPa	
1CR54	38,400.0	4,800.0	8.000	2.646	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 105.602 MPa	

▪ 계산 적용 부재력 및 허용응력

구 분	V_{umax} (kN)	M_{umax} (kN·m)	상부 플랜지 (MPa)			하부 플랜지 (MPa)			비 고
			f_{ca}	f_{ta}	υ_a	f_{ca}	f_{ta}	υ_a	
1CR01	1,055.14	2,384.00	93.75	140.00	80.00	93.75	140.00	80.00	
1CR02	391.09	653.33	84.71	140.00	80.00	84.71	140.00	80.00	
1CR03	364.06	471.46	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR04	419.48	540.78	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR05	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR06	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR07	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR08	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR09	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR10	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR11	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR12	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR13	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR14	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR15	441.26	660.77	86.52	140.00	80.00	86.52	140.00	80.00	
1CR16	445.17	996.87	94.73	140.00	80.00	94.73	140.00	80.00	
1CR17	449.92	1,263.38	96.75	140.00	80.00	96.75	140.00	80.00	
1CR18	629.78	1,540.60	96.75	140.00	80.00	96.75	140.00	80.00	
1CR19	431.94	1,153.19	96.75	140.00	80.00	96.75	140.00	80.00	
1CR20	444.17	713.95	94.73	140.00	80.00	94.73	140.00	80.00	
1CR21	438.86	571.62	91.64	140.00	80.00	91.64	140.00	80.00	
1CR22	436.79	568.72	96.43	140.00	80.00	96.43	140.00	80.00	
1CR23	436.46	568.25	97.25	140.00	80.00	97.25	140.00	80.00	
1CR24	436.46	568.25	97.25	140.00	80.00	97.25	140.00	80.00	
1CR25	436.46	568.25	97.25	140.00	80.00	97.25	140.00	80.00	
1CR26	436.46	568.25	97.25	140.00	80.00	97.25	140.00	80.00	
1CR27	436.46	568.25	97.25	140.00	80.00	97.25	140.00	80.00	
1CR28	436.46	568.25	97.25	140.00	80.00	97.25	140.00	80.00	
1CR29	436.46	568.25	97.25	140.00	80.00	97.25	140.00	80.00	
1CR30	436.46	568.25	97.25	140.00	80.00	97.25	140.00	80.00	
1CR31	436.46	568.25	97.25	140.00	80.00	97.25	140.00	80.00	
1CR32	436.46	568.25	97.25	140.00	80.00	97.25	140.00	80.00	
1CR33	436.79	568.72	96.43	140.00	80.00	96.43	140.00	80.00	
1CR34	438.86	571.62	91.64	140.00	80.00	91.64	140.00	80.00	
1CR35	444.17	691.14	94.73	140.00	80.00	94.73	140.00	80.00	
1CR36	394.50	1,075.35	96.75	140.00	80.00	96.75	140.00	80.00	
1CR37	566.21	1,367.42	96.75	140.00	80.00	96.75	140.00	80.00	
1CR38	449.92	1,080.73	96.75	140.00	80.00	96.75	140.00	80.00	
1CR39	445.17	768.10	94.73	140.00	80.00	94.73	140.00	80.00	
1CR40	441.26	574.98	86.52	140.00	80.00	86.52	140.00	80.00	
1CR41	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR42	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR43	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR44	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR45	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR46	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR47	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR48	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR49	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR50	437.46	569.66	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR51	382.04	500.34	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR52	364.06	471.46	94.83	140.00	80.00	94.83	140.00	80.00	
1CR53	364.63	656.43	84.71	140.00	80.00	84.71	140.00	80.00	
1CR54	733.37	1,498.10	93.75	140.00	80.00	93.75	140.00	80.00	

▪ 응 력 검 토

구 분	전단응력 (MPa)			상부 플랜지 (MPa)				하부 플랜지 (MPa)			
	υ	υ_a	판정	f_u	f_{ca}	f_{ta}	판정	f_l	f_{ca}	f_{ta}	판정
1CR01	27.48	80.00	O.K	89.19	93.75	140.00	O.K	89.19	93.75	140.00	O.K
1CR02	10.18	80.00	O.K	27.40	84.71	140.00	O.K	27.40	84.71	140.00	O.K
1CR03	16.85	80.00	O.K	36.62	94.83	140.00	O.K	36.62	94.83	140.00	O.K
1CR04	19.42	80.00	O.K	42.00	94.83	140.00	O.K	42.00	94.83	140.00	O.K
1CR05	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR06	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR07	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR08	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR09	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR10	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR11	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR12	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR13	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR14	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR15	12.54	80.00	O.K	31.94	86.52	140.00	O.K	31.94	86.52	140.00	O.K
1CR16	9.51	80.00	O.K	30.60	94.73	140.00	O.K	30.60	94.73	140.00	O.K
1CR17	7.05	80.00	O.K	28.39	96.75	140.00	O.K	28.39	96.75	140.00	O.K
1CR18	9.87	80.00	O.K	34.62	96.75	140.00	O.K	34.62	96.75	140.00	O.K
1CR19	6.77	80.00	O.K	25.91	96.75	140.00	O.K	25.91	96.75	140.00	O.K
1CR20	10.28	80.00	O.K	24.94	94.73	140.00	O.K	24.94	94.73	140.00	O.K
1CR21	16.50	80.00	O.K	37.71	91.64	140.00	O.K	37.71	91.64	140.00	O.K
1CR22	22.75	80.00	O.K	52.64	96.43	140.00	O.K	52.64	96.43	140.00	O.K
1CR23	24.25	80.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K
1CR24	24.25	80.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K
1CR25	24.25	80.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K
1CR26	24.25	80.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K
1CR27	24.25	80.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K
1CR28	24.25	80.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K
1CR29	24.25	80.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K
1CR30	24.25	80.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K
1CR31	24.25	80.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K
1CR32	24.25	80.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K	57.81	97.25	140.00	O.K
1CR33	22.75	80.00	O.K	52.64	96.43	140.00	O.K	52.64	96.43	140.00	O.K
1CR34	16.50	80.00	O.K	37.71	91.64	140.00	O.K	37.71	91.64	140.00	O.K
1CR35	10.28	80.00	O.K	24.14	94.73	140.00	O.K	24.14	94.73	140.00	O.K
1CR36	6.18	80.00	O.K	24.16	96.75	140.00	O.K	24.16	96.75	140.00	O.K
1CR37	8.87	80.00	O.K	30.73	96.75	140.00	O.K	30.73	96.75	140.00	O.K
1CR38	7.05	80.00	O.K	24.28	96.75	140.00	O.K	24.28	96.75	140.00	O.K
1CR39	9.51	80.00	O.K	23.58	94.73	140.00	O.K	23.58	94.73	140.00	O.K
1CR40	12.54	80.00	O.K	27.79	86.52	140.00	O.K	27.79	86.52	140.00	O.K
1CR41	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR42	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR43	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR44	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR45	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR46	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR47	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR48	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR49	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR50	20.25	80.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K	44.24	94.83	140.00	O.K
1CR51	17.69	80.00	O.K	38.86	94.83	140.00	O.K	38.86	94.83	140.00	O.K
1CR52	16.85	80.00	O.K	36.62	94.83	140.00	O.K	36.62	94.83	140.00	O.K
1CR53	9.50	80.00	O.K	27.53	84.71	140.00	O.K	27.53	84.71	140.00	O.K
1CR54	19.10	80.00	O.K	56.05	93.75	140.00	O.K	56.05	93.75	140.00	O.K

▪ 합성 응력 검토

구 분	상부 플랜지 인장 하부 플랜지 압축인 경우					상부 플랜지 압축 하부 플랜지 인장인 경우				
	인장	전단	합성응력	허용	판별	인장	전단	합성응력	허용	판별
1CR01	0.905	0.118	1.023	1.2	O.K	0.905	0.118	1.023	1.2	O.K
1CR02	0.105	0.016	0.121	1.2	O.K	0.105	0.016	0.121	1.2	O.K
1CR03	0.149	0.044	0.193	1.2	O.K	0.149	0.044	0.193	1.2	O.K
1CR04	0.196	0.059	0.255	1.2	O.K	0.196	0.059	0.255	1.2	O.K
1CR05	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR06	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR07	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR08	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR09	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR10	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR11	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR12	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR13	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR14	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR15	0.136	0.025	0.161	1.2	O.K	0.136	0.025	0.161	1.2	O.K
1CR16	0.104	0.014	0.118	1.2	O.K	0.104	0.014	0.118	1.2	O.K
1CR17	0.086	0.008	0.094	1.2	O.K	0.086	0.008	0.094	1.2	O.K
1CR18	0.128	0.015	0.143	1.2	O.K	0.128	0.015	0.143	1.2	O.K
1CR19	0.072	0.007	0.079	1.2	O.K	0.072	0.007	0.079	1.2	O.K
1CR20	0.069	0.017	0.086	1.2	O.K	0.069	0.017	0.086	1.2	O.K
1CR21	0.169	0.043	0.212	1.2	O.K	0.169	0.043	0.212	1.2	O.K
1CR22	0.298	0.081	0.379	1.2	O.K	0.298	0.081	0.379	1.2	O.K
1CR23	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K
1CR24	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K
1CR25	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K
1CR26	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K
1CR27	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K
1CR28	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K
1CR29	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K
1CR30	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K
1CR31	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K
1CR32	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K	0.353	0.092	0.445	1.2	O.K
1CR33	0.298	0.081	0.379	1.2	O.K	0.298	0.081	0.379	1.2	O.K
1CR34	0.169	0.043	0.212	1.2	O.K	0.169	0.043	0.212	1.2	O.K
1CR35	0.065	0.017	0.081	1.2	O.K	0.065	0.017	0.081	1.2	O.K
1CR36	0.062	0.006	0.068	1.2	O.K	0.062	0.006	0.068	1.2	O.K
1CR37	0.101	0.012	0.113	1.2	O.K	0.101	0.012	0.113	1.2	O.K
1CR38	0.063	0.008	0.071	1.2	O.K	0.063	0.008	0.071	1.2	O.K
1CR39	0.062	0.014	0.076	1.2	O.K	0.062	0.014	0.076	1.2	O.K
1CR40	0.103	0.025	0.128	1.2	O.K	0.103	0.025	0.128	1.2	O.K
1CR41	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR42	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR43	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR44	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR45	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR46	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR47	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR48	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR49	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR50	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K	0.218	0.064	0.282	1.2	O.K
1CR51	0.168	0.049	0.217	1.2	O.K	0.168	0.049	0.217	1.2	O.K
1CR52	0.149	0.044	0.193	1.2	O.K	0.149	0.044	0.193	1.2	O.K
1CR53	0.106	0.014	0.120	1.2	O.K	0.106	0.014	0.120	1.2	O.K
1CR54	0.357	0.057	0.414	1.2	O.K	0.357	0.057	0.414	1.2	O.K

4) 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

▪ 수직 보강재 설치 검토 및 단면 제원

구 분	설치 검토 (mm)			n	f	υ	b_{vs}	t_{vs}	a	b	t
	순간격	허용값	판 정		(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1CR01	2,400.0	1,136.0	필 요	1	89.194	27.478	180.0	14.0	2,000.0	2,400.0	16.0
1CR02	2,400.0	1,136.0	필 요	1	27.395	10.185	130.0	10.0	2,000.0	2,400.0	16.0
1CR03	1,800.0	852.0	필 요	0	36.618	16.855	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR04	1,800.0	852.0	필 요	0	42.002	19.420	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR05	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR06	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR07	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR08	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR09	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR10	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR11	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR12	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR13	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR14	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR15	2,200.0	1,136.0	필 요	0	31.940	12.536	130.0	10.0	2,800.0	2,200.0	16.0
1CR16	2,600.0	1,278.0	필 요	0	30.603	9.512	180.0	14.0	2,800.0	2,600.0	18.0
1CR17	2,900.0	1,562.0	필 요	1	28.388	7.052	180.0	20.0	2,000.0	2,900.0	22.0
1CR18	2,900.0	1,562.0	필 요	1	34.617	9.871	180.0	20.0	2,000.0	2,900.0	22.0
1CR19	2,900.0	1,562.0	필 요	1	25.912	6.770	180.0	20.0	2,000.0	2,900.0	22.0
1CR20	2,400.0	1,278.0	필 요	0	24.938	10.282	180.0	14.0	2,800.0	2,400.0	18.0
1CR21	1,900.0	994.0	필 요	0	37.709	16.498	130.0	10.0	2,800.0	1,900.0	14.0
1CR22	1,600.0	852.0	필 요	0	52.636	22.750	130.0	10.0	2,800.0	1,600.0	12.0
1CR23	1,500.0	852.0	필 요	0	57.810	24.248	130.0	10.0	2,800.0	1,500.0	12.0
1CR24	1,500.0	852.0	필 요	0	57.810	24.248	130.0	10.0	2,800.0	1,500.0	12.0
1CR25	1,500.0	852.0	필 요	0	57.810	24.248	130.0	10.0	2,800.0	1,500.0	12.0
1CR26	1,500.0	852.0	필 요	0	57.810	24.248	130.0	10.0	2,800.0	1,500.0	12.0
1CR27	1,500.0	852.0	필 요	0	57.810	24.248	130.0	10.0	2,800.0	1,500.0	12.0
1CR28	1,500.0	852.0	필 요	0	57.810	24.248	130.0	10.0	2,800.0	1,500.0	12.0
1CR29	1,500.0	852.0	필 요	0	57.810	24.248	130.0	10.0	2,800.0	1,500.0	12.0
1CR30	1,500.0	852.0	필 요	0	57.810	24.248	130.0	10.0	2,800.0	1,500.0	12.0
1CR31	1,500.0	852.0	필 요	0	57.810	24.248	130.0	10.0	2,800.0	1,500.0	12.0
1CR32	1,500.0	852.0	필 요	0	57.810	24.248	130.0	10.0	2,800.0	1,500.0	12.0
1CR33	1,600.0	852.0	필 요	0	52.636	22.750	130.0	10.0	2,800.0	1,600.0	12.0
1CR34	1,900.0	994.0	필 요	0	37.709	16.498	130.0	10.0	2,800.0	1,900.0	14.0
1CR35	2,400.0	1,278.0	필 요	0	24.141	10.282	180.0	14.0	2,800.0	2,400.0	18.0
1CR36	2,900.0	1,562.0	필 요	1	24.163	6.183	180.0	20.0	2,000.0	2,900.0	22.0
1CR37	2,900.0	1,562.0	필 요	1	30.726	8.875	180.0	20.0	2,000.0	2,900.0	22.0
1CR38	2,900.0	1,562.0	필 요	1	24.284	7.052	180.0	20.0	2,000.0	2,900.0	22.0
1CR39	2,600.0	1,278.0	필 요	0	23.579	9.512	180.0	14.0	2,800.0	2,600.0	18.0
1CR40	2,200.0	1,136.0	필 요	0	27.793	12.536	130.0	10.0	2,800.0	2,200.0	16.0
1CR41	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR42	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR43	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR44	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR45	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR46	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR47	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR48	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR49	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR50	1,800.0	852.0	필 요	0	44.245	20.253	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR51	1,800.0	852.0	필 요	0	38.861	17.687	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR52	1,800.0	852.0	필 요	0	36.618	16.855	130.0	10.0	2,800.0	1,800.0	12.0
1CR53	2,400.0	1,136.0	필 요	1	27.525	9.495	130.0	10.0	2,000.0	2,400.0	16.0
1CR54	2,400.0	1,136.0	필 요	1	56.049	19.098	180.0	14.0	2,000.0	2,400.0	16.0

▪ 수직보강재 간격 검토

구 분	간격 검토						수직보강재 강도검토 (mm^4)			비 고
	a/b	허용값	판정	n = 1	허용값	판정	$I_{(req)}$	$I_{(use)}$	판정	
1CR01	0.833	1.500	O.K	0.127	1.000	O.K	1.037E+07	5.443E+07	O.K	양면
1CR02	0.833	3.000	O.K	0.045	1.000	O.K	1.037E+07	1.465E+07	O.K	양면
1CR03	1.556	3.000	O.K	0.178	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR04	1.556	3.000	O.K	0.236	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR05	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR06	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR07	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR08	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR09	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR10	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR11	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR12	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR13	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR14	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR15	1.273	3.000	O.K	0.067	1.000	O.K	4.075E+06	1.465E+07	O.K	양면
1CR16	1.077	3.000	O.K	0.053	1.000	O.K	9.578E+06	5.443E+07	O.K	양면
1CR17	0.690	3.000	O.K	0.021	1.000	O.K	4.756E+07	7.776E+07	O.K	양면
1CR18	0.690	1.500	O.K	0.127	1.000	O.K	4.756E+07	7.776E+07	O.K	양면
1CR19	0.690	3.000	O.K	0.018	1.000	O.K	4.756E+07	7.776E+07	O.K	양면
1CR20	1.167	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	7.534E+06	5.443E+07	O.K	양면
1CR21	1.474	3.000	O.K	0.114	1.000	O.K	1.759E+06	1.465E+07	O.K	양면
1CR22	1.750	3.000	O.K	0.226	1.000	O.K	6.614E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR23	1.867	3.000	O.K	0.209	1.000	O.K	5.450E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR24	1.867	3.000	O.K	0.209	1.000	O.K	5.450E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR25	1.867	3.000	O.K	0.209	1.000	O.K	5.450E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR26	1.867	3.000	O.K	0.209	1.000	O.K	5.450E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR27	1.867	3.000	O.K	0.209	1.000	O.K	5.450E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR28	1.867	3.000	O.K	0.209	1.000	O.K	5.450E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR29	1.867	3.000	O.K	0.209	1.000	O.K	5.450E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR30	1.867	3.000	O.K	0.209	1.000	O.K	5.450E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR31	1.867	3.000	O.K	0.209	1.000	O.K	5.450E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR32	1.867	3.000	O.K	0.209	1.000	O.K	5.450E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR33	1.750	3.000	O.K	0.226	1.000	O.K	6.614E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR34	1.474	3.000	O.K	0.114	1.000	O.K	1.759E+06	1.465E+07	O.K	양면
1CR35	1.167	3.000	O.K	0.035	1.000	O.K	7.534E+06	5.443E+07	O.K	양면
1CR36	0.690	3.000	O.K	0.015	1.000	O.K	4.756E+07	7.776E+07	O.K	양면
1CR37	0.690	1.500	O.K	0.127	1.000	O.K	4.756E+07	7.776E+07	O.K	양면
1CR38	0.690	3.000	O.K	0.016	1.000	O.K	4.756E+07	7.776E+07	O.K	양면
1CR39	1.077	3.000	O.K	0.040	1.000	O.K	9.578E+06	5.443E+07	O.K	양면
1CR40	1.273	3.000	O.K	0.061	1.000	O.K	4.075E+06	1.465E+07	O.K	양면
1CR41	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR42	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR43	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR44	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR45	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR46	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR47	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR48	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR49	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR50	1.556	3.000	O.K	0.258	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR51	1.556	3.000	O.K	0.198	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR52	1.556	3.000	O.K	0.178	1.000	O.K	9.417E+05	1.465E+07	O.K	양면
1CR53	0.833	3.000	O.K	0.043	1.000	O.K	1.037E+07	1.465E+07	O.K	양면
1CR54	0.833	1.500	O.K	0.127	1.000	O.K	1.037E+07	5.443E+07	O.K	양면

▪ 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토 (단위:㎜)

구 분	최소 폭 검토			최소 폭 검토			비 고
	$b_{vs(req)}$	$b_{vs(use)}$	판정	$t_{vs(req)}$	$t_{vs(use)}$	판정	
1CR01	130.000	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	
1CR02	130.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR03	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR04	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR05	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR06	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR07	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR08	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR09	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR10	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR11	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR12	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR13	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR14	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR15	123.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR16	136.667	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	
1CR17	146.667	180.000	O.K	13.846	20.000	O.K	
1CR18	146.667	180.000	O.K	13.846	20.000	O.K	
1CR19	146.667	180.000	O.K	13.846	20.000	O.K	
1CR20	130.000	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	
1CR21	113.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR22	103.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR23	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR24	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR25	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR26	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR27	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR28	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR29	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR30	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR31	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR32	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR33	103.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR34	113.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR35	130.000	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	
1CR36	146.667	180.000	O.K	13.846	20.000	O.K	
1CR37	146.667	180.000	O.K	13.846	20.000	O.K	
1CR38	146.667	180.000	O.K	13.846	20.000	O.K	
1CR39	136.667	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	
1CR40	123.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR41	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR42	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR43	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR44	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR45	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR46	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR47	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR48	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR49	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR50	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR51	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR52	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR53	130.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR54	130.000	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	

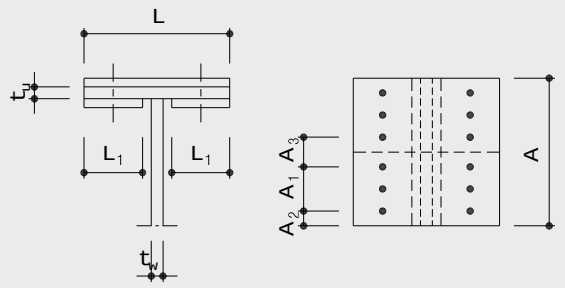
8.4 가로보의 연결

[1CR01]

(강종 : SM400B) (가로보 계산 참조)

모멘트 M(kN)	전단력 V(kN)	상부FL.응력 f_u(MPa)		하부FL.응력 f_l(MPa)		허용휨인장응력 f_{sa}(MPa)	단면2차모멘트 I(mm^4)
		인장	압축	압축	인장		
2,384.00	1,055.14	89.194	89.194	89.194	89.194	140.00	3.239E+10

사용BOLT : H.T.B (M22 F 10T) ρ_{sa} = 48,000 × 2 면 = 96,000 N (☞도.설.해3.3.2.3)



t_u = 12.0 mm
t_w = 16.0 mm
L = 400.0 mm
L_1 = 90.0 mm
A = 485.0 mm
A_1 = 2 @ 80 mm
= 160.0 mm
A_2 = 40.0 mm
A_3 = 85.0 mm

1) 상부 플랜지 이음 (압축부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 89.2 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_u) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 4,800.0 × 105.0 / 96,000.0 = 5.3ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 4,800.0 = 4,800.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} = 1 PL - 400.0 × 14.0 × 485.0 = 5,600.0
2 PL - 90.0 × 14.0 × 485.0 = 2,520.0
∑ = 8,120.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· O.K !!

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_{use}$ = 4,800.0 × 105.0 / 8,120.0 = 62.1 MPa ≤ f_{sa} ····· O.K !!

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 4,800.0 × 105.0 / 6.0 = 84,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 400.0 × 12.0 × (1,212.0 - 6.0) = 5.789E+06 mm^3

I = 3.239E+10 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 400.0 / 2.0ea = 200.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q/I \times p/n$

= 1,055.137³ ×5,788,800.0/32,394,700,800.0×200.0/3.0 = 12,569.9 N/ea

▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 7.056E+09 + 1.580E+08 = 84,935.3 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

2) 상부 플랜지 이음 (인장부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 89.2 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_u) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 4,800.0 × 105.0 / 96,000.0 = 5.3ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 4,800.0 = 4,800.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} = 1 PL - 400.0 × 14.0 × 485.0 = 5,600.0

2 PL - 90.0 × 14.0 × 485.0 = 2,520.0

∑ = 8,120.0 mm^2

▪ 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 8,120.0 - 25.0 × 14.0 × 2.0열 × 2.0ea = 6,720.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· **O.K !!**

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_n$ = 4,800.0 × 105.0 / 6,720.0 = 75.0 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 4,800.0 × 105.0 / 6.0 = 84,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 400.0 × 12.0 × (1,212.0 - 6.0) = 5.789E+06 mm^3

I = 3.239E+10 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 400.0 / 2.0ea = 200.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q/I \times p/n$

= 1,055.137³ ×5,788,800.0/32,394,700,800.0×200.0/3.0 = 12,569.9 N/ea

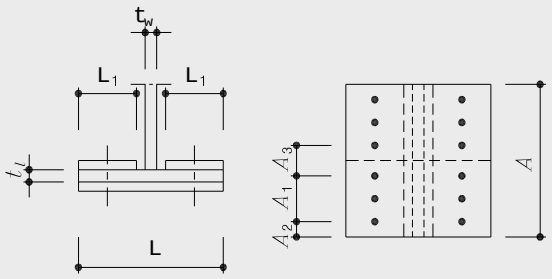
▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 7.056E+09 + 1.580E+08 = 84,935.3 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

④ 모재의 응력검토

A_{sn} = 12.0 × (400.0 - 25.0 × 2.0) = 4,200.0 mm^2

$f_u = A_s \times f_s' / A_{sn}$ = 4,800.0 × 105.0 / 4,200.0 = 120.0 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**



t_l = 12.0 mm
t_w = 16.0 mm
L = 400.0 mm
L_1 = 90.0 mm
A = 485.0 mm
A_1 = 2 @ 80 mm
= 160.0 mm
A_2 = 40.0 mm
A_3 = 85.0 mm

3) 하부 플랜지 이음 (압축부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 89.2 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_l) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 4,800.0 × 105.0 / 96,000.0 = 5.3ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 4,800.0 = 4,800.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} = 1 PL - 400.0 × 14.0 × 485.0 = 5,600.0
2 PL - 90.0 × 14.0 × 485.0 = 2,520.0
∑ = 8,120.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· O.K !!

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_{use}$ = 4,800.0 × 105.0 / 8,120.0 = 62.1 MPa ≤ f_{sa} ····· O.K !!

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 4,800.0 × 105.0 / 6.0 = 84,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 400.0 × 12.0 × (1,212.0 - 6.0) = 5.789E+06 mm^3

I = 3.239E+10 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 400.0 / 2.0ea = 200.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$

= 1,055.137³ ×5,788,800.0/32,394,700,800.0×200.0/3.0 = 12,569.9 N/ea

▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 7.056E+09 + 1.580E+08 = 84,935.3 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

4) 하부 플랜지 이음 (인장부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 89.2 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_l) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 4,800.0 × 105.0 / 96,000.0 = 5.3ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 4,800.0 = 4,800.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} =	1 PL -	400.0	×	14.0	×	485.0	= 5,600.0
	2 PL -	90.0	×	14.0	×	485.0	= 2,520.0
						∑ =	8,120.0 mm^2

▪ 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 8,120.0 - 25.0 × 14.0 × 2.0열 × 2.0ea = 6,720.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· **O.K !!**

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_n$ = 4,800.0 × 105.0 / 6,720.0 = 75.0 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 4,800.0 × 105.0 / 6.0 = 84,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 400.0 × 12.0 × (1,212.0 - 6.0) = 5.789E+06 mm^3

I = 3.239E+10 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 400.0 / 2.0ea = 200.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q/I \times p/n$

= 1,055.137³ ×5,788,800.0/32,394,700,800.0×200.0/3.0 = 12,569.9 N/ea

▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 7.056E+09 + 1.580E+08 = 84,935.3 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

④ 모재의 응력검토

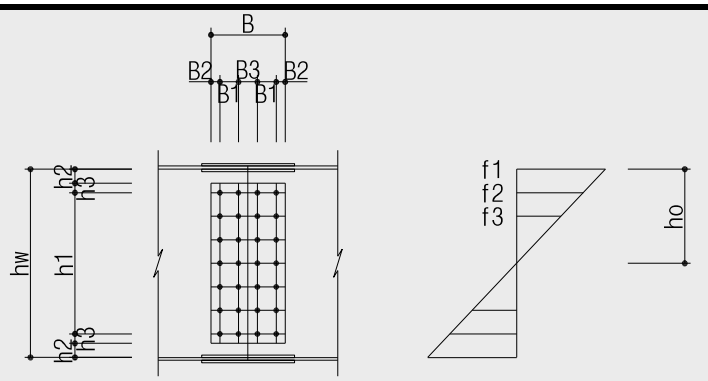
A_{sn} = 12.0 × (400.0 - 25.0 × 2.0) = 4,200.0 mm^2

$f_u = A_s \times f_s' / A_{sn}$ = 4,800.0 × 105.0 / 4,200.0 = 120.0 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**

5) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

▪ 휨에 의한 BOLT의 응력



h_w = 2,400.0 mm

t_w = 16.0 mm

중립축~연단까지 거리

h_o = 1,200.0 mm

B = 485.0 mm

h_1 = 22 @ 100 mm

= 2,200.0 mm

h_2 = 60.0 mm

h_3 = 40.0 mm

B_1 = 2 @ 80 mm

= 160.0 mm

B_2 = 40.0 mm

B_3 = 85.0 mm

f_1 = 105.000 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (h_o - 150) / h_o$ = 91.875 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (h_o - 250) / h_o$ = 83.125 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (h_o - 350) / h_o$ = 74.375 MPa

제1열 ρ_p = (105.00 + 91.875)/2 × 150.0 × 16.0 / 3 = 7.88E+04 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 전단력에 의한 볼트의 응력

ρ_s = 1,055.137 / 69.0ea = 1.53E+04 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 합성 응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 6.202E+09 + 2.338E+08 = 8.02E+04 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

② 이음판의 응력계산

▪ 복부판의 단면2차 모멘트

I_w = 16.0 × 2,400.0³ / 12 = 1.84E+10 mm^4

▪ 가로보 중립축에서 이음판 상연까지의 거리

y_{su} = 2,400.0 / 2 - 60.0 = 1,140.0 mm

▪ 가로보 이음판의 단면2차모멘트

규 격	$A_s(mm^2)$	Y(mm)	$A_s \cdot Y(mm^3)$	$A_s \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
2 - 2,280.0 × 10.0	45,600.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.975E+10
합 계	45,600.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	1.975E+10

$I_s = I_{xo} + AY^2$ = 19,753,920,000.0 + 0.0 = 1.98E+10 mm^4

▪ 가로보 복부판이 담당하는 휨모멘트

$M_w = M \cdot I_w / I$ = 2,384.000 × 0.018432 / 0.032395 = 1,356.453 kN·m

▪ 가로보 이음판의 응력검토

$f_w = M_w \cdot y_{su} / I_s$ = 1,356.453×1,140.0 / 19,753,920,0 = 78.281 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 공통 입력 사항 (강종 및 사용 BOLT 제원)

사용강재	볼 트 제 원	볼트 허용 응력 (N)
SM400B	H.T.B M22 F 10T	96,000.0

▪ 작용 단면력 및 응력

구 분	모멘트 M (kN)	전단력 V (kN)	상부FL.응력 f_u (MPa)		하부FL.응력 f_L (MPa)		f_{sa} (MPa)	I (mm^4)
			인장	압축	압축	인장		
1CR01	2,384.00	1,055.14	89.194	89.194	89.194	89.194	140.00	3.239E+10
1CR02	653.33	391.09	27.395	27.395	27.395	27.395	140.00	2.890E+10
1CR03	377.44	199.20	36.618	36.618	36.618	36.618	140.00	1.174E+10
1CR04	439.46	250.16	42.002	42.002	42.002	42.002	140.00	1.174E+10
1CR05	452.30	259.38	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR06	453.12	279.81	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR07	447.44	294.30	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR08	448.47	295.77	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR09	455.12	297.37	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR10	450.16	285.91	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR11	466.61	292.05	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR12	455.35	282.36	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR13	468.14	277.73	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR14	452.64	239.06	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR15	660.77	176.64	31.940	31.940	31.940	31.940	140.00	2.300E+10
1CR16	996.87	236.06	30.603	30.603	30.603	30.603	140.00	4.274E+10
1CR17	1,263.38	372.35	28.388	28.388	28.388	28.388	140.00	6.506E+10
1CR18	1,540.60	629.78	34.617	34.617	34.617	34.617	140.00	6.506E+10
1CR19	1,153.19	350.83	25.912	25.912	25.912	25.912	140.00	6.506E+10
1CR20	713.95	273.18	24.938	24.938	24.938	24.938	140.00	3.470E+10
1CR21	493.43	218.27	37.709	37.709	37.709	37.709	140.00	1.458E+10
1CR22	462.32	238.14	52.636	52.636	52.636	52.636	140.00	8.773E+09
1CR23	455.39	251.61	57.810	57.810	57.810	57.810	140.00	7.490E+09
1CR24	469.95	269.33	57.810	57.810	57.810	57.810	140.00	7.490E+09
1CR25	470.29	276.76	57.810	57.810	57.810	57.810	140.00	7.490E+09
1CR26	467.39	278.43	57.810	57.810	57.810	57.810	140.00	7.490E+09
1CR27	468.99	280.63	57.810	57.810	57.810	57.810	140.00	7.490E+09
1CR28	468.79	280.59	57.810	57.810	57.810	57.810	140.00	7.490E+09
1CR29	466.44	277.80	57.810	57.810	57.810	57.810	140.00	7.490E+09
1CR30	469.07	275.57	57.810	57.810	57.810	57.810	140.00	7.490E+09
1CR31	468.31	268.20	57.810	57.810	57.810	57.810	140.00	7.490E+09
1CR32	453.87	252.68	57.810	57.810	57.810	57.810	140.00	7.490E+09
1CR33	460.10	244.07	52.636	52.636	52.636	52.636	140.00	8.773E+09
1CR34	486.69	218.91	37.709	37.709	37.709	37.709	140.00	1.458E+10
1CR35	691.14	244.56	24.141	24.141	24.141	24.141	140.00	3.470E+10
1CR36	1,075.35	329.29	24.163	24.163	24.163	24.163	140.00	6.506E+10
1CR37	1,367.42	566.21	30.726	30.726	30.726	30.726	140.00	6.506E+10
1CR38	1,080.73	301.70	24.284	24.284	24.284	24.284	140.00	6.506E+10
1CR39	768.10	211.11	23.579	23.579	23.579	23.579	140.00	4.274E+10
1CR40	560.53	231.43	27.793	27.793	27.793	27.793	140.00	2.300E+10
1CR41	447.39	245.26	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR42	467.28	267.74	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR43	460.62	269.19	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR44	477.97	279.79	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR45	466.97	273.87	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR46	475.15	280.76	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR47	470.33	280.12	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR48	469.83	279.08	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR49	472.91	274.51	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR50	466.97	263.36	44.245	44.245	44.245	44.245	140.00	1.174E+10
1CR51	449.22	246.95	38.861	38.861	38.861	38.861	140.00	1.174E+10
1CR52	381.72	193.47	36.618	36.618	36.618	36.618	140.00	1.174E+10
1CR53	656.43	316.06	27.525	27.525	27.525	27.525	140.00	2.890E+10
1CR54	1,498.10	733.37	56.049	56.049	56.049	56.049	140.00	3.239E+10

1) 상부 플랜지 이음 검토

▪ 상부 플랜지 이음 제원 (단위:㎜)

구 분	t_u	t_w	L	L_1	A	A_1	A_2	A_3
1CR01	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR02	12.0	16.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR03	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR04	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR05	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR06	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR07	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR08	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR09	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR10	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR11	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR12	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR13	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR14	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR15	12.0	16.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR16	12.0	18.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR17	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR18	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR19	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR20	12.0	18.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR21	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR22	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR23	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR24	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR25	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR26	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR27	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR28	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR29	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR30	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR31	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR32	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR33	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR34	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR35	12.0	18.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR36	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR37	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR38	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR39	12.0	18.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR40	12.0	16.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR41	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR42	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR43	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR44	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR45	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR46	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR47	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR48	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR49	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR50	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR51	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR52	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR53	12.0	16.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR54	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0

(1) 상부 플랜지 (압축부)

구 분	이음부의 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)					비 고
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{req}	A_{use}	f_{sa}	f_s	판정	
1CR01	89.2	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR02	27.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR03	36.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR04	42.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR05	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR06	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR07	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR08	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR09	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR10	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR11	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR12	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR13	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR14	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR15	31.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR16	30.6	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR17	28.4	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR18	34.6	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR19	25.9	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR20	24.9	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR21	37.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR22	52.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR23	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR24	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR25	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR26	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR27	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR28	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR29	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR30	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR31	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR32	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR33	52.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR34	37.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR35	24.1	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR36	24.2	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR37	30.7	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR38	24.3	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR39	23.6	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR40	27.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR41	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR42	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR43	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR44	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR45	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR46	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR47	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR48	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR49	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR50	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR51	38.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR52	36.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR53	27.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR54	56.0	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	12,569.9	84,935.3	O.K
1CR02	4.342E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,937.2	63,068.4	O.K
1CR03	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,766.6	63,060.7	O.K
1CR04	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,474.3	63,095.7	O.K
1CR05	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,602.4	63,102.9	O.K
1CR06	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,886.1	63,119.7	O.K
1CR07	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,087.4	63,132.5	O.K
1CR08	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,107.8	63,133.8	O.K
1CR09	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,130.0	63,135.2	O.K
1CR10	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,970.9	63,125.0	O.K
1CR11	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,056.1	63,130.4	O.K
1CR12	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,921.6	63,121.9	O.K
1CR13	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,857.2	63,118.0	O.K
1CR14	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,320.2	63,087.4	O.K
1CR15	3.982E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,528.7	63,018.5	O.K
1CR16	6.269E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,308.3	84,031.7	O.K
1CR17	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,666.4	84,042.3	O.K
1CR18	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,001.0	84,000.0	4,509.8	84,121.0	O.K
1CR19	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,002.0	84,000.0	2,512.3	84,037.6	O.K
1CR20	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,003.0	84,000.0	3,038.3	84,054.9	O.K
1CR21	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,004.0	63,000.0	2,575.6	63,052.6	O.K
1CR22	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,005.0	63,000.0	3,937.9	63,123.0	O.K
1CR23	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,006.0	63,000.0	4,571.3	63,165.6	O.K
1CR24	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,007.0	63,000.0	4,893.2	63,189.7	O.K
1CR25	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,008.0	63,000.0	5,028.1	63,200.3	O.K
1CR26	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,009.0	63,000.0	5,058.5	63,202.8	O.K
1CR27	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,010.0	63,000.0	5,098.4	63,206.0	O.K
1CR28	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,011.0	63,000.0	5,097.7	63,205.9	O.K
1CR29	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,012.0	63,000.0	5,047.1	63,201.8	O.K
1CR30	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,013.0	63,000.0	5,006.5	63,198.6	O.K
1CR31	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,014.0	63,000.0	4,872.7	63,188.2	O.K
1CR32	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,015.0	63,000.0	4,590.7	63,167.0	O.K
1CR33	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,016.0	63,000.0	4,036.0	63,129.1	O.K
1CR34	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,017.0	63,000.0	2,583.3	63,052.9	O.K
1CR35	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,018.0	84,000.0	2,720.0	84,044.0	O.K
1CR36	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,019.0	84,000.0	2,358.0	84,033.1	O.K
1CR37	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,020.0	84,000.0	4,054.6	84,097.8	O.K
1CR38	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,021.0	84,000.0	2,160.4	84,027.8	O.K
1CR39	6.269E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,022.0	84,000.0	2,064.4	84,025.4	O.K
1CR40	3.982E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,023.0	63,000.0	2,002.8	63,031.8	O.K
1CR41	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,024.0	63,000.0	3,406.3	63,092.0	O.K
1CR42	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,025.0	63,000.0	3,718.5	63,109.6	O.K
1CR43	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,026.0	63,000.0	3,738.6	63,110.8	O.K
1CR44	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,027.0	63,000.0	3,885.9	63,119.7	O.K
1CR45	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,028.0	63,000.0	3,803.6	63,114.7	O.K
1CR46	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,029.0	63,000.0	3,899.3	63,120.6	O.K
1CR47	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,030.0	63,000.0	3,890.4	63,120.0	O.K
1CR48	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,031.0	63,000.0	3,875.9	63,119.1	O.K
1CR49	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,032.0	63,000.0	3,812.6	63,115.3	O.K
1CR50	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,033.0	63,000.0	3,657.7	63,106.1	O.K
1CR51	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,034.0	63,000.0	3,429.7	63,093.3	O.K
1CR52	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,035.0	63,000.0	2,687.0	63,057.3	O.K
1CR53	4.342E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,036.0	63,000.0	2,373.7	63,044.7	O.K
1CR54	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,037.0	84,000.0	8,736.7	84,453.1	O.K

(2) 상부 플랜지 (인장부)

구 분	이음부 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)							
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{sn}	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	f_u	판정
1CR01	89.2	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR02	27.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR03	36.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR04	42.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR05	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR06	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR07	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR08	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR09	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR10	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR11	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR12	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR13	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR14	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR15	31.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR16	30.6	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR17	28.4	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR18	34.6	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR19	25.9	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR20	24.9	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR21	37.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR22	52.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR23	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR24	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR25	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR26	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR27	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR28	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR29	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR30	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR31	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR32	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR33	52.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR34	37.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR35	24.1	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR36	24.2	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR37	30.7	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR38	24.3	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR39	23.6	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR40	27.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR41	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR42	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR43	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR44	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR45	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR46	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR47	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR48	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR49	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR50	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR51	38.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR52	36.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR53	27.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR54	56.0	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	12,569.9	84,935.3	O.K
1CR02	4.342E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,937.2	63,068.4	O.K
1CR03	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,766.6	63,060.7	O.K
1CR04	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,474.3	63,095.7	O.K
1CR05	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,602.4	63,102.9	O.K
1CR06	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,886.1	63,119.7	O.K
1CR07	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,087.4	63,132.5	O.K
1CR08	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,107.8	63,133.8	O.K
1CR09	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,130.0	63,135.2	O.K
1CR10	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,970.9	63,125.0	O.K
1CR11	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,056.1	63,130.4	O.K
1CR12	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,921.6	63,121.9	O.K
1CR13	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,857.2	63,118.0	O.K
1CR14	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,320.2	63,087.4	O.K
1CR15	3.982E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,528.7	63,018.5	O.K
1CR16	6.269E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,308.3	84,031.7	O.K
1CR17	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,666.4	84,042.3	O.K
1CR18	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	4,509.8	84,121.0	O.K
1CR19	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,512.3	84,037.6	O.K
1CR20	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	3,038.3	84,054.9	O.K
1CR21	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,575.6	63,052.6	O.K
1CR22	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,937.9	63,123.0	O.K
1CR23	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,571.3	63,165.6	O.K
1CR24	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,893.2	63,189.7	O.K
1CR25	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,028.1	63,200.3	O.K
1CR26	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,058.5	63,202.8	O.K
1CR27	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,098.4	63,206.0	O.K
1CR28	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,097.7	63,205.9	O.K
1CR29	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,047.1	63,201.8	O.K
1CR30	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,006.5	63,198.6	O.K
1CR31	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,872.7	63,188.2	O.K
1CR32	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,590.7	63,167.0	O.K
1CR33	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,036.0	63,129.1	O.K
1CR34	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,583.3	63,052.9	O.K
1CR35	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,720.0	84,044.0	O.K
1CR36	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,358.0	84,033.1	O.K
1CR37	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	4,054.6	84,097.8	O.K
1CR38	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,160.4	84,027.8	O.K
1CR39	6.269E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,064.4	84,025.4	O.K
1CR40	3.982E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,002.8	63,031.8	O.K
1CR41	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,406.3	63,092.0	O.K
1CR42	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,718.5	63,109.6	O.K
1CR43	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,738.6	63,110.8	O.K
1CR44	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,885.9	63,119.7	O.K
1CR45	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,803.6	63,114.7	O.K
1CR46	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,899.3	63,120.6	O.K
1CR47	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,890.4	63,120.0	O.K
1CR48	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,875.9	63,119.1	O.K
1CR49	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,812.6	63,115.3	O.K
1CR50	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,657.7	63,106.1	O.K
1CR51	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,429.7	63,093.3	O.K
1CR52	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,687.0	63,057.3	O.K
1CR53	4.342E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,373.7	63,044.7	O.K
1CR54	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	8,736.7	84,453.1	O.K

2) 하부 플랜지 이음 검토

▪ 하부 플랜지 이음 제원 (단위:㎜)

구 분	t_f	t_w	L	L_1	A	A_1	A_2	A_3
1CR01	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR02	12.0	16.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR03	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR04	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR05	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR06	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR07	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR08	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR09	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR10	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR11	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR12	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR13	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR14	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR15	12.0	16.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR16	12.0	18.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR17	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR18	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR19	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR20	12.0	18.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR21	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR22	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR23	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR24	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR25	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR26	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR27	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR28	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR29	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR30	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR31	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR32	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR33	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR34	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR35	12.0	18.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR36	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR37	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR38	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR39	12.0	18.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR40	12.0	16.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR41	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR42	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR43	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR44	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR45	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR46	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR47	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR48	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR49	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR50	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR51	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR52	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR53	12.0	16.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR54	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0

(1) 하부 플랜지 (압축부)

구 분	이음부의 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)					비 고
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{req}	A_{use}	f_{sa}	f_s	판정	
1CR01	89.2	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR02	27.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR03	36.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR04	42.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR05	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR06	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR07	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR08	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR09	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR10	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR11	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR12	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR13	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR14	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR15	31.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR16	30.6	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR17	28.4	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR18	34.6	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR19	25.9	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR20	24.9	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR21	37.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR22	52.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR23	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR24	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR25	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR26	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR27	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR28	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR29	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR30	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR31	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR32	57.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR33	52.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR34	37.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR35	24.1	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR36	24.2	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR37	30.7	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR38	24.3	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR39	23.6	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR40	27.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR41	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR42	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR43	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR44	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR45	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR46	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR47	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR48	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR49	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR50	44.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR51	38.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR52	36.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR53	27.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR54	56.0	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	12,569.9	84,935.3	O.K
1CR02	4.342E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,937.2	63,068.4	O.K
1CR03	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,766.6	63,060.7	O.K
1CR04	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,474.3	63,095.7	O.K
1CR05	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,602.4	63,102.9	O.K
1CR06	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,886.1	63,119.7	O.K
1CR07	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,087.4	63,132.5	O.K
1CR08	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,107.8	63,133.8	O.K
1CR09	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,130.0	63,135.2	O.K
1CR10	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,970.9	63,125.0	O.K
1CR11	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,056.1	63,130.4	O.K
1CR12	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,921.6	63,121.9	O.K
1CR13	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,857.2	63,118.0	O.K
1CR14	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,320.2	63,087.4	O.K
1CR15	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,252.2	63,012.4	O.K
1CR16	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,201.0	63,011.4	O.K
1CR17	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,244.4	63,012.3	O.K
1CR18	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,104.7	63,035.1	O.K
1CR19	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,172.5	63,010.9	O.K
1CR20	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,711.9	63,023.3	O.K
1CR21	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,440.9	63,047.3	O.K
1CR22	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,426.5	63,155.3	O.K
1CR23	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,478.3	63,237.7	O.K
1CR24	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,864.0	63,272.3	O.K
1CR25	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	6,025.8	63,287.5	O.K
1CR26	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	6,062.1	63,291.0	O.K
1CR27	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	6,110.0	63,295.6	O.K
1CR28	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	6,109.2	63,295.5	O.K
1CR29	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	6,048.5	63,289.7	O.K
1CR30	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,999.9	63,285.1	O.K
1CR31	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,839.5	63,270.1	O.K
1CR32	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,501.6	63,239.8	O.K
1CR33	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,536.7	63,163.1	O.K
1CR34	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,448.2	63,047.5	O.K
1CR35	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,532.5	63,018.6	O.K
1CR36	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,100.5	63,009.6	O.K
1CR37	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,892.2	63,028.4	O.K
1CR38	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,008.3	63,008.1	O.K
1CR39	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,074.1	63,009.2	O.K
1CR40	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,640.6	63,021.4	O.K
1CR41	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,406.3	63,092.0	O.K
1CR42	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,718.5	63,109.6	O.K
1CR43	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,738.6	63,110.8	O.K
1CR44	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,885.9	63,119.7	O.K
1CR45	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,803.6	63,114.7	O.K
1CR46	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,899.3	63,120.6	O.K
1CR47	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,890.4	63,120.0	O.K
1CR48	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,875.9	63,119.1	O.K
1CR49	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,812.6	63,115.3	O.K
1CR50	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,657.7	63,106.1	O.K
1CR51	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,429.7	63,093.3	O.K
1CR52	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,687.0	63,057.3	O.K
1CR53	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,783.2	63,025.2	O.K
1CR54	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,922.6	63,192.0	O.K

(2) 하부 플랜지 (인장부)

구 분	이음부 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)							
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{sn}	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	f_l	판정
1CR01	89.2	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR02	27.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR03	36.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR04	42.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR05	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR06	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR07	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR08	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR09	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR10	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR11	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR12	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR13	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR14	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR15	31.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR16	30.6	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR17	28.4	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR18	34.6	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR19	25.9	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR20	24.9	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR21	37.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR22	52.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR23	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR24	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR25	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR26	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR27	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR28	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR29	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR30	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR31	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR32	57.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR33	52.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR34	37.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR35	24.1	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR36	24.2	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR37	30.7	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR38	24.3	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR39	23.6	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR40	27.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR41	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR42	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR43	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR44	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR45	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR46	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR47	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR48	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR49	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR50	44.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR51	38.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR52	36.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR53	27.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR54	56.0	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	12,569.9	84,935.3	O.K
1CR02	4.342E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,937.2	63,068.4	O.K
1CR03	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,766.6	63,060.7	O.K
1CR04	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,474.3	63,095.7	O.K
1CR05	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,602.4	63,102.9	O.K
1CR06	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,886.1	63,119.7	O.K
1CR07	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,087.4	63,132.5	O.K
1CR08	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,107.8	63,133.8	O.K
1CR09	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,130.0	63,135.2	O.K
1CR10	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,970.9	63,125.0	O.K
1CR11	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,056.1	63,130.4	O.K
1CR12	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,921.6	63,121.9	O.K
1CR13	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,857.2	63,118.0	O.K
1CR14	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,320.2	63,087.4	O.K
1CR15	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,252.2	63,012.4	O.K
1CR16	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,201.0	63,011.4	O.K
1CR17	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,244.4	63,012.3	O.K
1CR18	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,104.7	63,035.1	O.K
1CR19	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,172.5	63,010.9	O.K
1CR20	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,711.9	63,023.3	O.K
1CR21	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,440.9	63,047.3	O.K
1CR22	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,426.5	63,155.3	O.K
1CR23	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,478.3	63,237.7	O.K
1CR24	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,864.0	63,272.3	O.K
1CR25	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	6,025.8	63,287.5	O.K
1CR26	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	6,062.1	63,291.0	O.K
1CR27	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	6,110.0	63,295.6	O.K
1CR28	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	6,109.2	63,295.5	O.K
1CR29	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	6,048.5	63,289.7	O.K
1CR30	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,999.9	63,285.1	O.K
1CR31	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,839.5	63,270.1	O.K
1CR32	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,501.6	63,239.8	O.K
1CR33	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,536.7	63,163.1	O.K
1CR34	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,448.2	63,047.5	O.K
1CR35	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,532.5	63,018.6	O.K
1CR36	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,100.5	63,009.6	O.K
1CR37	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,892.2	63,028.4	O.K
1CR38	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,008.3	63,008.1	O.K
1CR39	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,074.1	63,009.2	O.K
1CR40	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,640.6	63,021.4	O.K
1CR41	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,406.3	63,092.0	O.K
1CR42	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,718.5	63,109.6	O.K
1CR43	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,738.6	63,110.8	O.K
1CR44	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,885.9	63,119.7	O.K
1CR45	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,803.6	63,114.7	O.K
1CR46	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,899.3	63,120.6	O.K
1CR47	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,890.4	63,120.0	O.K
1CR48	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,875.9	63,119.1	O.K
1CR49	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,812.6	63,115.3	O.K
1CR50	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,657.7	63,106.1	O.K
1CR51	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,429.7	63,093.3	O.K
1CR52	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,687.0	63,057.3	O.K
1CR53	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,783.2	63,025.2	O.K
1CR54	3.262E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	4,922.6	63,192.0	O.K

3) WEB 연결부 검토

▪ WEB 이음 제원

구 분	h_w (mm)	t_w (mm)	t_{ws} (mm)	h_o (mm)	I_w (mm^4)	y_s (mm)	I_s (mm^4)	f_{sa} (MPa)	f_w (MPa)	판정
1CR01	2,400.0	16.0	10.0	1,200.0	1.84E+10	1,140.0	1.98E+10	140.0	78.3	O.K
1CR02	2,400.0	16.0	10.0	1,200.0	1.84E+10	1,140.0	1.98E+10	140.0	24.0	O.K
1CR03	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	19.9	O.K
1CR04	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	23.2	O.K
1CR05	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	23.9	O.K
1CR06	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	23.9	O.K
1CR07	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	23.6	O.K
1CR08	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	23.7	O.K
1CR09	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	24.0	O.K
1CR10	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	23.8	O.K
1CR11	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	24.6	O.K
1CR12	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	24.0	O.K
1CR13	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	24.7	O.K
1CR14	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	23.9	O.K
1CR15	2,200.0	16.0	10.0	1,100.0	1.42E+10	1,040.0	1.50E+10	140.0	28.3	O.K
1CR16	2,600.0	18.0	10.0	1,300.0	2.64E+10	1,240.0	2.54E+10	140.0	30.0	O.K
1CR17	2,900.0	22.0	10.0	1,450.0	4.47E+10	1,390.0	3.58E+10	140.0	33.7	O.K
1CR18	2,900.0	22.0	10.0	1,450.0	4.47E+10	1,390.0	3.58E+10	140.0	41.1	O.K
1CR19	2,900.0	22.0	10.0	1,450.0	4.47E+10	1,390.0	3.58E+10	140.0	30.8	O.K
1CR20	2,400.0	18.0	10.0	1,200.0	2.07E+10	1,140.0	1.98E+10	140.0	24.6	O.K
1CR21	1,900.0	14.0	10.0	950.0	8.00E+09	890.0	9.40E+09	140.0	25.6	O.K
1CR22	1,600.0	12.0	10.0	800.0	4.10E+09	740.0	5.40E+09	140.0	29.6	O.K
1CR23	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	32.3	O.K
1CR24	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	33.4	O.K
1CR25	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	33.4	O.K
1CR26	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	33.2	O.K
1CR27	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	33.3	O.K
1CR28	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	33.3	O.K
1CR29	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	33.1	O.K
1CR30	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	33.3	O.K
1CR31	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	33.2	O.K
1CR32	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	32.2	O.K
1CR33	1,600.0	12.0	10.0	800.0	4.10E+09	740.0	5.40E+09	140.0	29.4	O.K
1CR34	1,900.0	14.0	10.0	950.0	8.00E+09	890.0	9.40E+09	140.0	25.3	O.K
1CR35	2,400.0	18.0	10.0	1,200.0	2.07E+10	1,140.0	1.98E+10	140.0	23.8	O.K
1CR36	2,900.0	22.0	10.0	1,450.0	4.47E+10	1,390.0	3.58E+10	140.0	28.7	O.K
1CR37	2,900.0	22.0	10.0	1,450.0	4.47E+10	1,390.0	3.58E+10	140.0	36.5	O.K
1CR38	2,900.0	22.0	10.0	1,450.0	4.47E+10	1,390.0	3.58E+10	140.0	28.8	O.K
1CR39	2,600.0	18.0	10.0	1,300.0	2.64E+10	1,240.0	2.54E+10	140.0	23.1	O.K
1CR40	2,200.0	16.0	10.0	1,100.0	1.42E+10	1,040.0	1.50E+10	140.0	24.0	O.K
1CR41	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	23.6	O.K
1CR42	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	24.7	O.K
1CR43	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	24.3	O.K
1CR44	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	25.2	O.K
1CR45	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	24.7	O.K
1CR46	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	25.1	O.K
1CR47	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	24.8	O.K
1CR48	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	24.8	O.K
1CR49	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	25.0	O.K
1CR50	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	24.7	O.K
1CR51	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	23.7	O.K
1CR52	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	20.2	O.K
1CR53	2,400.0	16.0	10.0	1,200.0	1.84E+10	1,140.0	1.98E+10	140.0	24.2	O.K
1CR54	2,400.0	16.0	10.0	1,200.0	1.84E+10	1,140.0	1.98E+10	140.0	49.2	O.K

구 분	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	B_1 (mm)	B_2 (mm)	B_3 (mm)	비 고
1CR01	22 @ 100 = 2,200.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR02	22 @ 100 = 2,200.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR03	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR04	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR05	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR06	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR07	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR08	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR09	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR10	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR11	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR12	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR13	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR14	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR15	20 @ 100 = 2,000.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR16	24 @ 100 = 2,400.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR17	27 @ 100 = 2,700.0	60.0	40.0	3 @ 80 = 240.0	40.0	85.0	
1CR18	27 @ 100 = 2,700.0	60.0	40.0	3 @ 80 = 240.0	40.0	85.0	
1CR19	27 @ 100 = 2,700.0	60.0	40.0	3 @ 80 = 240.0	40.0	85.0	
1CR20	22 @ 100 = 2,200.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR21	17 @ 100 = 1,700.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR22	14 @ 100 = 1,400.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR23	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR24	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR25	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR26	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR27	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR28	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR29	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR30	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR31	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR32	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR33	14 @ 100 = 1,400.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR34	17 @ 100 = 1,700.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR35	22 @ 100 = 2,200.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR36	27 @ 100 = 2,700.0	60.0	40.0	3 @ 80 = 240.0	40.0	85.0	
1CR37	27 @ 100 = 2,700.0	60.0	40.0	3 @ 80 = 240.0	40.0	85.0	
1CR38	27 @ 100 = 2,700.0	60.0	40.0	3 @ 80 = 240.0	40.0	85.0	
1CR39	24 @ 100 = 2,400.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR40	20 @ 100 = 2,000.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR41	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR42	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR43	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR44	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR45	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR46	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR47	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR48	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR49	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR50	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR51	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR52	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR53	22 @ 100 = 2,200.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR54	22 @ 100 = 2,200.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	

구 분	f_1 (MPa)	f_2 (MPa)	f_3 (MPa)	f_4 (MPa)	ρ_{sa} (N/ea)	제1열 ρ_p (N/ea)	ρ_s (N/ea)	ρ (N/ea)	판정
1CR01	105.0	91.9	83.1	74.4	9.60E+04	7.88E+04	1.53E+04	8.02E+04	O.K
1CR02	105.0	91.9	83.1	74.4	9.60E+04	7.88E+04	5.67E+03	7.90E+04	O.K
1CR03	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	5.86E+03	8.68E+04	O.K
1CR04	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	7.36E+03	8.69E+04	O.K
1CR05	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	7.63E+03	8.70E+04	O.K
1CR06	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.23E+03	8.70E+04	O.K
1CR07	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.66E+03	8.71E+04	O.K
1CR08	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.70E+03	8.71E+04	O.K
1CR09	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.75E+03	8.71E+04	O.K
1CR10	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.41E+03	8.70E+04	O.K
1CR11	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.59E+03	8.70E+04	O.K
1CR12	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.30E+03	8.70E+04	O.K
1CR13	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.17E+03	8.70E+04	O.K
1CR14	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	7.03E+03	8.69E+04	O.K
1CR15	105.0	90.7	81.1	71.6	9.60E+04	7.83E+04	2.80E+03	7.83E+04	O.K
1CR16	105.0	92.9	84.8	76.7	9.60E+04	8.90E+04	3.15E+03	8.91E+04	O.K
1CR17	105.0	94.1	86.9	79.7	9.60E+04	8.21E+04	3.32E+03	8.22E+04	O.K
1CR18	105.0	94.1	86.9	79.7	9.60E+04	8.21E+04	5.62E+03	8.23E+04	O.K
1CR19	105.0	94.1	86.9	79.7	9.60E+04	8.21E+04	3.13E+03	8.22E+04	O.K
1CR20	105.0	91.9	83.1	74.4	9.60E+04	8.86E+04	3.96E+03	8.87E+04	O.K
1CR21	105.0	88.4	77.4	66.3	9.60E+04	6.77E+04	4.04E+03	6.78E+04	O.K
1CR22	105.0	85.3	72.2	59.1	9.60E+04	8.56E+04	7.94E+03	8.60E+04	O.K
1CR23	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	8.99E+03	8.55E+04	O.K
1CR24	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	9.62E+03	8.56E+04	O.K
1CR25	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	9.88E+03	8.56E+04	O.K
1CR26	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	9.94E+03	8.56E+04	O.K
1CR27	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	1.00E+04	8.56E+04	O.K
1CR28	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	1.00E+04	8.56E+04	O.K
1CR29	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	9.92E+03	8.56E+04	O.K
1CR30	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	9.84E+03	8.56E+04	O.K
1CR31	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	9.58E+03	8.56E+04	O.K
1CR32	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	9.02E+03	8.55E+04	O.K
1CR33	105.0	85.3	72.2	59.1	9.60E+04	8.56E+04	8.14E+03	8.60E+04	O.K
1CR34	105.0	88.4	77.4	66.3	9.60E+04	6.77E+04	4.05E+03	6.78E+04	O.K
1CR35	105.0	91.9	83.1	74.4	9.60E+04	8.86E+04	3.54E+03	8.87E+04	O.K
1CR36	105.0	94.1	86.9	79.7	9.60E+04	8.21E+04	2.94E+03	8.22E+04	O.K
1CR37	105.0	94.1	86.9	79.7	9.60E+04	8.21E+04	5.06E+03	8.23E+04	O.K
1CR38	105.0	94.1	86.9	79.7	9.60E+04	8.21E+04	2.69E+03	8.22E+04	O.K
1CR39	105.0	92.9	84.8	76.7	9.60E+04	8.90E+04	2.81E+03	8.91E+04	O.K
1CR40	105.0	90.7	81.1	71.6	9.60E+04	7.83E+04	3.67E+03	7.84E+04	O.K
1CR41	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	7.21E+03	8.69E+04	O.K
1CR42	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	7.87E+03	8.70E+04	O.K
1CR43	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	7.92E+03	8.70E+04	O.K
1CR44	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.23E+03	8.70E+04	O.K
1CR45	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.06E+03	8.70E+04	O.K
1CR46	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.26E+03	8.70E+04	O.K
1CR47	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.24E+03	8.70E+04	O.K
1CR48	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.21E+03	8.70E+04	O.K
1CR49	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	8.07E+03	8.70E+04	O.K
1CR50	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	7.75E+03	8.70E+04	O.K
1CR51	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	7.26E+03	8.69E+04	O.K
1CR52	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	5.69E+03	8.68E+04	O.K
1CR53	105.0	91.9	83.1	74.4	9.60E+04	7.88E+04	4.58E+03	7.89E+04	O.K
1CR54	105.0	91.9	83.1	74.4	9.60E+04	7.88E+04	1.06E+04	7.95E+04	O.K

9. 다이아프램 설계

9.1 중간다이아프램 (K-다이아프램)

1) Diaphragm의 한계간격

(☞ 도.설.해 3.8.9.2)

L ≤ 50.0m의 경우 : L_D < 6.0m

L > 50.0m의 경우 : L_D ≤ (0.14L - 1.0)m

단, L_D ≤ 20.0m

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m)

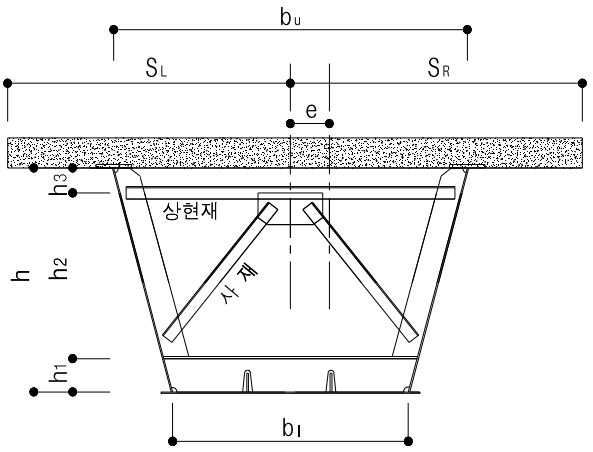
L : 교량의 지간길이(m)

- 경간별 다이아프램 간격 검토

경 간	경간장 (L)	다이아프램간격 (L_D)	L_{dreq} (0.14L-1.0)	판 정	비 고
측 경 간	82.0 m	5.0 m	10.5 m	O.K	
중앙경간	93.0 m	5.0 m	12.0 m	O.K	

2) 부재력 산정

(검토위치 69,J지점)



S_L	=	-2,300	mm
S_R	=	4,000	mm
b_u	=	2,400	mm
b_l	=	2,400	mm
h	=	3,519	mm
h_1	=	250	mm
h_2	=	3,069	mm
h_3	=	200	mm
e1	=	850	mm
e2	=	2,000	mm

$$D = \pm\frac{S_k \cdot L_{DK}}{2 \cdot A_0}\left(\frac{M}{R} - \frac{a}{b}e \cdot w\right) \qquad S = \pm\frac{S_k \cdot a}{4 \cdot A_0}\left(\frac{a}{b}e \cdot w - \frac{M}{R}\right)$$

여기서, D : K형-프레임 사재 뒤틀림 유발힘

S : K형-프레임 상현재 뒤틀림 유발힘

S_K	: K형-프레임 간격 (거더 길이에 따라 측정)	=	5.000	m
L_{DK}	: K형-프레임 사재 길이	=	3.295	m
A_0	: 박스로 둘러싸인 면적, (a + b)/2 × h	=	8.446	m^2
a	: a = b_l	=	2.400	m
b	: b = b_u	=	2.400	m
e1	: 거더중심과 슬래브하중의 편심값(일괄타설)	=	0.850	m
e2	: 거더중심과 슬래브하중의 편심값(편측타설)	=	2.000	m
W_1	: 슬래브 분포하중(바닥판 일괄타설)	=	37.800	kN/m
W_2	: 슬래브 분포하중(바닥판 편측타설)	=	13.800	kN/m
M	: 거더에 작용하는 휨모멘트	=	-44,932	kN·m
R	: 거더의 수평 곡률반경	=	300.0	m

① 바닥판 하중 : 콘크리트 단위중량 = 25.0 kN/m^3 , 두께 = 240 mm

W_1 = (2.300 + 4.000) × 0.240 × 25.000 ; 바닥판 일괄타설 = 37.800 kN/m

W_2 = (2.300) × 0.240 × 25.000 ; 바닥판 편측타설 = 13.800 kN/m

② 바닥판 일괄타설시 부재력 산정

D_1 = {(5.000×3.295)/(2×8.446)}×{-149.773-(2.400/2.400)×0.850×37.800} = -177.435 kN

S_1 = {(5.000×2.400)/(4×8.446)}×{(2.400/2.400)×0.850×37.800--149.773} = 64.615 kN

∴ 인장 P_{max} = 177.435 kN ∴ 압축 C_{max} = 177.435 kN

③ 바닥판 편측타설시 부재력 산정

D_2 = {(5.000×3.295)/(2×8.446)}×{-149.773-(2.400/2.400)×2.000×13.800} = -173.016 kN

S_2 = {(5.000×2.400)/(4×8.446)}×{(2.400/2.400)×2.000×13.800--149.773} = 63.005 kN

∴ 인장 P_{max} = 173.016 kN ∴ 압축 C_{max} = 173.016 kN

④ 위치별 부재력 산정

※ 휨모멘트 : 합성전강재자중+하부콘크리트자중+상부바닥판자중

부 재	길이방향간격	사재길이	폐단면적	휨모멘트	바닥판 타설 Max(일괄타설,편측타설)		비 고
	S_K(m)	L_{DK}(m)	A_0(m^2)	M(kN/m)	D(kN)	S(kN)	
54,J지점	3.0	2.818	7.20	6154.4	± 6.82	± 2.90	
55,J지점	4.0	2.818	7.20	12616.3	± 11.32	± 4.82	
56,J지점	4.0	2.818	7.20	18155.4	± 25.77	± 10.97	
57,J지점	5.0	2.818	7.20	23639.8	± 50.10	± 21.33	
58,J지점	5.0	2.818	7.20	27593.7	± 63.00	± 26.82	
59,J지점	5.0	2.818	7.20	29841.1	± 70.33	± 29.95	
60,J지점	5.0	2.818	7.20	30249.5	± 71.66	± 30.51	
61,J지점	5.0	2.818	7.20	28807.1	± 66.96	± 28.51	
62,J지점	5.0	2.818	7.20	25511.9	± 56.21	± 23.93	
63,J지점	5.0	2.818	7.20	20458.2	± 39.72	± 16.91	
64,J지점	5.0	2.818	7.20	13595.3	± 17.34	± 7.38	
12,J지점	5.0	2.827	7.22	5491.4	± 13.53	± 5.74	
66,J지점	5.0	2.877	7.36	-5279.9	± 48.63	± 20.28	
67,J지점	5.0	2.971	7.60	-17142.9	± 87.21	± 35.22	
68,J지점	5.0	3.110	7.97	-30225.7	± 129.70	± 50.05	P1: 폐합
69,J지점	5.0	3.295	8.45	-44931.8	± 177.43	± 64.61	P1: 폐합
17,J지점	5.0						P1:충복식
71,J지점	4.0	3.247	8.32	-48913.7	± 152.32	± 56.30	P1: 폐합
72,J지점	5.0	2.917	7.46	-34929.3	± 145.21	± 59.73	P1: 폐합
73,J지점	5.0	2.668	6.80	-23430.6	± 108.14	± 48.64	
74,J지점	5.0	2.497	6.34	-14057.4	± 77.83	± 37.40	
75,J지점	5.0	2.400	6.07	-6365.6	± 52.75	± 26.37	
76,J지점	5.0	2.375	6.00	-202.4	± 32.47	± 16.40	
77,J지점	5.0	2.375	6.00	4414.3	± 17.24	± 8.71	
78,J지점	5.0	2.375	6.00	7494.3	± 7.08	± 3.57	
79,J지점	5.0	2.375	6.00	9055.9	± 2.56	± 1.29	

④ 위치별 부재력 산정 - 계속

부 재	길이방향간격	사재길이	폐단면적	휨모멘트	바닥판 타설 Max(일괄타설,편측타설)		비 고
	S_K(m)	L_{DK}(m)	A_0(m^2)	M(kN/m)	D(kN)	S(kN)	
80,J지점	5.0	2.375	6.00	9098.4	± 2.70	± 1.36	
81,J지점	5.0	2.375	6.00	7622.2	± 6.65	± 3.36	
82,J지점	5.0	2.375	6.00	4633.0	± 16.52	± 8.34	
30,J지점	5.0	2.375	6.00	172.7	± 31.23	± 15.78	
84,J지점	5.0	2.400	6.07	-5932.5	± 51.32	± 25.65	
85,J지점	5.0	2.497	6.34	-13509.4	± 76.03	± 36.53	
86,J지점	5.0	2.668	6.80	-22777.3	± 106.00	± 47.68	
87,J지점	5.0	2.917	7.46	-34122.2	± 142.58	± 58.65	P2: 폐합
88,J지점	5.0	3.247	8.32	-47847.2	± 186.93	± 69.09	P2: 폐합
36,J지점	4.0						P2:충복식
90,J지점	5.0	3.295	8.45	-43327.5	± 172.22	± 62.71	P2: 폐합
91,J지점	5.0	3.110	7.97	-28489.5	± 124.05	± 47.87	P2: 폐합
92,J지점	5.0	2.971	7.60	-15663.5	± 82.40	± 33.28	
93,J지점	5.0	2.877	7.36	-4434.1	± 45.87	± 19.13	
41,J지점	5.0	2.827	7.22	5373.5	± 13.91	± 5.90	
95,J지점	5.0	2.818	7.20	13211.8	± 16.09	± 6.85	
96,J지점	5.0	2.818	7.20	19609.3	± 36.95	± 15.74	
97,J지점	5.0	2.818	7.20	24318.5	± 52.32	± 22.28	
98,J지점	5.0	2.818	7.20	27391.3	± 62.34	± 26.54	
99,J지점	5.0	2.818	7.20	28759.9	± 66.80	± 28.44	
100,J지점	5.0	2.818	7.20	28422.1	± 65.70	± 27.98	
101,J지점	5.0	2.818	7.20	26388.6	± 59.07	± 25.15	
102,J지점	5.0	2.818	7.20	22711.6	± 47.07	± 20.04	
103,J지점	5.0	2.818	7.20	17491.0	± 30.05	± 12.79	
104,J지점	4.0	2.818	7.20	12184.5	± 10.19	± 4.34	
105,J지점	4.0	2.818	7.20	5967.9	± 9.58	± 4.08	

3) 응력검토

가) 상현재 : "수평브레이싱 검토" 참조.

나) 사재 : (검토위치 69,J지점)

① 세장비 검토 조건 (☞ 도.설 3.4.1.4)

- 압축부재 : $K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 120$ - 인장부재 : $L_{DK} / r_{min} \leq 200$ (주요부재)

$K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 150$ $L_{DK} / r_{min} \leq 240$ (2차부재)

여기서, K : 유효좌굴길이계수

양단이 볼트 연결되어 있거나 용접되어 있는 경우 : K = 0.750

양단이 핀연결되어 있는 경우 : K = 0.875

l : 비지지길이 (mm)

r_{min} : 단면의 최소회전반경 (mm)

② 사용강종 : SS400

③ 압축응력검토

국부좌굴을 고혀하지 않은 허용축방향 압축응력

$$K\frac{l}{rx} = 0.75\ \frac{3,295}{30.4} = 81.3$$

$fca = 1.25\times[\ 140 - 0.82(\ell/r-18.6)\ ]$, $(18.6 < \ell/r \leq 92.8)$

$= 110.7$ MPa

$As = 1,900$ mm^2

$$fs = \frac{F}{As} = \frac{177.43 \times 1,000}{1,900} = 93.4\ MPa < 110.7\ MPa \quad \therefore \mathbf{O.K}$$

※ 본 부재는 가설용임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

④ 인장응력검토

$As = 1,900 \times 0.75 = 1,425$ mm^2

$$fs = \frac{F}{As} = \frac{177.43 \times 1,000}{1,425} = 124.5\ MPa < 175.0\ MPa \quad \therefore \mathbf{O.K}$$

※ 본 부재는 가설용임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

⑤ 위치별 사재 응력검토

부 재	사재 제원	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
		길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
		ℓ(mm)	$K\cdot\ell/r_{min}$	$K\cdot\ell/r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
54,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	3.6	122.8	4.8	175.0	O.K	
55,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	6.0	122.8	7.9	175.0	O.K	
56,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	13.6	122.8	18.1	175.0	O.K	
57,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	26.4	122.8	35.2	175.0	O.K	
58,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	33.2	122.8	44.2	175.0	O.K	
59,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	37.0	122.8	49.4	175.0	O.K	
60,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	37.7	122.8	50.3	175.0	O.K	
61,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	35.2	122.8	47.0	175.0	O.K	
62,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	29.6	122.8	39.4	175.0	O.K	
63,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	20.9	122.8	27.9	175.0	O.K	
64,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	9.1	122.8	12.2	175.0	O.K	
12,J지점	L-100×100×10	2827	108.7	69.8	7.1	122.6	9.5	175.0	O.K	
66,J지점	L-100×100×10	2877	110.7	71.0	25.6	121.3	34.1	175.0	O.K	
67,J지점	L-100×100×10	2971	114.3	73.3	45.9	118.9	61.2	175.0	O.K	
68,J지점	L-100×100×10	3110	119.6	76.7	68.3	115.4	91.0	175.0	O.K	P1: 폐합
69,J지점	L-100×100×10	3295	126.7	81.3	93.4	110.7	124.5	175.0	O.K	P1: 폐합
17,J지점										P1:층복식
71,J지점	L-100×100×10	3247	124.9	80.1	80.2	112.0	106.9	175.0	O.K	P1: 폐합
72,J지점	L-100×100×10	2917	112.2	72.0	76.4	120.3	101.9	175.0	O.K	P1: 폐합
73,J지점	L-100×100×10	2668	102.6	65.8	56.9	126.6	75.9	175.0	O.K	
74,J지점	L-100×100×10	2497	96.0	61.6	41.0	130.9	54.6	175.0	O.K	
75,J지점	L-100×100×10	2400	92.3	59.2	27.8	133.4	37.0	175.0	O.K	
76,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	17.1	134.0	22.8	175.0	O.K	
77,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	9.1	134.0	12.1	175.0	O.K	
78,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	3.7	134.0	5.0	175.0	O.K	
79,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	1.3	134.0	1.8	175.0	O.K	

⑤ 위치별 사재 응력검토 - 계속

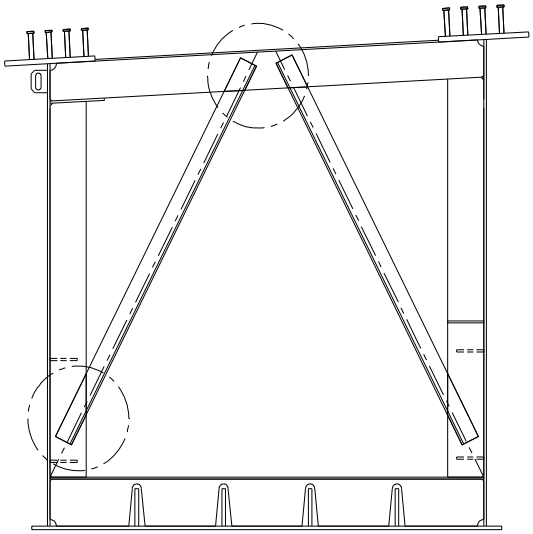
부 재	사재 제원	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
		길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
		ℓ(mm)	$K \cdot \ell / r_{min}$	$K \cdot \ell / r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
80,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	1.4	134.0	1.9	175.0	O.K	
81,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	3.5	134.0	4.7	175.0	O.K	
82,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	8.7	134.0	11.6	175.0	O.K	
30,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	16.4	134.0	21.9	175.0	O.K	
84,J지점	L-100×100×10	2400	92.3	59.2	27.0	133.4	36.0	175.0	O.K	
85,J지점	L-100×100×10	2497	96.0	61.6	40.0	130.9	53.4	175.0	O.K	
86,J지점	L-100×100×10	2668	102.6	65.8	55.8	126.6	74.4	175.0	O.K	
87,J지점	L-100×100×10	2917	112.2	72.0	75.0	120.3	100.1	175.0	O.K	P2: 폐합
88,J지점	L-100×100×10	3247	124.9	80.1	98.4	112.0	131.2	175.0	O.K	P2: 폐합
36,J지점										P2:층복식
90,J지점	L-100×100×10	3295	126.7	81.3	90.6	110.7	120.9	175.0	O.K	P2: 폐합
91,J지점	L-100×100×10	3110	119.6	76.7	65.3	115.4	87.1	175.0	O.K	P2: 폐합
92,J지점	L-100×100×10	2971	114.3	73.3	43.4	118.9	57.8	175.0	O.K	
93,J지점	L-100×100×10	2877	110.7	71.0	24.1	121.3	32.2	175.0	O.K	
41,J지점	L-100×100×10	2827	108.7	69.8	7.3	122.6	9.8	175.0	O.K	
95,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	8.5	122.8	11.3	175.0	O.K	
96,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	19.4	122.8	25.9	175.0	O.K	
97,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	27.5	122.8	36.7	175.0	O.K	
98,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	32.8	122.8	43.7	175.0	O.K	
99,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	35.2	122.8	46.9	175.0	O.K	
100,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	34.6	122.8	46.1	175.0	O.K	
101,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	31.1	122.8	41.5	175.0	O.K	
102,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	24.8	122.8	33.0	175.0	O.K	
103,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	15.8	122.8	21.1	175.0	O.K	
104,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	5.4	122.8	7.1	175.0	O.K	
105,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	5.0	122.8	6.7	175.0	O.K	

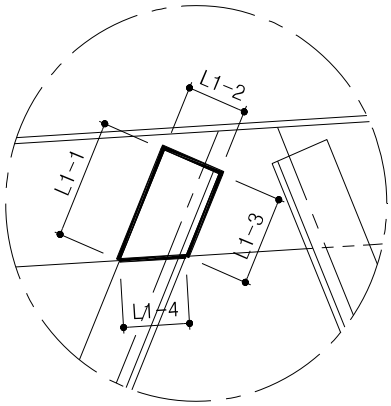
4) 이음부 설계

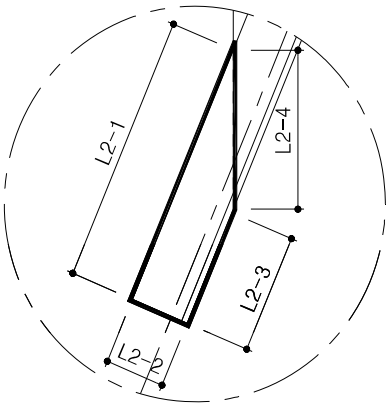
가) 상현재 : "수평브레이싱 검토" 참조.

나) 사재

① 용접부 응력검토 (☞ 도.설 3.5.2.4 ~ 3.5.2.7)







- 사재 제원 : L- 100 × 100 × 10
- 거세트판 두께 : 12 mm
- 필렛용접 최소치수

두꺼운쪽 모재 두께	최소 필렛용접 치수
20mm 이하	6 mm
20mm 초과	8 mm

- 필렛용접 치수 범위 결정

t1 : 얇은 쪽 모재 두께 , 10 mm

t2 : 두꺼운 쪽 모재 두께 , 12 mm

t1 > S > √(2xt2) = 10 > S > 4.9

- 필렛용접 치수 S 결정

S = 6 mm 적용

- 용접길이 산정 및 용접부 전단응력 검토

최소용접길이 Lmin은 10xS 및 80mm 이상으로 한다.

L_{1-1} = 180 mm > 80 mm ∴ **O.K** L_{1-2} = 100 mm > 80 mm ∴ **O.K**

L_{1-3} = 140 mm > 80 mm ∴ **O.K** L_{1-4} = 100 mm > 80 mm ∴ **O.K**

$L_1 = L1_{-1} + L1_{-2} + L1_{-3} + L1_{-4}$ = 180 + 100 + 140 + 100 = 520 mm

$A_1 = L_1 \times S \times 0.707$ = 520 x 6 x 0.707 = 2206 ㎟

$$fv = \frac{F}{A} = \frac{186,933}{2,206} = 84.7 < \mathbf{100.0}\ \text{Mpa} \quad \therefore \mathbf{O.K}$$

※ 본 부재는 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.
1.25x80=100MPa를 적용 함.

② 위치별 사재 용접검토

부 재	사재 제원	부재력	용접두께	용접길이	용접길이	용접부 응력검토			판 정	비고
		F	S	L1	L2	상부응력	하부응력	허용응력		
		(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	v_U(MPa)	v_B(MPa)	va(MPa)		
54,J지점	L-100×100×10	6.8	6	520	900	3.1	1.8	100.0	O.K	
55,J지점	L-100×100×10	11.3	6	520	900	5.1	3.0	100.0	O.K	
56,J지점	L-100×100×10	25.8	6	520	900	11.7	6.7	100.0	O.K	
57,J지점	L-100×100×10	50.1	6	520	900	22.7	13.1	100.0	O.K	
58,J지점	L-100×100×10	63.0	6	520	900	28.6	16.5	100.0	O.K	
59,J지점	L-100×100×10	70.3	6	520	900	31.9	18.4	100.0	O.K	
60,J지점	L-100×100×10	71.7	6	520	900	32.5	18.8	100.0	O.K	
61,J지점	L-100×100×10	67.0	6	520	900	30.4	17.5	100.0	O.K	
62,J지점	L-100×100×10	56.2	6	520	900	25.5	14.7	100.0	O.K	
63,J지점	L-100×100×10	39.7	6	520	900	18.0	10.4	100.0	O.K	
64,J지점	L-100×100×10	17.3	6	520	900	7.9	4.5	100.0	O.K	
12,J지점	L-100×100×10	13.5	6	520	900	6.1	3.5	100.0	O.K	
66,J지점	L-100×100×10	48.6	6	520	900	22.0	12.7	100.0	O.K	
67,J지점	L-100×100×10	87.2	6	520	900	39.5	22.8	100.0	O.K	
68,J지점	L-100×100×10	129.7	6	520	900	58.8	34.0	100.0	O.K	
69,J지점	L-100×100×10	177.4	6	520	900	80.4	46.5	100.0	O.K	
17,J지점										P1:충복식
71,J지점	L-100×100×10	152.3	6	520	900	69.1	39.9	100.0	O.K	
72,J지점	L-100×100×10	145.2	6	520	900	65.8	38.0	100.0	O.K	
73,J지점	L-100×100×10	108.1	6	520	900	49.0	28.3	100.0	O.K	
74,J지점	L-100×100×10	77.8	6	520	900	35.3	20.4	100.0	O.K	
75,J지점	L-100×100×10	52.7	6	520	900	23.9	13.8	100.0	O.K	
76,J지점	L-100×100×10	32.5	6	520	900	14.7	8.5	100.0	O.K	
77,J지점	L-100×100×10	17.2	6	520	900	7.8	4.5	100.0	O.K	
78,J지점	L-100×100×10	7.1	6	520	900	3.2	1.9	100.0	O.K	
79,J지점	L-100×100×10	2.6	6	520	900	1.2	0.7	100.0	O.K	
80,J지점	L-100×100×10	2.7	6	520	900	1.2	0.7	100.0	O.K	
81,J지점	L-100×100×10	6.7	6	520	900	3.0	1.7	100.0	O.K	
82,J지점	L-100×100×10	16.5	6	520	900	7.5	4.3	100.0	O.K	
30,J지점	L-100×100×10	31.2	6	520	900	14.2	8.2	100.0	O.K	
84,J지점	L-100×100×10	51.3	6	520	900	23.3	13.4	100.0	O.K	
85,J지점	L-100×100×10	76.0	6	520	900	34.5	19.9	100.0	O.K	
86,J지점	L-100×100×10	106.0	6	520	900	48.1	27.8	100.0	O.K	
87,J지점	L-100×100×10	142.6	6	520	900	64.6	37.3	100.0	O.K	
88,J지점	L-100×100×10	186.9	6	520	900	84.7	49.0	100.0	O.K	
36,J지점										P2:충복식
90,J지점	L-100×100×10	172.2	6	520	900	78.1	45.1	100.0	O.K	
91,J지점	L-100×100×10	124.0	6	520	900	56.2	32.5	100.0	O.K	
92,J지점	L-100×100×10	82.4	6	520	900	37.4	21.6	100.0	O.K	
93,J지점	L-100×100×10	45.9	6	520	900	20.8	12.0	100.0	O.K	
41,J지점	L-100×100×10	13.9	6	520	900	6.3	3.6	100.0	O.K	
95,J지점	L-100×100×10	16.1	6	520	900	7.3	4.2	100.0	O.K	
96,J지점	L-100×100×10	37.0	6	520	900	16.8	9.7	100.0	O.K	
97,J지점	L-100×100×10	52.3	6	520	900	23.7	13.7	100.0	O.K	
98,J지점	L-100×100×10	62.3	6	520	900	28.3	16.3	100.0	O.K	
99,J지점	L-100×100×10	66.8	6	520	900	30.3	17.5	100.0	O.K	
100,J지점	L-100×100×10	65.7	6	520	900	29.8	17.2	100.0	O.K	
101,J지점	L-100×100×10	59.1	6	520	900	26.8	15.5	100.0	O.K	
102,J지점	L-100×100×10	47.1	6	520	900	21.3	12.3	100.0	O.K	
103,J지점	L-100×100×10	30.0	6	520	900	13.6	7.9	100.0	O.K	
104,J지점	L-100×100×10	10.2	6	520	900	4.6	2.7	100.0	O.K	
105,J지점	L-100×100×10	9.6	6	520	900	4.3	2.5	100.0	O.K	

9.2 교대부 다이아프램 (절점 1) (☞ 도.설.해 3.8.9.2)

▪ Diaphragm의 한계간격

L ≤ 50.0m의 경우 : L_D < 6.0m

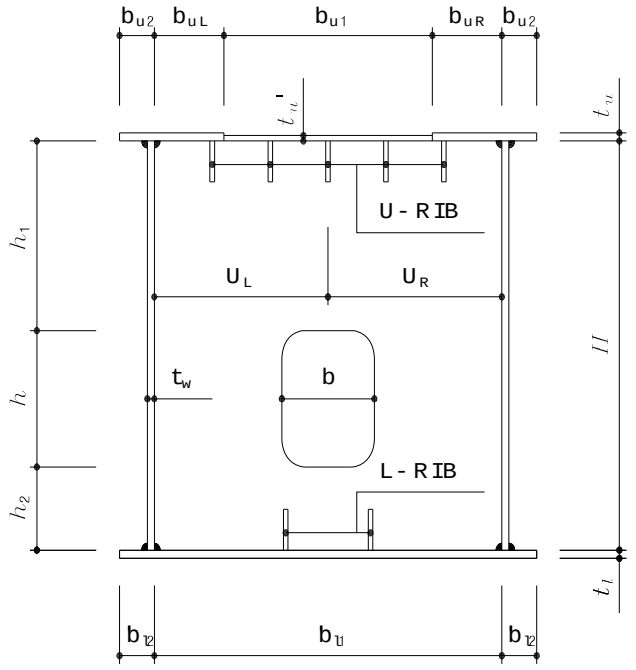
L > 50.0m의 경우 : L_D ≤ (0.14L - 1.0)m

단, L_D ≤ 20.0m

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [5.000 m]

L : 교량의 지간길이(m) [82.000 m]

L = 82.000 m > 50.000 m ⇒ L_D = 5.000 m ≤ L_{Dreq} = 10.480 m ····· **O.K !!**



b_{u1}	=	1,900.0	mm
b_{u2}	=	250.0	mm
b_{uL}	=	250.0	mm
b_{uR}	=	250.0	mm
U_L	=	1,200.0	mm
U_R	=	1,200.0	mm
b_{l1}	=	2,400.0	mm
b_{l2}	=	100.0	mm
b	=	700.0	mm
H	=	2,800.0	mm
h	=	1,000.0	mm
h_1	=	1,350.0	mm
h_2	=	450.0	mm
Θ_L	=	0.000	°
Θ_L	=	0.000	°

Diaphragm 두께 : t_D = 16.0 mm 강재 탄성계수 : 205,000 MPa 강재전단탄성계수 : 79,000 MPa

구 분	규 격	A_s(mm²)	X(mm)	$A_s \cdot X$(mm³)	$A_s \cdot X^2$(mm⁴)	I_{yo}(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500.0 × 18.0	18,000.0	-	-	-	3.750E+08
보강판	1 - 1,900.0 × 12.0	22,800.0	-	-	-	6.859E+09
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
L - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	-	-	-	4.032E+05
R - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	-	-	-	4.032E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,600.0 × 12.0	31,200.0	-	-	-	1.758E+10
합 계		142,800.0	-	-	-	2.482E+10

▪ Diaphragm의 개구율

ρ = √(A' / A) = √[(700.0×1,000.0) / {(2,400.0+2,400.0)/2 × 2,800.0}] = 0.323

0.4 ≥ ρ = **0.323** ⇒ **충복판 형식 적용**

▪ 상부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

F_u = 18,000.0 + 22,800.0 + 0.0 = 4.080E+04 mm²

▪ 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

F_l = 3,600.0 + 31,200.0 = 3.480E+04 mm²

▪ 복부 1개의 단면적

F_h = 33,600.0 = 3.360E+04 mm^2

▪ 상부플랜지의 복부판 중심간격

B_u = 2,400.0 + 12.0/2 + 12.0/2 = 2,412.0 mm

▪ 하부플랜지의 복부판 중심간격

B_l = 2,400.0 + 12.0/2 + 12.0/2 = 2,412.0 mm

▪ 상부플랜지의 돌출폭

b_1 = 250.0 - 12.0 = 238.0 mm

▪ 하부플랜지의 돌출폭

b_2 = 100.0 - 12.0 = 88.0 mm

▪ 리브를 포함하는 상부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

I_u = 7,234,000,000.0 + - + - = 7.234000E+09 mm^2

▪ 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

I_l = 17,576,000,000.0 + 6,750,000.000 + 576,000,000 = 1.816E+10 mm^2

▪ 변형함수

$\alpha_1 = \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$

$= \{27,789,303.3/(27,789,303.3+23,259,970.8\} \times \{(2,412.0+2,412.0)/4\} \times 2,800.0$ = 1.838E+06 mm^2

$\alpha_2 = \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$

$= \{23,259,970.8/(27,789,303.3+23,259,970.8\} \times \{(2,412.0+2,412.0)/4\} \times 2,800.0$ = 1.539E+06 mm^2

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u+2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$= (18,158,750,000.0/2,412.0) + \{(2,412.0+2 \times 2,412.0) \times 33,600.0/12\}$ = 2.779E+07 mm^3

$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u+B_l) \cdot F_h / 12\}$

$= (7,234,000,000.0/2,412.0) + \{(2 \times 2,412.0+2,412.0) \times 33,600.0/12\}$ = 2.326E+07 mm^3

▪ 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$I_{DW} = 1/3 \cdot \{\alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1+2 \cdot b_1/B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1+2 \cdot b_2/B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h\}$

$(1/3) \cdot \{1,838,202.8^2 \times 40,800.0 \times (1 + 2 \times 238.0 / 2,412.0)^2 +$

$1,538,597.2^2 \times 34,800.0 \times (1 + 2 \times 88.0 / 2,412.0)^2 + 2 \times (1,838,202.8^2$

$- 1,838,202.8 \times 1,538,597.2 + 1,538,597.2^2) \times 33,600.0\}$ = 1.629E+17 mm^6

▪ Diaphragm의 필요강도

$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3$ $= 20 \times 205,000.0 \times 162,859,567,816,359,000.0 / 10,480.0^3$ = 5.801E+11 N·mm

▪ Diaphragm의 강도 검토

$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D$ $= 4 \times 79,000.0 \times \{(2,400.0+2,400.0)/2 \times 2,800.0\} \times 16.0$ = 3.398E+13 N·mm

∴ K_{use} = 3.398E+13 N·mm ≥ K_{req} = 5.801E+11 N·mm ····· **O.K !!**

9.3 교각부 다이아프램 (절점 11) (☞ 도.설.해 3.8.9.2)

▪ Diaphragm의 한계간격

L ≤ 50.0m의 경우 : L_D < 6.0m

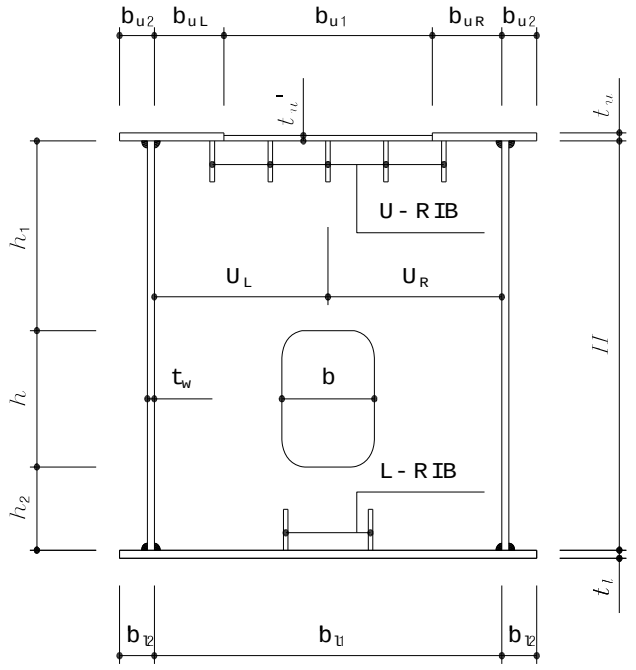
L > 50.0m의 경우 : L_D ≤ (0.14L - 1.0)m

단, L_D ≤ 20.0m

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [5.000 m]

L : 교량의 지간길이(m) [93.000 m]

L = 93.000 m > 50.000 m ⇒ L_D = 5.000 m ≤ L_{Dreq} = 12.020 m ····· **O.K !!**



b_{u1} =	2,400.0	mm	
b_{u2} =	250.0	mm	
b_{uL} =	0.0	mm	
b_{uR} =	0.0	mm	
U_L =	1,200.0	mm	
U_R =	1,200.0	mm	
b_{l1} =	2,400.0	mm	
b_{l2} =	100.0	mm	
b =	**700.0**	mm	
H =	3,700.0	mm	
h =	**1,000.0**	mm	
h_1 =	2,250.0	mm	
h_2 =	450.0	mm	
Θ_L =	0.000	°	
Θ_L =	0.000	°	

Diaphragm 두께 : t_D = 26.0 mm 강재 탄성계수 : 205,000 MPa 강재전단탄성계수 : 79,000 MPa

구 분	규 격	A_s(mm²)	X(mm)	$A_s \cdot X$(mm³)	$A_s \cdot X^2$(mm⁴)	I_{yo}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2,900.0 × 40.0	116,000.0	-	-	-	8.130E+10
보강판	0 - 0.0 × 12.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
L - WEB	1 - 3,700.0 × 18.0	66,600.0	-	-	-	1.798E+06
R - WEB	1 - 3,700.0 × 18.0	66,600.0	-	-	-	1.798E+06
LOWER RIB	1 - 280.0 × 20.0	5,600.0	-	-	-	3.659E+07
LOWER FL.	1 - 2,600.0 × 28.0	72,800.0	-	-	-	4.101E+10
합 계		327,600.0	-	-	-	1.223E+11

▪ Diaphragm의 개구율

$\rho = \sqrt{(A' / A)} = \sqrt{[(700.0 \times 1,000.0) / \{(2,400.0+2,400.0)/2 \times 3,700.0\}]} =$ 0.281

0.4 ≥ ρ = **0.281** ⇒ **충복판 형식 적용**

▪ 상부플랜지의 총단면적

F_u = 116,000.0 + 0.0 + 0.0 = 1.160E+05 mm²

▪ 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

F_l = 5,600.0 + 72,800.0 = 7.840E+04 mm²

▪ 복부 1개의 단면적

F_h = 66,600.0 = 6.660E+04 mm^2

▪ 상부플랜지의 복부판 중심간격

B_u = 2,400.0 + 18.0/2 + 18.0/2 = 2,418.0 mm

▪ 하부플랜지의 복부판 중심간격

B_l = 2,400.0 + 18.0/2 + 18.0/2 = 2,418.0 mm

▪ 상부플랜지의 돌출폭

b_1 = 250.0 - 18.0 = 232.0 mm

▪ 하부플랜지의 돌출폭

b_2 = 100.0 - 18.0 = 82.0 mm

▪ 리브를 포함하는 상부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

I_u = 81,296,666,666.7 + - + - = 8.129667E+10 mm^2

▪ 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

I_l = 41,010,666,666.7 + 36,586,666.667 + - = 4.105E+10 mm^2

▪ 변형함수

α_1 = {e / (e+f)} · {(B_u+B_l)/4}·H

= {57,235,404.4/(57,235,404.4+73,881,150.2}×{(2,418.0+2,418.0)/4}×3,700.0 = 1.953E+06 mm^2

α_2 = {f / (e+f)} · {(B_u+B_l)/4}·H

= {73,881,150.2/(57,235,404.4+73,881,150.2}×{(2,418.0+2,418.0)/4}×3,700.0 = 2.521E+06 mm^2

여기서, e = (I_l / B_l) + {(B_u+2B_l)·F_h / 12}

= (41,047,253,333.4/2,418.0) + {(2,418.0+2×2,418.0)×66,600.0/12} = 5.724E+07 mm^3

f = (I_u / B_u) + {(2B_u+B_l)·F_h / 12}

= (81,296,666,666.7/2,418.0) + {(2×2,418.0+2,418.0)×66,600.0/12} = 7.388E+07 mm^3

▪ 박스거더의 단면형상에 대한 상수

I_{DW} = 1/3·{α_1^2·F_u·(1+2·b_1/B_u)^2+α_2^2·F_l·(1+2·b_2/B_l)^2+2·(α_1^2-α_1·α_2+α_2^2)·F_h}

(1/3)·{1,952,698.8² × 116,000.0 × (1 + 2×232.0 / 2,418.0)² +

2,520,601.2² × 78,400.0 × (1 + 2×82.0 / 2,418.0)² + 2 × (1,952,698.8²

- 1,952,698.8 × 2,520,601.2 + 2,520,601.2²) × 66,600.0} = 6.316E+17 mm^6

▪ Diaphragm의 필요강도

K_{req} = 20·E·I_{DW} / L_{Dreq}^3 = 20×205,000.0×631,629,176,737,761,000.0 / 12,020.0³ = 1.491E+12 N·mm

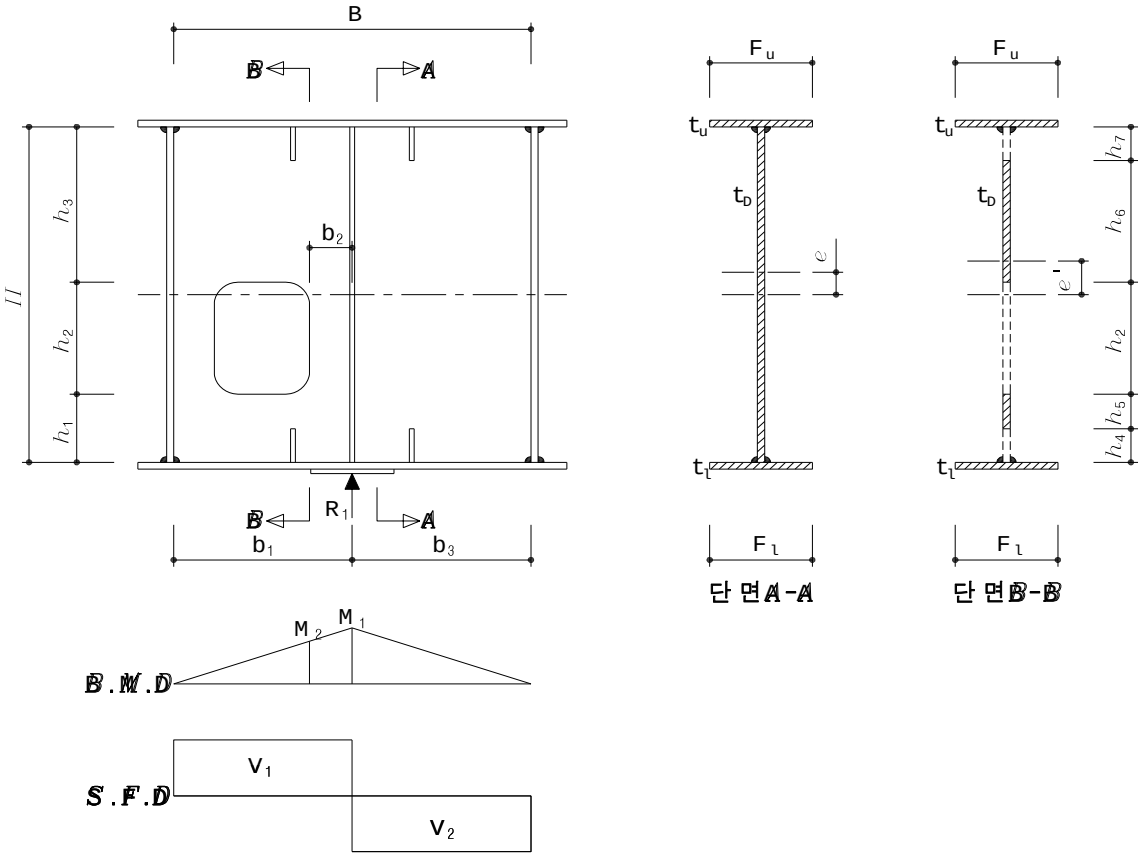
▪ Diaphragm의 강도 검토

K_{use} = 4·G·A·t_D = 4×79,000.0×{(2,400.0+2,400.0)/2×3,700.0}×26.0 = 7.296E+13 N·mm

∴ K_{use} = 7.296E+13 N·mm ≥ K_{req} = 1.491E+12 N·mm ····· **O.K !!**

9.4 다이아프램 응력검토

1) 교대부-1슈 (단면 1)



(단위 : mm)

B	H	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	b_1	b_2	b_3
2,400	2,800	1,350	1,000	450	150	1,200	450	0	1,200	405	1,200

t_u	t_D	t_l	F_u	F_l	R_1(kN)	R_2(kN)	M_1(kN·m)	M_2(kN·m)	V_1(kN)	V_2(kN)
18	16	12	432	288	4,884.642	0.000	2,930.8	1,941.6	2,442.3	-2,442.3

▪ 단면 A-A 응력검토

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm^3)	$A_s \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 432.0 × 18.0	7,776.0	1,409.0	1.096E+07	1.544E+10	2.100E+05
Diaphragm	1 - 2,800.0 × 16.0	44,800.0	-	-	-	2.927E+10
LOWER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	-1,406.0	-4.859E+06	6.832E+09	4.147E+04
합 계		56,032.0	3.0	6.097E+06	2.227E+10	2.927E+10

$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s$ = 6,097,248.0 / 56,032.0 = 108.817 mm

$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2$ = 29,269,584,757.3+22,269,490,272.0-56,032.0×108.8² = 5.088E+10 mm^4

- 응력 계산

f_l = (2,930.785 / 50,875,589,285.9)×(2,800.0/2 + 12.0 + 108.8) = 87.610 MPa

∴ f_l = 87.610 MPa ≤ f_a = 230.000 MPa (HSB500) ····· **O.K !!**

υ = 2,442.3 / 44,800.0 = 54.516 MPa

∴ υ = 54.516 MPa ≤ υ_a = 135.000 MPa ····· **O.K !!**

- 2축 응력상태의 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.5)

f_v = 123.348 MPa 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a}\right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a}\right)\cdot\left(\frac{f_l}{f_a}\right) + \left(\frac{f_l}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2$$

$(123.35/230.0)^2 - (123.35/230.0)\times(87.61/230.0) + (87.61/230.0)^2 + (54.52/135.0)^2$ = 0.391

∴ 2축 응력 = 0.391 ≤ 1.200 ····· **O.K !!**

▪ 단면 B-B 응력검토

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	$A_s\cdot Y$(mm^3)	$A_s\cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 432.0 × 18.0	7,776.0	1,409.0	1.096E+07	1.544E+10	2.100E+05
Diaphragm	1 - 450.0 × 16.0	7,200.0	1,175.0	8.460E+06	9.941E+09	1.215E+08
Diaphragm	1 - 1,200.0 × 16.0	19,200.0	-650.0	-1.248E+07	8.112E+09	2.304E+09
LOWER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	-1,406.0	-4.859E+06	6.832E+09	4.147E+04
합 계		37,632.0	528.0	2.077E+06	4.032E+10	2.426E+09

e = $\Sigma A_s\cdot Y$ / ΣA_s = 2,077,248.0 / 37,632.0 = 55.199 mm

I_{33} = $\Sigma I_{xo} + \Sigma A\cdot Y^2 - \Sigma A\cdot e^2$ = 2,425,751,424.0+40,321,990,272.0-37,632.0×55.2^2 = 4.263E+10 mm^4

- 응력 계산

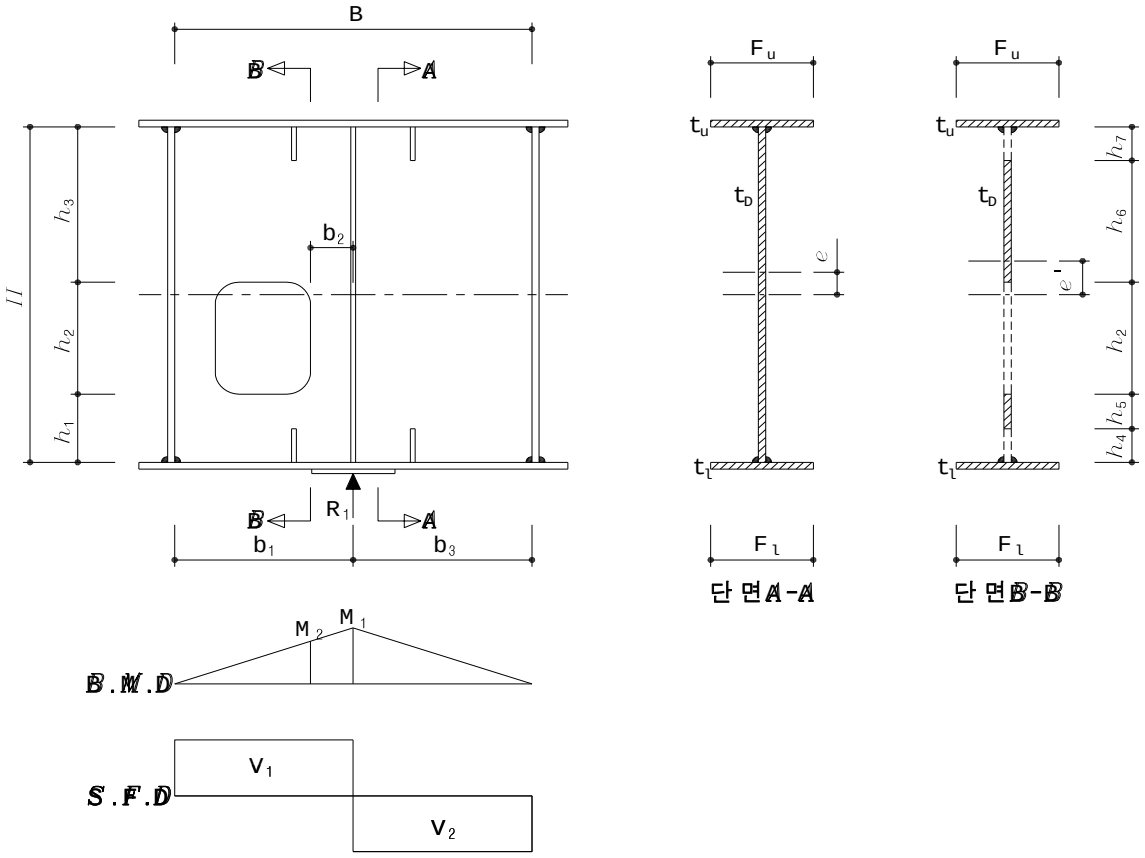
f_l = (1,941.645 / 42,633,079,726.0)×(2,800.0/2 + 12.0 + 55.2) = 66.821 MPa

∴ f_l = 66.821 MPa ≤ f_a = 230.000 MPa ····· **O.K !!**

υ = 2,442.321 / (7,200.0 + 19,200.0) = 92.512 MPa

∴ υ = 92.512 MPa ≤ υ_a = 135.000 MPa ····· **O.K !!**

2) 교각부-1슈 (단면 11)



(단위 : mm)

B	H	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	b_1	b_2	b_3
2,400	3,700	2,250	1,000	450	280	1,970	450	0	1,200	405	1,200

t_u	t_D	t_l	F_u	F_l	R_1(kN)	R_2(kN)	M_1(kN·m)	M_2(kN·m)	V_1(kN)	V_2(kN)
40	26	28	960	672	13,821.680	0.000	8,293.0	5,494.1	6,910.8	-6,910.8

▪ 단면 A-A 응력검토

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	A_s·Y(mm^3)	A_s·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 960.0 × 40.0	38,400.0	1,870.0	7.181E+07	1.343E+11	5.120E+06
Diaphragm	1 - 3,700.0 × 26.0	96,200.0	-	-	-	1.097E+11
LOWER FL.	1 - 672.0 × 28.0	18,816.0	-1,864.0	-3.507E+07	6.538E+10	1.229E+06
합 계		153,416.0	6.0	3.673E+07	1.997E+11	1.098E+11

$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s$ = 36,734,976.0 / 153,416.0 = 239.447 mm

$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2$ = 109,754,515,978.7+199,657,076,736.0-153,416.0×239.4² = 3.006E+11 mm^4

- 응력 계산

f_l = (8,293.008 / 300,615,518,891.1)×(3,700.0/2 + 28.0 + 239.4) = 58.413 MPa

∴ f_l = 58.413 MPa ≤ f_a = 230.000 MPa (HSB500) ····· **O.K !!**

υ = 6,910.8 / 96,200.0 = 71.838 MPa

∴ υ = 71.838 MPa ≤ υ_a = 135.000 MPa ····· **O.K !!**

- 2축 응력상태의 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.5)

f_v = 185.715 MPa 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a}\right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a}\right)\cdot\left(\frac{f_l}{f_a}\right) + \left(\frac{f_l}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2$$

$(185.72/230.0)^2 - (185.72/230.0)\times(58.41/230.0) + (58.41/230.0)^2 + (71.84/135.0)^2$ = 0.795

∴ 2축 응력 = 0.795 ≤ 1.200 ····· **O.K !!**

▪ 단면 B-B 응력검토

구 분	규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s\cdot Y$(mm³)	$A_s\cdot Y^2$(mm⁴)	I_{xo}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 960.0 × 40.0	38,400.0	1,870.0	7.181E+07	1.343E+11	5.120E+06
Diaphragm	1 - 450.0 × 26.0	11,700.0	1,625.0	1.901E+07	3.090E+10	1.974E+08
Diaphragm	1 - 1,970.0 × 26.0	51,220.0	-585.0	-2.996E+07	1.753E+10	1.656E+10
LOWER FL.	1 - 672.0 × 28.0	18,816.0	-1,864.0	-3.507E+07	6.538E+10	1.229E+06
합 계		120,136.0	1,046.0	2.578E+07	2.481E+11	1.677E+10

$e = \Sigma A_s\cdot Y / \Sigma A_s$ = 25,783,776.0 / 120,136.0 = 214.622 mm

$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A\cdot Y^2 - \Sigma A\cdot e^2$ = 16,768,761,645.3+248,081,153,736.0-120,136.0×214.6² = 2.593E+11 mm⁴

- 응력 계산

f_l = (5,494.118 / 259,316,161,096.0)×(3,700.0/2 + 28.0 + 214.6) = 44.336 MPa

∴ f_l = 44.336 MPa ≤ f_a = 230.000 MPa ····· **O.K !!**

υ = 6,910.840 / (11,700.0 + 51,220.0) = 109.835 MPa

∴ υ = 109.835 MPa ≤ υ_a = 135.000 MPa ····· **O.K !!**

3) DIAPHRAGM 간격 및 응력검토 결과 정리

① 다이아프램의 간격 및 강도 검토

개구율 ρ=√(A'/A)　　A': 개구부 면적 , A : 총면적

구분		다이아프램의 간격 (mm)			다이어프램 형식				강 도 K (N·mm)		
		한계간격	적용간격	판정	A'(mm²)	A(mm²)	개구율	판정	필요강도	사용강도	판정
A1	G1	10480.0	5000.0	O.K	350000.0	6720000.0	0.23	충복판식	5.801E+11	3.398E+13	O.K
	G2	10480.0	5000.0	O.K	350000.0	6720000.0	0.23	충복판식	5.801E+11	3.398E+13	O.K
P1	G1	12020.0	5000.0	O.K	350000.0	8880000.0	0.20	충복판식	1.491E+12	7.296E+13	O.K
	G2	12020.0	5000.0	O.K	350000.0	8880000.0	0.20	충복판식	1.491E+12	7.296E+13	O.K
P2	G1	12020.0	5000.0	O.K	350000.0	8880000.0	0.20	충복판식	1.491E+12	7.296E+13	O.K
	G2	12020.0	5000.0	O.K	350000.0	8880000.0	0.20	충복판식	1.491E+12	7.296E+13	O.K
A2	G1	10480.0	5000.0	O.K	350000.0	6720000.0	0.23	충복판식	5.801E+11	3.398E+13	O.K
	G2	10480.0	5000.0	O.K	350000.0	6720000.0	0.23	충복판식	5.801E+11	3.398E+13	O.K

② 다이아프램의 응력검토

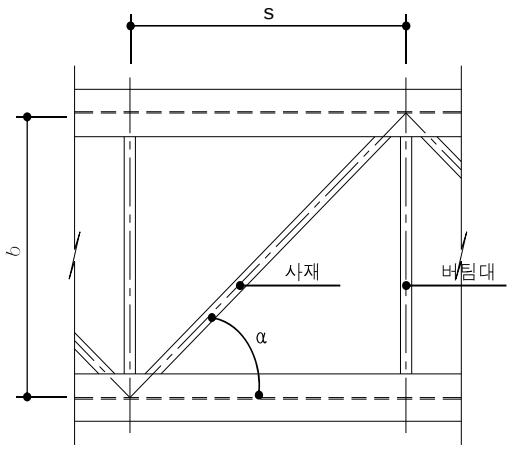
구분		휨 응 력 (MPa)				전 단 응 력 (MPa)				2축 합성응력도		
		단면A-A	단면B-B	허용응력	판정	단면A-A	단면B-B	허용응력	판정	작용	허용	판정
A1	G1	87.6	66.8	230.0	O.K	54.5	92.5	135.0	O.K	0.39	1.2	O.K
	G2	87.6	66.8	230.0	O.K	54.5	92.5	135.0	O.K	0.39	1.2	O.K
P1	G1	58.4	44.3	230.0	O.K	71.8	109.8	135.0	O.K	0.79	1.2	O.K
	G2	58.4	44.3	230.0	O.K	71.8	109.8	135.0	O.K	0.79	1.2	O.K
P2	G1	58.4	44.3	230.0	O.K	71.8	109.8	135.0	O.K	0.79	1.2	O.K
	G2	58.4	44.3	230.0	O.K	71.8	109.8	135.0	O.K	0.79	1.2	O.K
A2	G1	87.6	66.8	230.0	O.K	54.5	92.5	135.0	O.K	0.39	1.2	O.K
	G2	87.6	66.8	230.0	O.K	54.5	92.5	135.0	O.K	0.39	1.2	O.K

9.5 수평브레이싱 설계

개구형 강상자형의 경우 바닥판 콘크리트가 양생되어 합성단면으로의 역할을 수행하기 이전의 운반, 설치단계에서 충분한 강성을 확보하도록 상부플랜지에 수평브레이싱을 설치하여야 한다.
검토단계는 현장타설되는 바닥판 콘크리트가 굳기 이전 단계의 하중을 고려하여야 하며,
작용하중은 비틀림모멘트, 휨모멘트, 연직력에 의하여 발생하는 수평브레이싱 수직재와 사재의 축력에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다. (개구제형 강거더 설계지침, 2장)

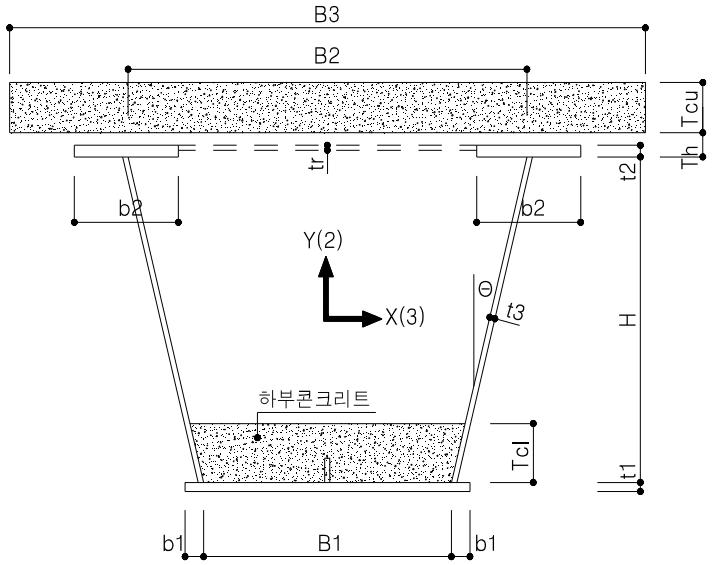
1) 수평브레이싱 및 단면제원도

- 수평브레이싱 설치 평면도



s = 2.500 m (수직재 설치간격)
b = 2.400 m
α = 43.8 °
(수직재)

- 단면제원



단위 mm

구분	지간중앙	내측지점
H	3,000	3,700
B1	2,400	2,400
B2	2,400	2,400
B3	6,300	6,300
b2	600	2,600
t1	30	28
t2	36	40
Tcu	240	240
Θ	0.000°	0.000°

- 부호규약

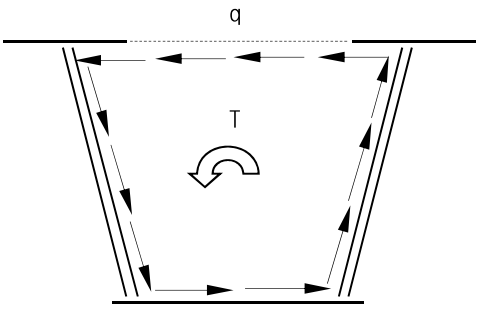
① 축 력 : (+) 인장력, (-) 압축력
② 응 력 : (+) 인장응력, (-) 압축응력

2) 작용하중별 수평브레이싱 축력산정

가) 비틀림모멘트에 의한 수평브레이싱 축력산정

① 비틀림모멘트에 의한 축력계산

상부오픈부 등가플랜지



$$q = \frac{T}{(\ 2 \times A_0\ )} \quad ; \text{ 전단흐름}$$

$$D_{tor} = \pm \frac{q \times b}{\sin \alpha}$$

$$S_{tor} = (\ D_{tor1} - D_{tor2}\ ) \sin \alpha$$

여기서, A = 준폐합단면적

b = 상부플랜지 중심간 거리

α = 상부플랜지와 사재의 예각 (radian)

- 위치별 비틀림에 의한 발생 부재력

부 재	T (kN·m)	A_0 (m^2)	b (m)	sin α	q (kN/m)	D_{tor} (kN)	S_{tor} (kN)	비 고
54,J지점	1691.3	7.200	2.400	0.693	117.45	± 407.0	± 30.0	
55,J지점	1871.4	7.200	2.400	0.693	129.96	± 450.4	± 30.0	
56,J지점	1691.3	7.200	2.400	0.693	117.45	± 407.0	± 42.7	
57,J지점	1435.1	7.200	2.400	0.693	99.66	± 345.4	± 71.4	
58,J지점	1006.4	7.200	2.400	0.693	69.89	± 242.2	± 68.8	
59,J지점	593.4	7.200	2.400	0.693	41.21	± 142.8	± 57.4	
60,J지점	248.8	7.200	2.400	0.693	17.28	± 59.9	± 26.8	
61,J지점	-88.2	7.200	2.400	0.693	-6.13	± 21.2	± 53.7	
62,J지점	-410.4	7.200	2.400	0.693	-28.50	± 98.8	± 51.5	
63,J지점	-719.6	7.200	2.400	0.693	-49.97	± 173.2	± 34.3	
64,J지점	-925.3	7.200	2.400	0.693	-64.25	± 222.7	± 28.1	
12,J지점	-1097.5	7.224	2.400	0.693	-75.96	± 263.2	± 13.2	
66,J지점	-1036.8	7.356	2.400	0.693	-70.47	± 244.2	± 13.2	
67,J지점	-987.9	7.603	2.400	0.693	-64.97	± 225.1	± 13.2	
68,J지점	-1267.2	7.966	2.400	0.693				P1: 폐합
69,J지점	-1506.1	8.446	2.400	0.693				P1: 폐합
17,J지점	-1525.3	0.000	2.400	0.693				P1:충복식
71,J지점	-1070.6	8.321	2.400	0.693				P1: 폐합
72,J지점	-727.5	7.462	2.400	0.693				P1: 폐합
73,J지점	-293.5	6.799	2.400	0.693	-21.59	± 74.8	± 51.1	
74,J지점	3.8	6.336	2.400	0.693	0.30	± 1.0	± 34.1	
75,J지점	176.0	6.070	2.400	0.693	14.50	± 50.2	± 17.1	
76,J지점	259.4	6.000	2.400	0.693	21.62	± 74.9	± 3.7	
77,J지점	278.1	6.000	2.400	0.693	23.18	± 80.3	± 9.4	
78,J지점	231.3	6.000	2.400	0.693	19.27	± 66.8	± 19.2	
79,J지점	135.1	6.000	2.400	0.693	11.25	± 39.0	± 24.3	
80,J지점	13.7	6.000	2.400	0.693	1.14	± 3.9	± 19.0	
81,J지점	-108.5	6.000	2.400	0.693	-9.04	± 31.3	± 19.2	
82,J지점	-204.5	6.000	2.400	0.693	-17.04	± 59.1	± 14.8	
30,J지점	-278.5	6.000	2.400	0.693	-23.21	± 80.4	± 8.2	
84,J지점	-240.4	6.070	2.400	0.693	-19.80	± 68.6	± 15.7	
85,J지점	-168.0	6.336	2.400	0.693	-13.26	± 45.9	± 28.8	
86,J지점	-17.3	6.799	2.400	0.693	-1.28	± 4.4	± 28.8	

- 위치별 비틀림에 의한 발생 부재력

부 재	T (kN·m)	A_0 (m^2)	b (m)	sin α	q (kN/m)	D_{tor} (kN)	S_{tor} (kN)	비 고
87,J지점	167.3	7.462	2.400	0.693				P2: 폐합
88,J지점	395.8	8.321	2.400	0.693				P2: 폐합
36,J지점	373.5	0.000	2.400	0.693				P2:충복식
90,J지점	575.6	8.446	2.400	0.693				P2: 폐합
91,J지점	573.4	7.966	2.400	0.693				P2: 폐합
92,J지점	465.9	7.603	2.400	0.693	30.64	± 106.2	± 11.3	
93,J지점	381.3	7.356	2.400	0.693	25.92	± 89.8	± 21.9	
41,J지점	506.2	7.224	2.400	0.693	35.04	± 121.4	± 10.8	
95,J지점	439.7	7.200	2.400	0.693	30.53	± 105.8	± 10.5	
96,J지점	376.7	7.200	2.400	0.693	26.16	± 90.7	± 13.6	
97,J지점	295.0	7.200	2.400	0.693	20.48	± 71.0	± 22.5	
98,J지점	160.0	7.200	2.400	0.693	11.11	± 38.5	± 22.1	
99,J지점	27.6	7.200	2.400	0.693	1.92	± 6.7	± 15.5	
100,J지점	-120.9	7.200	2.400	0.693	-8.39	± 29.1	± 23.3	
101,J지점	-260.7	7.200	2.400	0.693	-18.11	± 62.7	± 28.0	
102,J지점	-428.5	7.200	2.400	0.693	-29.76	± 103.1	± 29.7	
103,J지점	-607.0	7.200	2.400	0.693	-42.15	± 146.1	± 14.2	
104,J지점	-691.9	7.200	2.400	0.693	-48.05	± 166.5	± 13.2	
105,J지점	-771.2	7.200	2.400	0.693	-53.55	± 185.6	± 13.2	

※ 휨모멘트 및 비틀림 부재력 : 합성전강재자중+하부콘크리트자중+상부바닥판자중

나) 종방향 휨모멘트에 의한 수평브레이싱 축력산정

① 휨성분에 의한 축력계산

$$D_{bend} = \frac{f_{xTop} \times s \times \cos\alpha}{k_1}$$: 사재의 축력

$$S_{bend} = -D_{bend} \times \sin\alpha$$: 수직재의 축력

$$f_{xTop} = M / Z$$: 상부플랜지 중심에서의 종방향 응력

$$f_{L\,bend} = \frac{1.5 \cdot s \cdot S_{bend}}{bf^2 \cdot tf}$$: 상부플랜지 횡방향 휨응력

$$k_1 = \frac{d}{A_d} + \frac{b}{As} \cdot \sin^2\alpha + \frac{s^3}{2\ b_f^3\ t_f} \cdot \sin^2\alpha$$

여기서, M : 모멘트, Z : 단면계수

d = 사재의 길이 = 3.466 m (3.124

s = 수직재의 간격 = 2.500 m

b = 상부플랜지 중심간 거리 = 2.400 m

b_f = 상부플랜지의 폭

t_f = 상부플랜지의 두께

α = 상부플랜지와 사재의 예각 (radian)

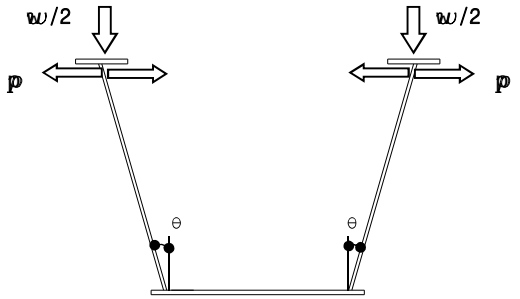
A_d = 사재의 단면적 (m^2)

A_s = 수직재의 단면적 (m^2)

- 위치별 휨모멘트에 의한 발생 부재력

부 재	M (kN·m)	단면계수 Z (m3)	f_{xTop} (MPa)	b_f (m)	t_f (m)	k_1 (1/m)	D_{bend} (kN)	S_{bend} (kN)	f_{Lbend} (MPa)	비 고
54,J지점	6154.4	0.098	-62.9	0.500	0.018	1,830	-49.58	34.34	28.6	
55,J지점	12616.3	0.098	-129.0	0.500	0.018	1,830	-101.64	70.39	58.7	
56,J지점	18155.4	0.128	-142.3	0.500	0.026	2,131	-120.46	83.42	48.1	
57,J지점	23639.8	0.154	-153.7	0.600	0.030	1,556	-178.16	123.38	42.8	
58,J지점	27593.7	0.178	-155.3	0.600	0.036	1,460	-191.85	132.86	38.4	
59,J지점	29841.1	0.178	-167.9	0.600	0.036	2,259	-134.09	92.86	26.9	
60,J지점	30249.5	0.178	-170.2	0.600	0.036	2,259	-135.92	94.13	27.2	
61,J지점	28807.1	0.178	-162.1	0.600	0.036	2,259	-129.44	89.64	25.9	
62,J지점	25511.9	0.155	-164.5	0.600	0.030	2,355	-125.95	87.22	30.3	
63,J지점	20458.2	0.155	-131.9	0.600	0.030	2,355	-101.00	69.94	24.3	
64,J지점	13595.3	0.115	-118.0	0.500	0.020	3,276	-64.99	45.01	33.8	
12,J지점	5491.4	0.115	-47.9	0.500	0.020	3,276	-26.40	18.28	13.7	
66,J지점	-5279.9	0.131	40.3	0.500	0.020	3,276	22.21	-15.38	-11.5	
67,J지점	-17142.9	0.193	88.7	0.500	0.020	3,276	48.83	-33.82	-25.4	
68,J지점	-30225.7	0.287	105.2	8.200	0.024					P1: 폐합
69,J지점	-44931.8	0.294	152.9	8.200	0.024					P1: 폐합
17,J지점	-61991.7	0.478	129.6	8.200	0.040					P1:충복식
71,J지점	-48913.7	0.334	146.6	8.200	0.028					P1: 폐합
72,J지점	-34929.3	0.288	121.2	8.200	0.028					P1: 폐합
73,J지점	-23430.6	0.206	113.5	0.500	0.028	2,847	71.88	-49.78	-26.7	
74,J지점	-14057.4	0.135	104.5	0.500	0.028	2,847	66.16	-45.82	-24.5	
75,J지점	-6365.6	0.078	81.2	0.500	0.018	3,442	42.56	-29.47	-24.6	
76,J지점	-202.4	0.076	2.7	0.500	0.018	3,442	1.40	-0.97	-0.8	
77,J지점	4414.3	0.076	-58.2	0.500	0.018	3,442	-30.49	21.11	17.6	
78,J지점	7494.3	0.076	-98.8	0.500	0.018	3,442	-51.76	35.84	29.9	
79,J지점	9055.9	0.076	-119.4	0.500	0.018	3,442	-62.54	43.31	36.1	
80,J지점	9098.4	0.076	-119.9	0.500	0.018	3,442	-62.84	43.52	36.3	
81,J지점	7622.2	0.076	-100.5	0.500	0.018	3,442	-52.64	36.45	30.4	
82,J지점	4633.0	0.076	-61.1	0.500	0.018	3,442	-32.00	22.16	18.5	
30,J지점	172.7	0.076	-2.3	0.500	0.018	3,442	-1.19	0.83	0.7	
84,J지점	-5932.5	0.078	75.7	0.500	0.018	3,442	39.66	-27.47	-22.9	
85,J지점	-13509.4	0.135	100.4	0.500	0.028	2,847	63.58	-44.03	-23.6	
86,J지점	-22777.3	0.206	110.3	0.500	0.028	2,847	69.88	-48.39	-25.9	
87,J지점	-34122.2	0.288	118.4	8.200	0.028					P2: 폐합
88,J지점	-47847.2	0.334	143.4	8.200	0.028					P2: 폐합
36,J지점	-61371.4	0.478	128.3	8.200	0.040					P2:충복식
90,J지점	-43327.5	0.294	147.5	8.200	0.024					P2: 폐합
91,J지점	-28489.5	0.287	99.1	8.200	0.024					P2: 폐합
92,J지점	-15663.5	0.193	81.0	0.500	0.020	3,276	44.62	-30.90	-23.2	
93,J지점	-4434.1	0.131	33.9	0.500	0.020	3,276	18.65	-12.91	-9.7	
41,J지점	5373.5	0.115	-46.9	0.500	0.020	3,276	-25.83	17.89	13.4	
95,J지점	13211.8	0.115	-114.7	0.500	0.020	3,276	-63.16	43.74	32.8	
96,J지점	19609.3	0.155	-126.4	0.600	0.030	2,355	-96.81	67.04	23.3	
97,J지점	24318.5	0.155	-156.8	0.600	0.030	2,355	-120.06	83.14	28.9	
98,J지점	27391.3	0.178	-154.1	0.600	0.036	2,259	-123.08	85.24	24.7	
99,J지점	28759.9	0.178	-161.8	0.600	0.036	2,259	-129.23	89.50	25.9	
100,J지점	28422.1	0.178	-159.9	0.600	0.036	2,259	-127.71	88.44	25.6	
101,J지점	26388.6	0.178	-148.5	0.600	0.036	1,460	-183.47	127.06	36.8	
102,J지점	22711.6	0.154	-147.7	0.600	0.030	1,556	-171.17	118.54	41.2	
103,J지점	17491.0	0.128	-137.1	0.500	0.026	2,131	-116.06	80.37	46.4	
104,J지점	12184.5	0.098	-124.5	0.500	0.018	2,643	-84.98	58.85	49.0	
105,J지점	5967.9	0.098	-61.0	0.500	0.018	2,643	-41.62	28.82	24.0	

다) 연직력의 수평성분에 의한 수평브레이싱 축력산정



$D_{Lp} = 0.00$

$S_{Lp} = p \cdot s$

$f_{Lp} = \dfrac{0.6 \cdot p \cdot s^2}{bf^2 \cdot tf}$

D_{Lp} : 사재의 축력　　P : 수평분력

S_{Lp} : 수직재의 축력　　s : 수잭재 간격

f_{Lp} : 상부플랜재 횡방향 휨응력　　As : 강거더 단면적

① 복부경사에 의한 수평분력(p1)

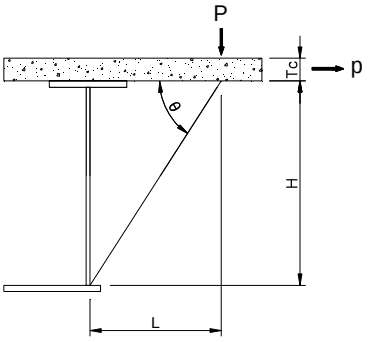
w = γ_c × Tcu × B3 + γ_s × As × 강재할증

= 25.0 kN/m³ × 0.240 m × 6.300 m + 78.5 kN/m³ × As m² × 1.3

p1 = w/2 tanθ1

② 캔틸레버부 바닥판 타설하중에 의한 수평분력(p2)

슬래브자중	= 0.240	× **0.850**	× 25	= 5.1	kN/m
거푸집하중	= 0.400	× **0.850**		= 0.3	kN/m
작업하중	= 3.750	× **0.850**		= 3.2	kN/m
			합 계(P2)	= 8.6	kN/m



θ2 = $\tan^{-1}$(H/L) = 45.0 °

H = **1.000** m

L = **1.000** m

p2 = P2 / tanθ2 = 8.6 / 1.0 = 8.6 kN/m

- 위치별 연직력에 의한 수평분력

부 재	As (㎡)	p1 (kN)	p2 (kN)	S_{Lp} (kN)	D_{Lp} (kN)	f_{Lp} (MPa)	비 고
54,J지점	0.125	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
55,J지점	0.125	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
56,J지점	0.164	0.000	8.628	21.569	0.000	4.98	
57,J지점	0.174	0.000	8.628	21.569	0.000	3.00	
58,J지점	0.202	0.000	8.628	21.569	0.000	2.50	
59,J지점	0.202	0.000	8.628	21.569	0.000	2.50	
60,J지점	0.202	0.000	8.628	21.569	0.000	2.50	
61,J지점	0.202	0.000	8.628	21.569	0.000	2.50	
62,J지점	0.179	0.000	8.628	21.569	0.000	3.00	
63,J지점	0.179	0.000	8.628	21.569	0.000	3.00	
64,J지점	0.142	0.000	8.628	21.569	0.000	6.47	
12,J지점	0.143	0.000	8.628	21.569	0.000	6.47	
66,J지점	0.144	0.000	8.628	21.569	0.000	6.47	
67,J지점	0.146	0.000	8.628	21.569	0.000	6.47	

- 위치별 연직력에 의한 수평분력

부 재	As (㎡)	p1 (kN)	p2 (kN)	S_{Lp} (kN)	D_{Lp} (kN)	f_{Lp} (MPa)	비 고
68,J지점	0.210	0.000	8.628	21.569	0.000	0.02	P1: 폐합
69,J지점	0.215	0.000	8.628	21.569	0.000	0.02	P1: 폐합
17,J지점	0.281	0.000	8.628	21.569	0.000	0.01	P1:충복식
71,J지점	0.225	0.000	8.628	21.569	0.000	0.02	P1: 폐합
72,J지점	0.217	0.000	8.628	21.569	0.000	0.02	P1: 폐합
73,J지점	0.157	0.000	8.628	21.569	0.000	4.62	
74,J지점	0.142	0.000	8.628	21.569	0.000	4.62	
75,J지점	0.119	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
76,J지점	0.113	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
77,J지점	0.113	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
78,J지점	0.113	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
79,J지점	0.113	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
80,J지점	0.113	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
81,J지점	0.113	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
82,J지점	0.113	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
30,J지점	0.113	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
84,J지점	0.119	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
85,J지점	0.142	0.000	8.628	21.569	0.000	4.62	
86,J지점	0.157	0.000	8.628	21.569	0.000	4.62	
87,J지점	0.217	0.000	8.628	21.569	0.000	0.02	P2: 폐합
88,J지점	0.225	0.000	8.628	21.569	0.000	0.02	P2: 폐합
36,J지점	0.281	0.000	8.628	21.569	0.000	0.01	P2:충복식
90,J지점	0.215	0.000	8.628	21.569	0.000	0.02	P2: 폐합
91,J지점	0.210	0.000	8.628	21.569	0.000	0.02	P2: 폐합
92,J지점	0.146	0.000	8.628	21.569	0.000	6.47	
93,J지점	0.144	0.000	8.628	21.569	0.000	6.47	
41,J지점	0.143	0.000	8.628	21.569	0.000	6.47	
95,J지점	0.142	0.000	8.628	21.569	0.000	6.47	
96,J지점	0.179	0.000	8.628	21.569	0.000	3.00	
97,J지점	0.179	0.000	8.628	21.569	0.000	3.00	
98,J지점	0.202	0.000	8.628	21.569	0.000	2.50	
99,J지점	0.202	0.000	8.628	21.569	0.000	2.50	
100,J지점	0.202	0.000	8.628	21.569	0.000	2.50	
101,J지점	0.202	0.000	8.628	21.569	0.000	2.50	
102,J지점	0.174	0.000	8.628	21.569	0.000	3.00	
103,J지점	0.164	0.000	8.628	21.569	0.000	4.98	
104,J지점	0.125	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	
105,J지점	0.125	0.000	8.628	21.569	0.000	7.19	

3) 축력 계산값의 정리

- 수직재는 K 다이아프램과 상부 수평브레이싱의 상호작용 효과에 의한 각각의 구성요소 부재력보다 25~30% 증가한다는 기존 기술자료를 토대로 하중증가계수 1.3을 적용함.
  ("Interacion of Top Lateral and Internal Bracing Systems in Tub Girders"참조
  <Journal of Structural Engineering, Vol. 132, No. 10>
- K 다이아프램위치(가로보부)를 제외한 수직재는 하중증가계수 1.0을 적용함.
- K 다이아프램 상현재의 축력값은 "8.1 중간 다이아프램(K-다이아프램)" 참조

- 위치별 수평브레이싱 작용력

부 재	수평브레이싱 작용력(kN)					K-다이아프램 상현재	비고
	비틀림		휨모멘트		수평분력		
	D_{tor}	S_{tor}	D_{bend}	S_{bend}	S_{LP}	S_{k-bra}	
54,J지점	± 407.0	± 30.0	-49.6	34.3	21.6	± 2.9	
55,J지점	± 450.4	± 30.0	-101.6	70.4	21.6	± 4.8	
56,J지점	± 407.0	± 42.7	-120.5	83.4	21.6	± 11.0	
57,J지점	± 345.4	± 71.4	-178.2	123.4	21.6	± 21.3	
58,J지점	± 242.2	± 68.8	-191.8	132.9	21.6	± 26.8	
59,J지점	± 142.8	± 57.4	-134.1	92.9	21.6	± 29.9	
60,J지점	± 59.9	± 26.8	-135.9	94.1	21.6	± 30.5	
61,J지점	± 21.2	± 53.7	-129.4	89.6	21.6	± 28.5	
62,J지점	± 98.8	± 51.5	-125.9	87.2	21.6	± 23.9	
63,J지점	± 173.2	± 34.3	-101.0	69.9	21.6	± 16.9	
64,J지점	± 222.7	± 28.1	-65.0	45.0	21.6	± 7.4	
12,J지점	± 263.2	± 13.2	-26.4	18.3	21.6	± 5.7	
66,J지점	± 244.2	± 13.2	22.2	-15.4	21.6	± 20.3	
67,J지점	± 225.1	± 13.2	48.8	-33.8	21.6	± 35.2	
68,J지점							P1: 폐합
69,J지점							P1: 폐합
17,J지점							P1:충복식
71,J지점							P1: 폐합
72,J지점							P1: 폐합
73,J지점	± 74.8	± 51.1	71.9	-49.8	21.6	± 48.6	
74,J지점	± 1.0	± 34.1	66.2	-45.8	21.6	± 37.4	
75,J지점	± 50.2	± 17.1	42.6	-29.5	21.6	± 26.4	
76,J지점	± 74.9	± 3.7	1.4	-1.0	21.6	± 16.4	
77,J지점	± 80.3	± 9.4	-30.5	21.1	21.6	± 8.7	
78,J지점	± 66.8	± 19.2	-51.8	35.8	21.6	± 3.6	
79,J지점	± 39.0	± 24.3	-62.5	43.3	21.6	± 1.3	
80,J지점	± 3.9	± 19.0	-62.8	43.5	21.6	± 1.4	
81,J지점	± 31.3	± 19.2	-52.6	36.5	21.6	± 3.4	
82,J지점	± 59.1	± 14.8	-32.0	22.2	21.6	± 8.3	
30,J지점	± 80.4	± 8.2	-1.2	0.8	21.6	± 15.8	
84,J지점	± 68.6	± 15.7	39.7	-27.5	21.6	± 25.7	
85,J지점	± 45.9	± 28.8	63.6	-44.0	21.6	± 36.5	
86,J지점	± 4.4	± 28.8	69.9	-48.4	21.6	± 47.7	
87,J지점							P2: 폐합
88,J지점							P2: 폐합
36,J지점							P2:충복식
90,J지점							P2: 폐합
91,J지점							P2: 폐합
92,J지점	± 106.2	± 11.3	44.6	-30.9	21.6	± 33.3	
93,J지점	± 89.8	± 21.9	18.6	-12.9	21.6	± 19.1	
41,J지점	± 121.4	± 10.8	-25.8	17.9	21.6	± 5.9	
95,J지점	± 105.8	± 10.5	-63.2	43.7	21.6	± 6.8	
96,J지점	± 90.7	± 13.6	-96.8	67.0	21.6	± 15.7	
97,J지점	± 71.0	± 22.5	-120.1	83.1	21.6	± 22.3	
98,J지점	± 38.5	± 22.1	-123.1	85.2	21.6	± 26.5	
99,J지점	± 6.7	± 15.5	-129.2	89.5	21.6	± 28.4	
100,J지점	± 29.1	± 23.3	-127.7	88.4	21.6	± 28.0	
101,J지점	± 62.7	± 28.0	-183.5	127.1	21.6	± 25.2	
102,J지점	± 103.1	± 29.7	-171.2	118.5	21.6	± 20.0	
103,J지점	± 146.1	± 14.2	-116.1	80.4	21.6	± 12.8	
104,J지점	± 166.5	± 13.2	-85.0	58.8	21.6	± 4.3	
105,J지점	± 185.6	± 13.2	-41.6	28.8	21.6	± 4.1	

- 위치별 조합 설계하중

부 재	조합 설계하중(비틀림,휨,수평분력,K다이아프램)						비고
	수직재(가로보부)		수직재		사재		
	최대(kN)	최소(kN)	최대(kN)	최소(kN)	최대(kN)	최소(kN)	
54,J지점	115.5	29.9	85.9	25.9	357.4	-456.6	
55,J지점	164.8	74.3	122.0	61.9	348.7	-552.0	
56,J지점	206.3	66.7	147.7	62.3	286.6	-527.5	
57,J지점	309.0	67.8	216.4	73.5	167.2	-523.5	
58,J지점	325.1	76.4	223.3	85.6	50.4	-434.1	
59,J지점	262.4	35.2	171.9	57.0	8.7	-276.9	
60,J지점	224.9	76.0	142.5	88.9	-76.1	-195.8	
61,J지점	251.4	37.7	164.9	57.5	-108.2	-150.7	
62,J지점	239.5	43.3	160.3	57.3	-27.2	-224.7	
63,J지점	185.5	52.4	125.8	57.2	72.2	-274.2	
64,J지점	132.7	40.4	94.7	38.5	157.7	-287.7	
12,J지점	76.4	27.2	53.0	26.7	236.9	-289.6	
66,J지점	51.6	-35.5	19.4	-7.0	266.4	-222.0	
67,J지점	47.1	-78.9	1.0	-25.5	274.0	-176.3	
68,J지점							P1: 폐합
69,J지점							P1: 폐합
17,J지점							P1:충복식
71,J지점							P1: 폐합
72,J지점							P1: 폐합
73,J지점	93.0	-166.3	22.9	-79.3	146.7	-2.9	
74,J지점	61.4	-124.4	9.8	-58.3	67.2	65.1	
75,J지점	46.2	-66.8	9.2	-25.0	92.8	-7.7	
76,J지점	53.0	0.6	24.3	16.9	76.3	-73.5	
77,J지점	79.0	32.0	52.1	33.3	49.8	-110.8	
78,J지점	104.3	45.0	76.7	38.2	15.0	-118.5	
79,J지점	117.6	51.1	89.2	40.6	-23.5	-101.5	
80,J지점	111.0	58.2	84.1	46.1	-58.9	-66.8	
81,J지점	104.8	46.1	77.2	38.8	-21.3	-84.0	
82,J지점	86.9	26.8	58.5	28.9	27.1	-91.1	
30,J지점	60.2	-2.0	30.6	14.2	79.2	-81.6	
84,J지점	46.1	-61.4	9.8	-21.6	108.3	-29.0	
85,J지점	55.7	-114.1	6.3	-51.2	109.5	17.6	
86,J지점	64.5	-134.2	1.9	-55.6	74.3	65.5	
87,J지점							P2: 폐합
88,J지점							P2: 폐합
36,J지점							P2:충복식
90,J지점							P2: 폐합
91,J지점							P2: 폐합
92,J지점	45.8	-70.1	2.0	-20.6	150.8	-61.6	
93,J지점	64.6	-42.1	30.5	-13.2	108.5	-71.2	
41,J지점	73.0	29.6	50.3	28.6	95.6	-147.3	
95,J지점	107.4	62.4	75.8	54.8	42.7	-169.0	
96,J지점	153.4	77.0	102.2	75.0	-6.1	-187.5	
97,J지점	194.3	77.9	127.2	82.2	-49.1	-191.0	
98,J지점	202.0	75.7	128.9	84.7	-84.6	-161.6	
99,J지점	201.6	87.2	126.6	95.5	-122.6	-135.9	
100,J지점	209.7	76.3	133.3	86.7	-98.6	-156.8	
101,J지점	262.3	124.2	176.6	120.7	-120.7	-246.2	
102,J지점	246.9	117.4	169.9	110.4	-68.0	-274.3	
103,J지점	167.6	97.5	116.1	87.8	30.0	-262.1	
104,J지점	127.4	81.7	93.6	67.2	81.5	-251.5	
105,J지점	88.0	43.0	63.6	37.2	144.0	-227.2	

4) 사재의 단면결정 및 응력검토

가) 사용강재 : SS400

나) 세장비 검토

(☞ 도.설 3.4.1.4)

- 압축부재 : $K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 120$ - 인장부재 : $L_{DK} / r_{min} \leq 200$ (주요부재)

$K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 150$ $L_{DK} / r_{min} \leq 240$ (2차부재)

여기서, K : 유효좌굴길이계수

양단이 볼트 연결되어 있거나 용접되어 있는 경우 : K = 0.750

양단이 핀연결되어 있는 경우 : K = 0.875

l : 비지지길이 (mm)

r_{min} : 단면의 최소회전반경 (mm)

다) 응력검토

① 압축응력 검토

- 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력 (☞ 개구제형 강거더 설계지침, 2.4(3))

(☞ 도.설 3.3.2.1)

$\frac{K \cdot \ell}{\gamma_x}$; 세장비

- 압축응력검토

$f_c = \frac{F}{A_d} < f_{ca}$

※ 본 부재의 허용응력은 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

② 인장응력 검토

As = ; 인장 L형강 또는 T형강의 유효단면적

$f_s = \frac{F}{A_s} < f_{ta} = 175$ MPa

※ 본 부재의 허용응력은 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

라) 사재의 위치별 세장비 및 응력검토

부 재	사재 제원	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
		길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
		ℓ(mm)	K · ℓ/r_{min}	K · ℓ/r_x	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
54,J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	90.0	134.6	85.1	175.0	O.K	
55,J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	108.8	134.6	83.0	175.0	O.K	
56,J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	103.9	134.6	68.2	175.0	O.K	
57,J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	103.1	134.6	39.8	175.0	O.K	
58,J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	85.5	134.6	12.0	175.0	O.K	
59,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	118.4	134.2	4.8	175.0	O.K	
60,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	83.7	134.2	0.0	175.0	O.K	
61,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	64.4	134.2	0.0	175.0	O.K	
62,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	96.1	134.2	0.0	175.0	O.K	
63,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	117.2	134.2	39.9	175.0	O.K	
64,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	123.0	134.2	87.2	175.0	O.K	
12,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	123.8	134.2	131.0	175.0	O.K	
66,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	94.9	134.2	147.3	175.0	O.K	
67,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	75.4	134.2	151.5	175.0	O.K	
68,J지점										P1: 폐합
69,J지점										P1: 폐합
17,J지점										P1:충복식
71,J지점										P1: 폐합
72,J지점										P1: 폐합
73,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	1.3	134.2	81.1	175.0	O.K	
74,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	0.0	134.2	37.2	175.0	O.K	
75,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	3.3	134.2	51.3	175.0	O.K	
76,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	31.4	134.2	42.2	175.0	O.K	
77,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	47.4	134.2	27.6	175.0	O.K	
78,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	50.7	134.2	8.3	175.0	O.K	
79,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	43.4	134.2	0.0	175.0	O.K	
80,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	28.6	134.2	0.0	175.0	O.K	
81,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	35.9	134.2	0.0	175.0	O.K	
82,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	38.9	134.2	15.0	175.0	O.K	
30,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	34.9	134.2	43.8	175.0	O.K	
84,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	12.4	134.2	59.9	175.0	O.K	
85,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	0.0	134.2	60.6	175.0	O.K	
86,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	0.0	134.2	41.1	175.0	O.K	
87,J지점										P2: 폐합
88,J지점										P2: 폐합
36,J지점										P2:충복식
90,J지점										P2: 폐합
91,J지점										P2: 폐합
92,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	26.3	134.2	83.4	175.0	O.K	
93,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	30.4	134.2	60.0	175.0	O.K	
41,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	63.0	134.2	52.9	175.0	O.K	
95,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	72.2	134.2	23.6	175.0	O.K	
96,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	80.1	134.2	0.0	175.0	O.K	
97,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	81.7	134.2	0.0	175.0	O.K	
98,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	69.1	134.2	0.0	175.0	O.K	
99,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	58.1	134.2	0.0	175.0	O.K	
100,J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	67.0	134.2	0.0	175.0	O.K	
101,J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	48.5	134.6	0.0	175.0	O.K	
102,J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	54.0	134.6	0.0	175.0	O.K	
103,J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	51.6	134.6	7.1	175.0	O.K	
104,J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	49.5	134.6	19.4	175.0	O.K	
105,J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	44.8	134.6	34.3	175.0	O.K	

5) 수직재의 단면결정 및 응력검토

가) 사용강재 : SM400B (가로보부)
SS400 (일반부)

나) 세장비 검토

(☞ 도.설 3.4.1.4)

- 압축부재 : $K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 120$ (주요부재)
$K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 150$ (2차부재)

- 인장부재 : $L_{DK} / r_{min} \leq 200$ (주요부재)
$L_{DK} / r_{min} \leq 240$ (2차부재)

여기서, K : 유효좌굴길이계수
양단이 볼트 연결되어 있거나 용접되어 있는 경우 : K = 0.750
양단이 핀연결되어 있는 경우 : K = 0.875
l : 비지지길이 (mm)
r_{min} : 단면의 최소회전반경 (mm)

다) 응력검토

① 압축응력 검토

- 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력 (☞ 개구제형 강거더 설계지침, 2.4(3))
(☞ 도.설 3.3.2.1)

$\frac{K \cdot \ell}{r_x}$; 세장비

- 압축응력검토

$$f_c = \frac{F}{A_d} < f_{ca}$$

② 인장응력 검토

As = ; 인장 L형강의 유효단면적

$$f_s = \frac{F}{A_s} < f_{ta} = 175 \text{ MPa}$$

※ 본 부재는 가설용임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

라) 수직재의 위치별 세장비 및 응력검토

① 가로보부

부 재	수직재 제원	단면적	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
			길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
			ℓ (mm)	$K \cdot \ell / r_{min}$	$K \cdot \ell / r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
54,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	42.8	175.0	O.K	
55,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	61.0	175.0	O.K	
56,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	76.4	175.0	O.K	
57,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	114.5	175.0	O.K	
58,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	120.4	175.0	O.K	
59,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	97.2	175.0	O.K	
60,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	83.3	175.0	O.K	
61,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	93.1	175.0	O.K	
62,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	88.7	175.0	O.K	
63,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	68.7	175.0	O.K	
64,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	49.1	175.0	O.K	

① 가로보부 - 계속

부 재	수직재 제원	단면적	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
			길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
			ℓ(mm)	$K \cdot \ell / r_{min}$	$K \cdot \ell / r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
12,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	28.3	175.0	O.K	
66,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	9.1	167.0	19.1	175.0	O.K	
67,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	20.2	167.0	17.4	175.0	O.K	
68,J지점											P1: 폐합
69,J지점											P1: 폐합
17,J지점											P1:충복식
71,J지점											P1: 폐합
72,J지점											P1: 폐합
73,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	42.6	167.0	34.4	175.0	O.K	
74,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	31.9	167.0	22.7	175.0	O.K	
75,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	17.1	167.0	17.1	175.0	O.K	
76,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	19.6	175.0	O.K	
77,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	29.3	175.0	O.K	
78,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	38.6	175.0	O.K	
79,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	43.6	175.0	O.K	
80,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	41.1	175.0	O.K	
81,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	38.8	175.0	O.K	
82,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	32.2	175.0	O.K	
30,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.5	167.0	22.3	175.0	O.K	
84,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	15.8	167.0	17.1	175.0	O.K	
85,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	29.2	167.0	20.6	175.0	O.K	
86,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	34.4	167.0	23.9	175.0	O.K	
87,J지점											P2: 폐합
88,J지점											P2: 폐합
36,J지점											P2:충복식
90,J지점											P2: 폐합
91,J지점											P2: 폐합
92,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	18.0	167.0	17.0	175.0	O.K	
93,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	10.8	167.0	23.9	175.0	O.K	
41,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	27.0	175.0	O.K	
95,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	39.8	175.0	O.K	
96,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	56.8	175.0	O.K	
97,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	72.0	175.0	O.K	
98,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	74.8	175.0	O.K	
99,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	74.7	175.0	O.K	
100,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	77.7	175.0	O.K	
101,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	97.1	175.0	O.K	
102,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	91.4	175.0	O.K	
103,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	62.1	175.0	O.K	
104,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	47.2	175.0	O.K	
105,J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	32.6	175.0	O.K	

② 일반부 L형강 : K다이아프램의 영향은 제외한 부재력으로 검토함.

부 재	수직재 제원	단면적	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
			길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
			ℓ(mm)	$K \cdot \ell / r_{min}$	$K \cdot \ell / r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
54,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	59.3	175.0	O.K	
55,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	84.1	175.0	O.K	
56,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	101.9	175.0	O.K	
57,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	149.2	175.0	O.K	
58,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	154.0	175.0	O.K	
59,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	118.5	175.0	O.K	
60,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	98.2	175.0	O.K	
61,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	113.7	175.0	O.K	
62,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	110.6	175.0	O.K	
63,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	86.8	175.0	O.K	
64,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	65.3	175.0	O.K	
12,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	36.6	175.0	O.K	
66,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	3.7	133.4	13.4	175.0	O.K	
67,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	13.4	133.4	0.7	175.0	O.K	
68,J지점											P1: 폐합
69,J지점											P1: 폐합
17,J지점											P1:충복식
71,J지점											P1: 폐합
72,J지점											P1: 폐합
73,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	41.7	133.4	15.8	175.0	O.K	
74,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	30.7	133.4	6.8	175.0	O.K	
75,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	13.2	133.4	6.3	175.0	O.K	
76,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	16.8	175.0	O.K	
77,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	35.9	175.0	O.K	
78,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	52.9	175.0	O.K	
79,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	61.5	175.0	O.K	
80,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	58.0	175.0	O.K	
81,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	53.3	175.0	O.K	
82,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	40.4	175.0	O.K	
30,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	7.5	133.4	21.1	175.0	O.K	
84,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	11.4	133.4	6.8	175.0	O.K	
85,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	27.0	133.4	4.3	175.0	O.K	
86,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	29.3	133.4	1.3	175.0	O.K	
87,J지점											P2: 폐합
88,J지점											P2: 폐합
36,J지점											P2:충복식
90,J지점											P2: 폐합
91,J지점											P2: 폐합
92,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	10.9	133.4	1.4	175.0	O.K	
93,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	7.0	133.4	21.1	175.0	O.K	
41,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	34.7	175.0	O.K	
95,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	52.3	175.0	O.K	
96,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	70.5	175.0	O.K	
97,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	87.7	175.0	O.K	
98,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	88.9	175.0	O.K	
99,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	87.3	175.0	O.K	
100,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	91.9	175.0	O.K	
101,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	121.8	175.0	O.K	
102,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	117.1	175.0	O.K	
103,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	80.1	175.0	O.K	
104,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	64.6	175.0	O.K	
105,J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	43.9	175.0	O.K	

6) 상부플랜지의 응력검토

가) 사용강재 : HSB500

나) 상부플랜지의 발생응력 검토

① 상부플랜지에 발생하는 응력은 다음을 만족해야 한다.

$f_f = f_{XTOP} + 1/3 \times f_L \leq f_a$

여기서, $f_{XTOP} = M / Z$: 상부플랜지 중심에서의 종방향응력

$f_L = f_{Lbend} + f_{LM/Rh} + f_{LP}$: 상부플랜지의 횡방향 휨응력

$f_{Lbend} = \dfrac{1.5 \cdot s \cdot S_{bend}}{bf^2 \cdot tf}$: 휨모멘트에 의한 횡방향휨응력

$f_{LM/Rh} = \dfrac{0.6 \cdot M \cdot s^2}{R \cdot h \cdot bf^2 \cdot tf}$: 수평곡률반경에 의한 횡방향휨응력

$f_{Lp} = \dfrac{0.6 \cdot p \cdot s}{bf^2 \cdot tf}$: 연직력의 수평성분에 의한 횡방향 휨응력

$R = 300$: 거더의 수평곡률반경

h : 거더의 높이

② 위치별 상부플랜지의 횡방향 휨응력검토

부 재	M (kN·m)	h (m)	f_{xTop} (MPa)	f_L				f_f (MPa)	f_a (MPa)	판정	비고
				f_{Lbend} (MPa)	$f_{LM/Rh}$ (MPa)	f_{Lp} (MPa)	Total				
54,J지점	6154.42	3.00	-62.91	28.61	5.70	7.19	41.50	-76.74	-192.00	O.K	
55,J지점	12616.32	3.00	-128.95	58.66	11.68	7.19	77.53	-154.80	-192.00	O.K	
56,J지점	18155.42	3.00	-142.32	48.13	11.64	4.98	64.75	-163.91	-287.50	O.K	
57,J지점	23639.78	3.00	-153.72	42.84	9.12	3.00	54.96	-172.04	-220.40	O.K	
58,J지점	27593.67	3.00	-155.28	38.44	8.87	2.50	49.81	-171.88	-287.50	O.K	
59,J지점	29841.07	3.00	-167.93	26.87	9.59	2.50	38.96	-180.91	-287.50	O.K	
60,J지점	30249.47	3.00	-170.23	27.24	9.73	2.50	39.46	-183.38	-287.50	O.K	
61,J지점	28807.08	3.00	-162.11	25.94	9.26	2.50	37.70	-174.67	-287.50	O.K	
62,J지점	25511.87	3.00	-164.46	30.29	9.84	3.00	43.12	-178.84	-220.40	O.K	
63,J지점	20458.17	3.00	-131.88	24.29	7.89	3.00	10.89	-135.51	-220.40	O.K	
64,J지점	13595.34	3.00	-118.04	33.76	11.33	6.47	17.80	-123.97	-192.00	O.K	
12,J지점	5491.39	3.01	-47.94	13.71	4.56	6.47	11.03	-51.62	-192.00	O.K	
66,J지점	-5279.94	3.07	40.33	11.53	4.31	6.47	22.31	47.77	287.50	O.K	
67,J지점	-17142.90	3.17	88.69	25.36	13.53	6.47	45.36	103.81	287.50	O.K	
68,J지점	-30225.69	3.32	105.18	0.00	0.56	0.02	0.58	105.38	287.50	O.K	
69,J지점	-44931.83	3.52	152.91	0.00	0.79	0.02	0.81	153.18	287.50	O.K	
17,J지점	-61991.70	3.70	129.63	0.00	0.62	0.01	0.63	129.84	287.50	O.K	
71,J지점	-48913.69	3.47	146.57	0.00	0.75	0.02	0.77	146.83	287.50	O.K	
72,J지점	-34929.33	3.11	121.21	0.00	0.60	0.02	0.61	121.41	287.50	O.K	
73,J지점	-23430.59	2.83	113.49	26.67	14.77	4.62	46.06	128.84	287.50	O.K	
74,J지점	-14057.41	2.64	104.45	24.55	9.51	4.62	38.68	117.34	287.50	O.K	
75,J지점	-6365.63	2.53	81.22	24.56	6.99	7.19	38.74	94.14	287.50	O.K	
76,J지점	-202.36	2.50	2.67	0.81	0.22	7.19	8.22	5.41	287.50	O.K	

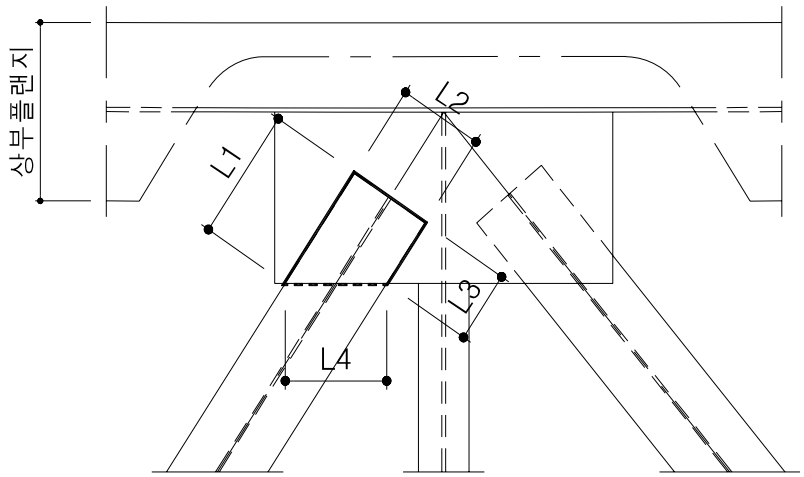
② 위치별 상부플랜지의 횡방향 휨응력검토 - 계속

부 재	M (kN·m)	h (m)	f_{xTop} (MPa)	f_L				f_f (MPa)	f_a (MPa)	판정	비고
				f_{Lbend} (MPa)	$f_{LM/Rh}$ (MPa)	f_{Lp} (MPa)	Total				
77,J지점	4414.27	2.50	-58.18	17.59	4.90	7.19	29.69	-68.08	-155.50	O.K	
78,J지점	7494.31	2.50	-98.78	29.87	8.33	7.19	45.39	-113.91	-155.50	O.K	
79,J지점	9055.92	2.50	-119.37	36.09	10.06	7.19	53.35	-137.15	-155.50	O.K	
80,J지점	9098.45	2.50	-119.93	36.26	10.11	7.19	53.56	-137.78	-155.50	O.K	
81,J지점	7622.21	2.50	-100.47	30.38	8.47	7.19	46.04	-115.81	-155.50	O.K	
82,J지점	4632.95	2.50	-61.07	18.47	5.15	7.19	30.80	-71.33	-155.50	O.K	
30,J지점	172.74	2.50	-2.28	0.69	0.19	7.19	8.07	-4.97	287.50	O.K	
84,J지점	-5932.49	2.53	75.70	22.89	6.52	7.19	36.59	87.90	287.50	O.K	
85,J지점	-13509.35	2.64	100.38	23.59	9.14	4.62	37.35	112.83	287.50	O.K	
86,J지점	-22777.25	2.83	110.33	25.93	14.36	4.62	44.90	125.29	287.50	O.K	
87,J지점	-34122.18	3.11	118.41	0.00	0.58	0.02	0.60	118.61	287.50	O.K	
88,J지점	-47847.24	3.47	143.38	0.00	0.73	0.02	0.75	143.63	287.50	O.K	
36,J지점	-61371.38	3.70	128.33	0.00	0.62	0.01	0.63	128.54	287.50	O.K	
90,J지점	-43327.49	3.52	147.45	0.00	0.76	0.02	0.78	147.71	287.50	O.K	
91,J지점	-28489.50	3.32	99.14	0.00	0.53	0.02	0.55	99.33	287.50	O.K	
92,J지점	-15663.53	3.17	81.03	23.17	12.36	6.47	42.01	95.04	287.50	O.K	
93,J지점	-4434.11	3.07	33.87	9.69	3.62	6.47	19.77	40.46	287.50	O.K	
41,J지점	5373.55	3.01	-46.91	13.42	4.46	6.47	24.35	-55.03	-192.00	O.K	
95,J지점	13211.77	3.00	-114.71	32.80	11.01	6.47	50.28	-131.47	-192.00	O.K	
96,J지점	19609.28	3.00	-126.41	23.28	7.57	3.00	33.84	-137.69	-220.40	O.K	
97,J지점	24318.49	3.00	-156.77	28.87	9.38	3.00	41.25	-170.52	-220.40	O.K	
98,J지점	27391.28	3.00	-154.14	24.66	8.81	2.50	35.97	-166.13	-287.50	O.K	
99,J지점	28759.94	3.00	-161.84	25.90	9.25	2.50	37.64	-174.39	-287.50	O.K	
100,J지점	28422.14	3.00	-159.94	25.59	9.14	2.50	37.23	-172.35	-287.50	O.K	
101,J지점	26388.64	3.00	-148.50	36.76	8.48	2.50	47.74	-164.41	-287.50	O.K	
102,J지점	22711.60	3.00	-147.69	41.16	8.76	3.00	52.92	-165.33	-220.40	O.K	
103,J지점	17491.04	3.00	-137.12	46.37	11.21	4.98	62.56	-157.97	-287.50	O.K	
104,J지점	12184.49	3.00	-124.54	49.04	11.28	7.19	67.51	-147.04	-192.00	O.K	
105,J지점	5967.93	3.00	-61.00	24.02	5.53	7.19	36.74	-73.24	-192.00	O.K	

6) 이음부 설계

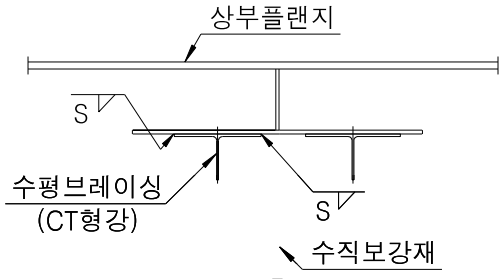
가) 사재 : (검토위치 55,J지점)

① 용접부 응력검토



- 사재 제원 : T- 170 × 250 × 9.0 × 14
- 거세트판 두께 : 12 ㎜
- 필렛용접 최소치수

두꺼운쪽 모재 두께	최소 필렛용접 치수
20㎜ 이하	6 ㎜
20㎜ 초과	8 ㎜



- 필렛용접 치수 범위 결정

t1 : 얇은 쪽 모재 두께 , 12 ㎜

t2 : 두꺼운 쪽 모재 두께 , 12 ㎜

t1 > S > √(2xt2) = 12 > S ≥ 6

- 필렛용접 치수 S 결정

S = 10 ㎜ 적용

- 용접길이 산정 및 용접부 전단응력 검토

최소용접길이 Lmin은 10xS 및 80㎜ 이상으로 한다.

L1 = 250 ㎜ > 100 ㎜ ∴ **O.K**

L2 = 250 ㎜ > 100 ㎜ ∴ **O.K**

L3 = 250 ㎜ > 100 ㎜ ∴ **O.K**

L4 = 250 ㎜ > 100 ㎜ ∴ **O.K**

L = L1 + L2 + L3 + L4 = 250 + 250 + 250 + 250 = 1000 ㎜

A = L x S x 0.707 = 1000 x 10 x 0.707 = 7070 ㎟

$$fv = \frac{F}{A} = \frac{552,018}{7,070} = 78.1 < \mathbf{100.0}\ \text{Mpa} \quad \therefore \mathbf{O.K}$$

※ 본 부재는 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.
1.25x80=100MPa를 적용 함.

② 위치별 사재 용접검토

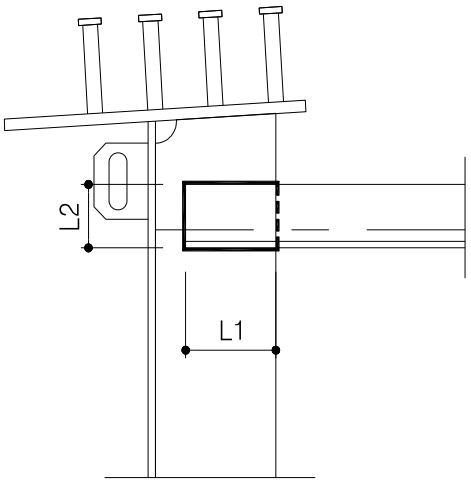
부 재	사재 제원	작용력		용접두께	용접길이	용접부 응력검토			판 정	비고
		인장력	압축력	S	L	A	작용응력	허용응력		
		(kN)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)		
54,J지점	T-170×250×9×14	357.4	456.6	10	1000	7070	64.6	100.0	O.K	
55,J지점	T-170×250×9×14	348.7	552.0	10	1000	7070	78.1	100.0	O.K	
56,J지점	T-170×250×9×14	286.6	527.5	10	1000	7070	74.6	100.0	O.K	
57,J지점	T-170×250×9×14	167.2	523.5	10	1000	7070	74.0	100.0	O.K	
58,J지점	T-170×250×9×14	50.4	434.1	10	1000	7070	61.4	100.0	O.K	
59,J지점	T-150×150×6.5×9	8.7	276.9	6	800	3394	81.6	100.0	O.K	
60,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	195.8	6	800	3394	57.7	100.0	O.K	
61,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	150.7	6	800	3394	44.4	100.0	O.K	
62,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	224.7	6	800	3394	66.2	100.0	O.K	
63,J지점	T-150×150×6.5×9	72.2	274.2	6	800	3394	80.8	100.0	O.K	
64,J지점	T-150×150×6.5×9	157.7	287.7	6	800	3394	84.8	100.0	O.K	
12,J지점	T-150×150×6.5×9	236.9	289.6	6	800	3394	85.4	100.0	O.K	
66,J지점	T-150×150×6.5×9	266.4	222.0	6	800	3394	78.5	100.0	O.K	
67,J지점	T-150×150×6.5×9	274.0	176.3	6	800	3394	80.7	100.0	O.K	
68,J지점										P1: 폐합
69,J지점										P1: 폐합
17,J지점										P1:충복식
71,J지점										P1: 폐합
72,J지점										P1: 폐합
73,J지점	T-150×150×6.5×9	146.7	2.9	6	800	3394	43.2	100.0	O.K	
74,J지점	T-150×150×6.5×9	67.2	0.0	6	800	3394	19.8	100.0	O.K	
75,J지점	T-150×150×6.5×9	92.8	7.7	6	800	3394	27.3	100.0	O.K	
76,J지점	T-150×150×6.5×9	76.3	73.5	6	800	3394	22.5	100.0	O.K	
77,J지점	T-150×150×6.5×9	49.8	110.8	6	800	3394	32.7	100.0	O.K	
78,J지점	T-150×150×6.5×9	15.0	118.5	6	800	3394	34.9	100.0	O.K	
79,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	101.5	6	800	3394	29.9	100.0	O.K	
80,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	66.8	6	800	3394	19.7	100.0	O.K	
81,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	84.0	6	800	3394	24.7	100.0	O.K	
82,J지점	T-150×150×6.5×9	27.1	91.1	6	800	3394	26.8	100.0	O.K	
30,J지점	T-150×150×6.5×9	79.2	81.6	6	800	3394	24.1	100.0	O.K	
84,J지점	T-150×150×6.5×9	108.3	29.0	6	800	3394	31.9	100.0	O.K	
85,J지점	T-150×150×6.5×9	109.5	0.0	6	800	3394	32.3	100.0	O.K	
86,J지점	T-150×150×6.5×9	74.3	0.0	6	800	3394	21.9	100.0	O.K	
87,J지점										P2: 폐합
88,J지점										P2: 폐합
36,J지점										P2:충복식
90,J지점										P2: 폐합
91,J지점										P2: 폐합
92,J지점	T-150×150×6.5×9	150.8	61.6	6	800	3394	44.4	100.0	O.K	
93,J지점	T-150×150×6.5×9	108.5	71.2	6	800	3394	32.0	100.0	O.K	
41,J지점	T-150×150×6.5×9	95.6	147.3	6	800	3394	43.4	100.0	O.K	
95,J지점	T-150×150×6.5×9	42.7	169.0	6	800	3394	49.8	100.0	O.K	
96,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	187.5	6	800	3394	55.2	100.0	O.K	
97,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	191.0	6	800	3394	56.3	100.0	O.K	
98,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	161.6	6	800	3394	47.6	100.0	O.K	
99,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	135.9	6	800	3394	40.0	100.0	O.K	
100,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	156.8	6	800	3394	46.2	100.0	O.K	
101,J지점	T-170×250×9×14	0.0	246.2	10	1000	7070	34.8	100.0	O.K	
102,J지점	T-170×250×9×14	0.0	274.3	10	1000	7070	38.8	100.0	O.K	
103,J지점	T-170×250×9×14	30.0	262.1	10	1000	7070	37.1	100.0	O.K	
104,J지점	T-170×250×9×14	81.5	251.5	10	1000	7070	35.6	100.0	O.K	
105,J지점	T-170×250×9×14	144.0	227.2	10	1000	7070	32.1	100.0	O.K	

나) 수직재 : (검토위치 58,J지점)

① 용접부 검토 (☞ 도.설 3.5.2.4 ~ 3.5.2.7)

- 수직재 제원 : L- 100 × 100 × 10
- 수직보강재 두께 : 16 ㎜
- 필렛용접 최소치수

두꺼운쪽 모재 두께	최소 필렛용접 치수
20㎜ 이하	6 ㎜
20㎜ 초과	8 ㎜



- 필렛용접 치수 범위 결정

t1 : 얇은 쪽 모재 두께 , 10 ㎜

t2 : 두꺼운 쪽 모재 두께 , 16 ㎜

t1 > S > √(2xt2) = 10 > S ≥ 6

- 필렛용접 치수 S 결정

S = **8** ㎜ 적용

- 용접길이 산정 및 용접부 전단응력 검토

최소용접길이 Lmin은 10xS 및 80㎜ 이상으로 한다.

L1 = **150** ㎜ > 80 ㎜ ∴ **O.K**

L2 = **100** ㎜ > 80 ㎜ ∴ **O.K**

A = (L1 + L2) x 2 x S x 0.707

= (150 + 100) x 2 x 8 x 0.707 = 2828 ㎟

$$fv = \frac{F}{A} = \frac{223,263}{2,828} = 78.9 < 100.0 \text{ Mpa}$$ ∴ **O.K**

※ 본 부재는 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.
1.25x80=100MPa를 적용 함.

② 위치별 수직재 용접이음부 검토

부 재	수직재 제원	작용력	용접 치수표			용접부 응력검토			판 정	비 고
			S	L1	L2	A	작용응력	허용응력		
		(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)		
54,J지점	L-100×100×10×10	85.9	6	150	100	2,121	40.5	100.0	O.K	
55,J지점	L-100×100×10×10	122.0	6	150	100	2,121	57.5	100.0	O.K	
56,J지점	L-100×100×10×10	147.7	6	150	100	2,121	69.6	100.0	O.K	
57,J지점	L-100×100×10×10	216.4	8	150	100	2,828	76.5	100.0	O.K	
58,J지점	L-100×100×10×10	223.3	8	150	100	2,828	78.9	100.0	O.K	
59,J지점	L-100×100×10×10	171.9	8	150	100	2,828	60.8	100.0	O.K	
60,J지점	L-100×100×10×10	142.5	8	150	100	2,828	50.4	100.0	O.K	
61,J지점	L-100×100×10×10	164.9	8	150	100	2,828	58.3	100.0	O.K	
62,J지점	L-100×100×10×10	160.3	8	150	100	2,828	56.7	100.0	O.K	
63,J지점	L-100×100×10×10	125.8	8	150	100	2,828	44.5	100.0	O.K	
64,J지점	L-100×100×10×10	94.7	6	150	100	2,121	44.6	100.0	O.K	
12,J지점	L-100×100×10×10	53.0	6	150	100	2,121	25.0	100.0	O.K	
66,J지점	L-100×100×10×10	19.4	6	150	100	2,121	9.2	100.0	O.K	
67,J지점	L-100×100×10×10	25.5	6	150	100	2,121	12.0	100.0	O.K	
68,J지점										P1: 폐합
69,J지점										P1: 폐합
17,J지점										P1:충복식
71,J지점										P1: 폐합
72,J지점										P1: 폐합
73,J지점	L-100×100×10×10	79.3	6	150	100	2,121	37.4	100.0	O.K	
74,J지점	L-100×100×10×10	58.3	6	150	100	2,121	27.5	100.0	O.K	
75,J지점	L-100×100×10×10	25.0	6	150	100	2,121	11.8	100.0	O.K	
76,J지점	L-100×100×10×10	24.3	6	150	100	2,121	11.5	100.0	O.K	
77,J지점	L-100×100×10×10	52.1	6	150	100	2,121	24.5	100.0	O.K	
78,J지점	L-100×100×10×10	76.7	6	150	100	2,121	36.1	100.0	O.K	
79,J지점	L-100×100×10×10	89.2	6	150	100	2,121	42.0	100.0	O.K	
80,J지점	L-100×100×10×10	84.1	6	150	100	2,121	39.6	100.0	O.K	
81,J지점	L-100×100×10×10	77.2	6	150	100	2,121	36.4	100.0	O.K	
82,J지점	L-100×100×10×10	58.5	6	150	100	2,121	27.6	100.0	O.K	
30,J지점	L-100×100×10×10	30.6	6	150	100	2,121	14.4	100.0	O.K	
84,J지점	L-100×100×10×10	21.6	6	150	100	2,121	10.2	100.0	O.K	
85,J지점	L-100×100×10×10	51.2	6	150	100	2,121	24.1	100.0	O.K	
86,J지점	L-100×100×10×10	55.6	6	150	100	2,121	26.2	100.0	O.K	
87,J지점										P2: 폐합
88,J지점										P2: 폐합
36,J지점										P2:충복식
90,J지점										P2: 폐합
91,J지점										P2: 폐합
92,J지점	L-100×100×10×10	20.6	6	150	100	2,121	9.7	100.0	O.K	
93,J지점	L-100×100×10×10	30.5	6	150	100	2,121	14.4	100.0	O.K	
41,J지점	L-100×100×10×10	50.3	6	150	100	2,121	23.7	100.0	O.K	
95,J지점	L-100×100×10×10	75.8	6	150	100	2,121	35.7	100.0	O.K	
96,J지점	L-100×100×10×10	102.2	8	150	100	2,828	36.2	100.0	O.K	
97,J지점	L-100×100×10×10	127.2	8	150	100	2,828	45.0	100.0	O.K	
98,J지점	L-100×100×10×10	128.9	8	150	100	2,828	45.6	100.0	O.K	
99,J지점	L-100×100×10×10	126.6	8	150	100	2,828	44.8	100.0	O.K	
100,J지점	L-100×100×10×10	133.3	8	150	100	2,828	47.1	100.0	O.K	
101,J지점	L-100×100×10×10	176.6	8	150	100	2,828	62.4	100.0	O.K	
102,J지점	L-100×100×10×10	169.9	8	150	100	2,828	60.1	100.0	O.K	
103,J지점	L-100×100×10×10	116.1	6	150	100	2,121	54.7	100.0	O.K	
104,J지점	L-100×100×10×10	93.6	6	150	100	2,121	44.1	100.0	O.K	
105,J지점	L-100×100×10×10	63.6	6	150	100	2,121	30.0	100.0	O.K	

10. 전단연결재 설계

10.1 상부바닥판 전단연결재

1) 합성후 하중에 의한 수평 전단력

(☞ 도.설.해 3.9.5.2)

※ 고려하는 단면의 휨모멘트의 부호에 관계없이 바닥판 콘크리트의 단면을 유효로 하여 전단연결재의 계산을 하는 것으로 한다. (☞ 도.설.해 3.9.5.7)

$$S_v = \frac{V \cdot Q_{vc}}{I_v}$$

$$Q_{vc} = \frac{A_c}{n} \cdot d_{vc}$$

여기서, S_v = 설계 대상 단면의 슬래브와 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

V = 합성후 하중에 의한 수직전단력[활하중 포함] (N)

Q_{vc} = 정모멘트부 콘크리트의 환산단면 또는 부모멘트부 철근면적의 합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm^3)

A_c = 바닥판 콘크리트 또는 철근의 단면적 (mm^2)

I_v = 합성단면의 단면2차모멘트 (mm^4)

d_{vc} = 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 또는 철근 도심까지 거리(mm)

※ V_d : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력, V_A : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력을 제외한 전단력 (충격계수를 포함한 활하중 포함)

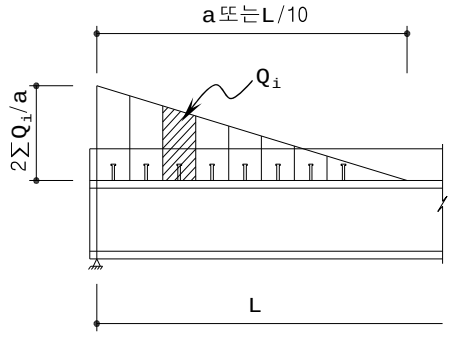
절점	단면 TYPE	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_d (kN)	V_a (kN)	V_d+V_a (kN)	S_v (N/mm)
1	1	396,000.0	510.2	2.020E+08	5.802E+11	537.0	1,113.0	1,650.1	574.6
2	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	505.7	1,002.0	1,507.7	501.0
3	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	433.5	901.6	1,335.2	443.7
4	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	354.4	811.0	1,165.4	387.2
5	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	255.3	715.1	970.4	322.4
6	2	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	156.1	629.8	785.9	237.4
7	2	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	57.8	554.4	612.3	185.0
8	3	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	39.9	488.8	528.7	155.0
9	3	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	137.7	555.8	693.6	203.3
10	4	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	236.0	630.5	866.5	241.6
11	4	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	334.7	713.8	1,048.5	292.4
12	5	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	431.1	806.5	1,237.6	359.9
13	6	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	529.4	914.1	1,443.6	458.5
14	8	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	631.1	1,042.1	1,673.2	489.9
15	8	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	744.4	1,194.2	1,938.6	567.6
16	9	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	872.2	1,401.9	2,274.1	546.9
17	10	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	1,015.7	1,775.7	2,791.5	600.4
18	11	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	981.1	1,942.7	2,923.9	512.7
19	11	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	868.2	1,562.6	2,430.8	426.3
20	12	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	751.1	1,333.7	2,084.8	434.5
21	13	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	644.8	1,176.7	1,821.4	501.7
22	14	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	540.6	1,041.6	1,582.2	500.3
23	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	439.7	923.1	1,362.8	519.1
24	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	339.8	819.4	1,159.3	441.6
25	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	241.2	727.6	968.8	369.0
26	17	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	143.1	646.7	789.8	311.5
27	17	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	44.8	574.9	619.7	244.4
28	17	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	53.7	557.9	611.6	241.2
29	17	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	152.0	634.6	786.6	310.3
30	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	251.1	721.5	972.6	370.5
31	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	351.4	819.1	1,170.5	445.9
32	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	453.1	933.6	1,386.7	528.2
33	14	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	558.0	1,064.7	1,622.7	513.2

절점	단면 TYPE	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_d (kN)	V_a (kN)	V_d+V_a (kN)	S_v (N/mm)
34	13	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	665.1	1,213.4	1,878.4	517.4
35	12	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	782.0	1,423.4	2,205.3	459.6
36	11	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	908.8	1,800.2	2,708.9	475.0
37	11	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	1,076.7	1,855.3	2,932.1	514.2
38	10	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	946.2	1,505.9	2,452.2	527.4
39	9	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	829.5	1,307.4	2,136.9	514.0
40	8	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	721.4	1,159.5	1,880.9	550.7
41	8	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	620.5	1,029.7	1,650.2	483.2
42	6	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	521.3	915.9	1,437.3	456.5
43	5	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	423.7	816.5	1,240.2	360.6
44	4	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	324.6	728.4	1,053.0	293.6
45	4	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	226.1	649.9	876.0	244.3
46	3	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	127.3	578.4	705.6	206.8
47	3	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	28.8	514.5	543.3	159.3
48	2	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	70.0	549.2	619.2	187.1
49	2	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	169.3	631.6	800.9	242.0
50	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	268.3	721.0	989.3	328.7
51	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	365.8	822.2	1,188.0	394.7
52	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	441.1	909.6	1,350.7	448.8
53	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	506.0	1,056.5	1,562.5	519.2
54	1	396,000.0	510.2	2.020E+08	5.802E+11	561.2	1,155.8	1,717.0	597.9
55	1	396,000.0	510.2	2.020E+08	5.802E+11	631.7	1,285.0	1,916.7	667.4
56	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	531.4	1,057.2	1,588.6	527.9
57	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	445.9	933.1	1,379.0	458.2
58	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	359.6	829.2	1,188.7	395.0
59	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	258.0	730.3	988.3	328.4
60	2	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	155.4	641.4	796.8	240.7
61	2	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	52.6	561.9	614.5	185.6
62	3	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	50.8	513.2	564.0	165.3
63	3	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	154.7	585.7	740.4	217.0
64	4	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	256.6	662.8	919.4	256.4
65	4	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	359.6	748.4	1,108.0	309.0
66	5	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	463.1	844.4	1,307.5	380.2
67	6	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	566.2	953.5	1,519.8	482.7
68	8	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	666.0	1,073.1	1,739.1	509.2
69	8	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	757.0	1,192.5	1,949.6	570.8
70	9	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	829.8	1,329.8	2,159.6	519.4
71	10	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	888.2	1,604.2	2,492.4	536.0
72	11	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	885.0	1,707.5	2,592.5	454.6
73	11	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	835.1	1,460.0	2,295.1	402.5
74	12	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	749.4	1,308.7	2,058.1	428.9
75	13	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	655.3	1,187.0	1,842.3	507.4
76	14	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	554.9	1,067.7	1,622.6	513.1
77	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	454.2	954.6	1,408.8	536.6
78	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	352.7	851.3	1,204.0	458.6
79	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	250.3	755.0	1,005.3	382.9
80	17	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	148.1	668.9	817.0	322.2
81	17	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	46.1	592.2	638.3	251.7
82	17	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	56.0	576.6	632.5	249.5
83	17	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	157.8	657.6	815.5	321.6
84	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	259.7	748.3	1,008.0	383.9
85	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	360.4	845.8	1,206.2	459.4

절점	단면 TYPE	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_d (kN)	V_a (kN)	V_d+V_a (kN)	S_v (N/mm)
86	16	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	460.0	957.9	1,417.9	540.1
87	14	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	559.1	1,077.4	1,636.5	517.5
88	13	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	652.0	1,199.2	1,851.2	509.9
89	12	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	737.2	1,355.2	2,092.4	436.1
90	11	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	806.9	1,652.4	2,459.3	431.3
91	11	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	984.3	1,745.4	2,729.7	478.7
92	10	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	913.9	1,463.3	2,377.1	511.3
93	9	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	831.1	1,306.7	2,137.7	514.2
94	8	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	736.2	1,177.0	1,913.1	560.2
95	8	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	636.9	1,052.0	1,689.0	494.5
96	6	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	535.9	938.8	1,474.7	468.4
97	5	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	435.3	837.6	1,272.8	370.1
98	4	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	334.3	748.2	1,082.5	301.8
99	4	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	234.2	668.2	902.5	251.6
100	3	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	133.0	593.8	726.8	213.0
101	3	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	32.0	526.9	558.8	163.8
102	2	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	68.7	556.9	625.6	189.0
103	2	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	169.5	639.7	809.2	244.5
104	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	269.6	729.8	999.4	332.1
105	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	370.3	836.2	1,206.5	400.9
106	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	451.4	936.8	1,388.2	461.3
107	1	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	545.8	1,141.4	1,687.2	560.6
108	1	396,000.0	510.2	2.020E+08	4.428E+11	601.5	1,240.4	1,841.9	840.5

2) 건조수축 및 온도차에 의한 수평전단력

(☞ 도.설.해 3.9.5.3)



주거더 간격 a = 2.400 m (시점부)

L / 10 = 257.000 / 10 = 25.700 m

∴ 전단 분포폭 = 2.400 m (시점부)

주거더 간격 a = 2.400 m (종점부)

L / 10 = 257.000 / 10 = 25.700 m

∴ 전단 분포폭 = 2.400 m (종점부)

※ L을 취하는 방법 : (1) 단순합성거더의 경우 L : 지간

(2) 연속합성거더의 경우 L : 지간의 합계

▪ 건조수축에 의한 전단력(GIRDER 계산 단면 TYPE -1 참조) (시점부)

$n_2 = n\cdot(1 + \phi_1/2)$ = 7.0 × (1 + 4.0 / 2) = 21.0

A_s = 127,200.0 mm^2 I_s = 1.560E+11 mm^4

A_c = 1,512,000.0 mm^2 I_c = 2.903E+10 mm^4

d = 1,858.4 mm (강재도심과 Con'c중심간 거리)

$p_2 = E_s\cdot\varepsilon_s\cdot A_c/n_2$ = 205,000×0.00027×1,512,000/21.0 = 3.985E+06 N

E_s = 205,000.0 MPa (강재의 탄성계수)

ε_s = 0.000270 (콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율)

$$F_2 = \frac{1}{1+\frac{A_c}{n_2\cdot A_s}+\frac{A_c\cdot d^2}{I_c+n_2\cdot I_s}}$$

F_2 = 1 + [1 + {1,512,000/(21×127,200)} + {(1,512,000×1,858²)
/ (29,030,400,000 + 21.0×155,984,340,845)}] = 0.318

$N_{cs} = p_2 \cdot F_2$ = 3,985,200.0 × 0.318 = 1.267E+06 N

$S_s = 2\cdot N_{cs} / a$ = 2 × 1,266,653.1 / 2.400 = 1,055.5 N/mm

▪ 건조수축에 의한 전단력(GIRDER 계산 단면 TYPE -1 참조) (종점부)

$n_2 = n\cdot(1 + \phi_1/2)$ = 7.0 × (1 + 4.0 / 2) = 21.0

A_s = 127,200.0 mm^2 I_s = 1.560E+11 mm^4

A_c = 1,512,000.0 mm^2 I_c = 2.903E+10 mm^4

d = 1,858.4 mm (강재도심과 Con'c중심간 거리)

$p_2 = E_s\cdot\varepsilon_s\cdot A_c/n_2$ = 205,000×0.00027×1,512,000/21.0 = 3.985E+06 N

E_s = 205,000.0 MPa (강재의 탄성계수)

ε_s = 0.000270 (콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율)

$$F_2 = \frac{1}{1+\frac{A_c}{n_2\cdot A_s}+\frac{A_c\cdot d^2}{I_c+n_2\cdot I_s}}$$

F_2 = 1 + [1 + {1,512,000/(21×127,200)} + {(1,512,000×1,858²)
/ (29,030,400,000 + 21.0×155,984,340,845)}] = 0.318

$N_{cs} = p_2 \cdot F_2$ = 3,985,200.0 × 0.318 = 1.267E+06 N

$S_s = 2\cdot N_{cs} / a$ = 2 × 1,266,653.1 / 2.400 = 1,055.5 N/mm

▪ 온도차에 의한 전단력 (시점부)

n = 7.0

A_s = 127,200.0 mm^2 I_s = 1.560E+11 mm^4

A_c = 1,512,000.0 mm^2 I_c = 2.903E+10 mm^4

d = 1,858.4 mm (강재도심과 Con'c중심간 거리)

$p_1 = E_s \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot A_c / n$ = 205,000×0.000012×10.0×1,512,000/7.0 = 5.314E+06 N

E_s = 205,000.0 MPa (강재의 탄성계수)

α = 0.000012 (강재 및 콘크리트의 선팽창계수)

Δt = 10.0 °C (바닥판 콘크리트와 강재와의 온도차)

$$F_1 = \frac{1}{1 + \frac{A_c}{n \cdot A_s} + \frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n \cdot I_s}}$$

F_1 = 1 + [1 + {1,512,000/(7×127,200)} + {(1,512,000×1,858²) / (29,030,400,000 + 7.0×155,984,340,845)}] = 0.136

$N_{cs} = p_1 \cdot F_2$ = 5,313,600.0 × 0.136 = 7.223E+05 N

$S_t = 2 \cdot N_{cs} / a$ = 2 × 722,262.5 / 2.400 = 601.9 N/mm

▪ 온도차에 의한 전단력 (종점부)

n = 7.0

A_s = 127,200.0 mm^2 I_s = 1.560E+11 mm^4

A_c = 1,512,000.0 mm^2 I_c = 2.903E+10 mm^4

d = 1,858.4 mm (강재도심과 Con'c중심간 거리)

$p_1 = E_s \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot A_c / n$ = 205,000×0.000012×10.0×1,512,000/7.0 = 5.314E+06 N

E_s = 205,000.0 MPa (강재의 탄성계수)

α = 0.000012 (강재 및 콘크리트의 선팽창계수)

Δt = 10.0 °C (바닥판 콘크리트와 강재와의 온도차)

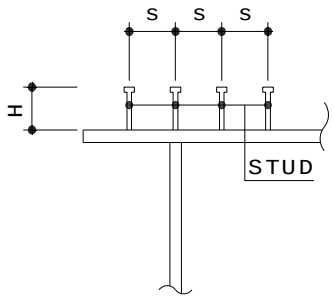
$$F_1 = \frac{1}{1 + \frac{A_c}{n \cdot A_s} + \frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n \cdot I_s}}$$

F_1 = 1 + [1 + {1,512,000/(7×127,200)} + {(1,512,000×1,858²) / (29,030,400,000 + 7.0×155,984,340,845)}] = 0.136

$N_{cs} = p_1 \cdot F_2$ = 5,313,600.0 × 0.136 = 7.223E+05 N

$S_t = 2 \cdot N_{cs} / a$ = 2 × 722,262.5 / 2.400 = 601.9 N/mm

3) STUD의 설계



s = 100.0 mm (s : STUD의 횡방향 배치간격)

d = 25.0 mm (d : STUD의 직경)

H = 150.0 mm (H : STUD의 전높이)

n = 8 본 (n : STUD의 횡방향 개수)

▪ STUD의 허용전단력 (☞ 도.설.해 3.9.5.6)

※ 전단연결재의 허용전단력은 다음 식으로 계산하고 바닥판 콘크리트와 강재 주거더의 플랜지 사이의 부착력은 무시한다.

H/d = 150.0 / 25.0 = 6.000 ≥ 5.50

Q_a = 9.50 × d^2 × $\sqrt{(f_{ck})}$ = 30,852.2 N/본 ∵ f_{ck} = 27.0 MPa

$\sum Q_a$ = 30,852.2 × 8.0 = 246,817.2 N

여기서, Q_a : 전단연결재의 허용전단력(N)

H : 스터드의 전 높이로서 150mm 정도를 표준으로 한다. (mm)

d : 스터드의 줄기의 지름으로서 19mm, 22mm, 25mm로 한다. (mm)

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준강도 (MPa)

4) 하중조합 및 STUD의 배치

▪ STUD의 배치간격

$d_o = \sum Q_a / S$ (S : 수평전단력)

절점	하 중 조 합 (N/mm)					횡방향 개수 n	소요 간격 d_o	배치 간격	비 고	
	S_v	S_s	S_t	S_v+S_t	S_s+S_t					
1	574.6	1,055.5	601.9	1,176.5	1,657.4	8	148.9mm	125.0mm	O.K	A1
2	501.0	0.0	0.0	501.0	0.0	8	492.7mm	250.0mm	O.K	
3	443.7	0.0	0.0	443.7	0.0	8	556.3mm	450.0mm	O.K	
4	387.2	0.0	0.0	387.2	0.0	8	637.4mm	450.0mm	O.K	
5	322.4	0.0	0.0	322.4	0.0	8	765.5mm	450.0mm	O.K	
6	237.4	0.0	0.0	237.4	0.0	8	1039.6mm	450.0mm	O.K	
7	185.0	0.0	0.0	185.0	0.0	8	1334.4mm	450.0mm	O.K	
8	155.0	0.0	0.0	155.0	0.0	8	1592.5mm	450.0mm	O.K	
9	203.3	0.0	0.0	203.3	0.0	8	1214.0mm	450.0mm	O.K	
10	241.6	0.0	0.0	241.6	0.0	8	1021.6mm	450.0mm	O.K	
11	292.4	0.0	0.0	292.4	0.0	8	844.2mm	450.0mm	O.K	
12	359.9	0.0	0.0	359.9	0.0	8	685.8mm	450.0mm	O.K	
13	458.5	0.0	0.0	458.5	0.0	8	538.3mm	450.0mm	O.K	
14	489.9	0.0	0.0	489.9	0.0	8	503.8mm	450.0mm	O.K	
15	567.6	0.0	0.0	567.6	0.0	8	434.8mm	400.0mm	O.K	
16	546.9	0.0	0.0	546.9	0.0	8	451.3mm	400.0mm	O.K	
17	600.4	0.0	0.0	600.4	0.0	8	411.1mm	400.0mm	O.K	
18	512.7	0.0	0.0	512.7	0.0	8	481.4mm	400.0mm	O.K	P1
19	426.3	0.0	0.0	426.3	0.0	8	579.0mm	400.0mm	O.K	
20	434.5	0.0	0.0	434.5	0.0	8	568.1mm	400.0mm	O.K	
21	501.7	0.0	0.0	501.7	0.0	8	492.0mm	400.0mm	O.K	
22	500.3	0.0	0.0	500.3	0.0	8	493.3mm	450.0mm	O.K	
23	519.1	0.0	0.0	519.1	0.0	8	475.5mm	450.0mm	O.K	

절점	하 중 조 합 (N/mm)					횡방향 개수 n	소요 간격 d_o	배치 간격	비 고	
	S_v	S_s	S_t	S_v+S_t	S_s+S_t					
24	441.6	0.0	0.0	441.6	0.0	**8**	559.0mm	450.0mm	O.K	
25	369.0	0.0	0.0	369.0	0.0	**8**	668.8mm	450.0mm	O.K	
26	311.5	0.0	0.0	311.5	0.0	**8**	792.3mm	450.0mm	O.K	
27	244.4	0.0	0.0	244.4	0.0	**8**	1009.8mm	450.0mm	O.K	
28	241.2	0.0	0.0	241.2	0.0	**8**	1023.2mm	450.0mm	O.K	
29	310.3	0.0	0.0	310.3	0.0	**8**	795.5mm	450.0mm	O.K	
30	370.5	0.0	0.0	370.5	0.0	**8**	666.3mm	450.0mm	O.K	
31	445.9	0.0	0.0	445.9	0.0	**8**	553.6mm	450.0mm	O.K	
32	528.2	0.0	0.0	528.2	0.0	**8**	467.3mm	450.0mm	O.K	
33	513.2	0.0	0.0	513.2	0.0	**8**	481.0mm	450.0mm	O.K	
34	517.4	0.0	0.0	517.4	0.0	**8**	477.1mm	400.0mm	O.K	
35	459.6	0.0	0.0	459.6	0.0	**8**	537.0mm	400.0mm	O.K	
36	475.0	0.0	0.0	475.0	0.0	**8**	519.6mm	400.0mm	O.K	
37	514.2	0.0	0.0	514.2	0.0	**8**	480.0mm	400.0mm	O.K	P2
38	527.4	0.0	0.0	527.4	0.0	**8**	468.0mm	400.0mm	O.K	
39	514.0	0.0	0.0	514.0	0.0	**8**	480.2mm	400.0mm	O.K	
40	550.7	0.0	0.0	550.7	0.0	**8**	448.2mm	400.0mm	O.K	
41	483.2	0.0	0.0	483.2	0.0	**8**	510.8mm	450.0mm	O.K	
42	456.5	0.0	0.0	456.5	0.0	**8**	540.7mm	450.0mm	O.K	
43	360.6	0.0	0.0	360.6	0.0	**8**	684.4mm	450.0mm	O.K	
44	293.6	0.0	0.0	293.6	0.0	**8**	840.6mm	450.0mm	O.K	
45	244.3	0.0	0.0	244.3	0.0	**8**	1010.4mm	450.0mm	O.K	
46	206.8	0.0	0.0	206.8	0.0	**8**	1193.3mm	450.0mm	O.K	
47	159.3	0.0	0.0	159.3	0.0	**8**	1549.7mm	450.0mm	O.K	
48	187.1	0.0	0.0	187.1	0.0	**8**	1319.4mm	450.0mm	O.K	
49	242.0	0.0	0.0	242.0	0.0	**8**	1020.1mm	450.0mm	O.K	
50	328.7	0.0	0.0	328.7	0.0	**8**	750.8mm	450.0mm	O.K	
51	394.7	0.0	0.0	394.7	0.0	**8**	625.3mm	450.0mm	O.K	
52	448.8	0.0	0.0	448.8	0.0	**8**	549.9mm	450.0mm	O.K	
53	519.2	0.0	0.0	519.2	0.0	**8**	475.4mm	250.0mm	O.K	
54	597.9	1,055.5	601.9	1,199.8	1,657.4	**8**	148.9mm	125.0mm	O.K	A2
55	667.4	1,055.5	601.9	1,269.3	1,657.4	8	148.9mm	125.0mm	O.K	A1
56	527.9	0.0	0.0	527.9	0.0	8	467.6mm	250.0mm	O.K	
57	458.2	0.0	0.0	458.2	0.0	8	538.7mm	450.0mm	O.K	
58	395.0	0.0	0.0	395.0	0.0	8	624.9mm	450.0mm	O.K	
59	328.4	0.0	0.0	328.4	0.0	8	751.5mm	450.0mm	O.K	
60	240.7	0.0	0.0	240.7	0.0	8	1025.4mm	450.0mm	O.K	
61	185.6	0.0	0.0	185.6	0.0	8	1329.6mm	450.0mm	O.K	
62	165.3	0.0	0.0	165.3	0.0	8	1493.0mm	450.0mm	O.K	
63	217.0	0.0	0.0	217.0	0.0	8	1137.3mm	450.0mm	O.K	
64	256.4	0.0	0.0	256.4	0.0	8	962.7mm	450.0mm	O.K	
65	309.0	0.0	0.0	309.0	0.0	8	798.9mm	450.0mm	O.K	
66	380.2	0.0	0.0	380.2	0.0	8	649.2mm	450.0mm	O.K	
67	482.7	0.0	0.0	482.7	0.0	8	511.3mm	450.0mm	O.K	
68	509.2	0.0	0.0	509.2	0.0	8	484.7mm	450.0mm	O.K	
69	570.8	0.0	0.0	570.8	0.0	8	432.4mm	400.0mm	O.K	
70	519.4	0.0	0.0	519.4	0.0	8	475.2mm	400.0mm	O.K	
71	536.0	0.0	0.0	536.0	0.0	8	460.4mm	400.0mm	O.K	
72	454.6	0.0	0.0	454.6	0.0	8	542.9mm	400.0mm	O.K	P1
73	402.5	0.0	0.0	402.5	0.0	8	613.3mm	400.0mm	O.K	
74	428.9	0.0	0.0	428.9	0.0	8	575.5mm	400.0mm	O.K	
75	507.4	0.0	0.0	507.4	0.0	8	486.4mm	400.0mm	O.K	

절점	하 중 조 합 (N/mm)					횡방향 개수 n	소요 간격 d_o	배치 간격	비 고	
	S_v	S_s	S_t	S_v+S_t	S_s+S_t					
76	513.1	0.0	0.0	513.1	0.0	8	481.0mm	450.0mm	O.K	
77	536.6	0.0	0.0	536.6	0.0	8	460.0mm	450.0mm	O.K	
78	458.6	0.0	0.0	458.6	0.0	8	538.2mm	450.0mm	O.K	
79	382.9	0.0	0.0	382.9	0.0	8	644.6mm	450.0mm	O.K	
80	322.2	0.0	0.0	322.2	0.0	8	765.9mm	450.0mm	O.K	
81	251.7	0.0	0.0	251.7	0.0	8	980.4mm	450.0mm	O.K	
82	249.5	0.0	0.0	249.5	0.0	8	989.3mm	450.0mm	O.K	
83	321.6	0.0	0.0	321.6	0.0	8	767.4mm	450.0mm	O.K	
84	383.9	0.0	0.0	383.9	0.0	8	642.9mm	450.0mm	O.K	
85	459.4	0.0	0.0	459.4	0.0	8	537.2mm	450.0mm	O.K	
86	540.1	0.0	0.0	540.1	0.0	8	457.0mm	450.0mm	O.K	
87	517.5	0.0	0.0	517.5	0.0	8	477.0mm	450.0mm	O.K	
88	509.9	0.0	0.0	509.9	0.0	8	484.1mm	400.0mm	O.K	
89	436.1	0.0	0.0	436.1	0.0	8	566.0mm	400.0mm	O.K	
90	431.3	0.0	0.0	431.3	0.0	8	572.3mm	400.0mm	O.K	
91	478.7	0.0	0.0	478.7	0.0	8	515.6mm	400.0mm	O.K	P2
92	511.3	0.0	0.0	511.3	0.0	8	482.8mm	400.0mm	O.K	
93	514.2	0.0	0.0	514.2	0.0	8	480.0mm	400.0mm	O.K	
94	560.2	0.0	0.0	560.2	0.0	8	440.6mm	400.0mm	O.K	
95	494.5	0.0	0.0	494.5	0.0	8	499.1mm	450.0mm	O.K	
96	468.4	0.0	0.0	468.4	0.0	8	526.9mm	450.0mm	O.K	
97	370.1	0.0	0.0	370.1	0.0	8	666.8mm	450.0mm	O.K	
98	301.8	0.0	0.0	301.8	0.0	8	817.7mm	450.0mm	O.K	
99	251.6	0.0	0.0	251.6	0.0	8	980.8mm	450.0mm	O.K	
100	213.0	0.0	0.0	213.0	0.0	8	1158.5mm	450.0mm	O.K	
101	163.8	0.0	0.0	163.8	0.0	8	1506.7mm	450.0mm	O.K	
102	189.0	0.0	0.0	189.0	0.0	8	1305.9mm	450.0mm	O.K	
103	244.5	0.0	0.0	244.5	0.0	8	1009.6mm	450.0mm	O.K	
104	332.1	0.0	0.0	332.1	0.0	8	743.3mm	450.0mm	O.K	
105	400.9	0.0	0.0	400.9	0.0	8	615.7mm	450.0mm	O.K	
106	461.3	0.0	0.0	461.3	0.0	8	535.1mm	450.0mm	O.K	
107	560.6	0.0	0.0	560.6	0.0	8	440.3mm	250.0mm	O.K	
108	840.5	1,055.5	601.9	1,442.4	1,657.4	8	148.9mm	125.0mm	O.K	A2

5) STUD 배치 간격 검토

(☞ 도.설.해 3.9.5.4, 3.9.5.5)

▪ STUD의 최대간격

※ 전단연결재의 최대 간격은 바닥판 콘크리트의 두께의 3배로 하고 600㎜를 넘지 않도록한다.
다만, 연속교의 내부지점부의 경우 높은 인장응력이 발생되는 곳의 전단연결재 설치를 피하기 위해 이 간격을 넓힐 수도 있다.

최대 간격 ⇒ 바닥판 두께의 3배 = 470.0 × 3 = 1,410.0 ㎜ 또는 600.0 ㎜ ⇒ 600.0 ㎜ 적용

적용 최대 간격 = 450.0 ㎜ ≤ 600.0 ㎜ ····· **O.K !!**

▪ STUD의 최소간격

- 교축방향 : 5 · d = 125.0 ㎜ 또는 100.0 ㎜ ≤ 125.0 ㎜ ····· **O.K !!**
- 교축직각방향 : d+30 = 55.0 ㎜ ≤ 100.0 ㎜ ····· **O.K !!**
- 최소연단순간격 : 25.0 ㎜ ≤ 130.0 - 12.5 = 117.5 ㎜ ····· **O.K !!**

6) 전단연결재의 피로설계

(☞ 도.설.해 3.9.5.9)

▪ 수평전단력 범위

$$S_r = \frac{V_r \cdot Q}{I_v}$$

여기서, S_r = 설계 대상 단면의 슬래브와 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

V_r = 합성후 하중에 의한 수직전단력[활하중 포함] (N)

Q = 정모멘트부 콘크리트의 환산단면 또는 부모멘트부 철근면적의 합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm^3)

A_c = 바닥판 콘크리트의 단면적 (mm^2)

I_v = 합성단면의 단면2차모멘트 (mm^4)

d_{vc} = 합성단면의 도심에서 바닥판 콘크리트 도심까지의 거리 (㎜)

▪ 허용수평전단력 범위

$Z_r = \beta \cdot d^2$ ⇒ 39.0 × 25.0 ² = 24,375.0 N (DB 하중의 경우)

⇒ 74.0 × 25.0 ² = 46,250.0 N (DL 하중의 경우)

여기서, Z_r : 전단연결재의 허용수평 전단력 범위 (N)

β : 39.0 (하중 반복회수 : DB 하중 = 2,000,000이상)

74.0 (하중 반복회수 : DL 하중 = 500,000.0)

▪ 피로를 고려한 전단연결재의 필요간격

$d_o = \sum Z_r / S_r$

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DB하중에 대한 검토)

절점	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고	
1	396,000.0	510.2	2.020E+08	5.802E+11	8.770E+05	305.4	8	1.950E+05	638.5mm	125.0mm	O.K	A1
2	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.248E+05	274.1	8	1.950E+05	711.5mm	250.0mm	O.K	
3	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.074E+05	268.3	8	1.950E+05	726.8mm	450.0mm	O.K	
4	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	7.954E+05	264.3	8	1.950E+05	737.8mm	450.0mm	O.K	
5	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	7.945E+05	264.0	8	1.950E+05	738.7mm	450.0mm	O.K	
6	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	7.887E+05	238.3	8	1.950E+05	818.4mm	450.0mm	O.K	
7	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	7.829E+05	236.5	8	1.950E+05	824.5mm	450.0mm	O.K	
8	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	7.851E+05	230.1	8	1.950E+05	847.4mm	450.0mm	O.K	
9	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	7.888E+05	231.2	8	1.950E+05	843.3mm	450.0mm	O.K	
10	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	7.933E+05	221.2	8	1.950E+05	881.5mm	450.0mm	O.K	
11	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	8.016E+05	223.5	8	1.950E+05	872.4mm	450.0mm	O.K	
12	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	8.116E+05	236.0	8	1.950E+05	826.3mm	450.0mm	O.K	
13	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	8.194E+05	260.2	8	1.950E+05	749.3mm	450.0mm	O.K	
14	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	8.258E+05	241.8	8	1.950E+05	806.5mm	450.0mm	O.K	
15	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	8.383E+05	245.5	8	1.950E+05	794.4mm	400.0mm	O.K	
16	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	8.476E+05	203.9	8	1.950E+05	956.5mm	400.0mm	O.K	
17	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	9.049E+05	194.6	8	1.950E+05	1002.0mm	400.0mm	O.K	
18	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	1.045E+06	183.3	8	1.950E+05	1063.6mm	400.0mm	O.K	P1
19	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	9.334E+05	163.7	8	1.950E+05	1191.4mm	400.0mm	O.K	
20	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	8.784E+05	183.1	8	1.950E+05	1065.2mm	400.0mm	O.K	
21	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	8.523E+05	234.7	8	1.950E+05	830.7mm	400.0mm	O.K	
22	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	8.303E+05	262.6	8	1.950E+05	742.7mm	450.0mm	O.K	
23	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	8.141E+05	310.1	8	1.950E+05	628.8mm	450.0mm	O.K	
24	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	7.996E+05	304.5	8	1.950E+05	640.3mm	450.0mm	O.K	
25	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	7.880E+05	300.1	8	1.950E+05	649.7mm	450.0mm	O.K	
26	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	7.837E+05	309.1	8	1.950E+05	630.9mm	450.0mm	O.K	
27	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	7.818E+05	308.3	8	1.950E+05	632.4mm	450.0mm	O.K	
28	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	7.826E+05	308.7	8	1.950E+05	631.8mm	450.0mm	O.K	
29	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	7.859E+05	310.0	8	1.950E+05	629.1mm	450.0mm	O.K	
30	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	7.966E+05	303.4	8	1.950E+05	642.7mm	450.0mm	O.K	
31	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	8.092E+05	308.2	8	1.950E+05	632.7mm	450.0mm	O.K	
32	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	8.218E+05	313.0	8	1.950E+05	623.0mm	450.0mm	O.K	
33	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	8.410E+05	265.9	8	1.950E+05	733.3mm	450.0mm	O.K	
34	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	8.629E+05	237.7	8	1.950E+05	820.5mm	400.0mm	O.K	
35	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	8.810E+05	183.6	8	1.950E+05	1062.1mm	400.0mm	O.K	
36	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	9.541E+05	167.3	8	1.950E+05	1165.5mm	400.0mm	O.K	
37	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	9.804E+05	171.9	8	1.950E+05	1134.2mm	400.0mm	O.K	P2
38	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	8.663E+05	186.3	8	1.950E+05	1046.6mm	400.0mm	O.K	
39	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	8.433E+05	202.8	8	1.950E+05	961.4mm	400.0mm	O.K	
40	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	8.336E+05	244.1	8	1.950E+05	798.9mm	400.0mm	O.K	
41	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	8.201E+05	240.1	8	1.950E+05	812.1mm	450.0mm	O.K	
42	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	8.091E+05	257.0	8	1.950E+05	758.8mm	450.0mm	O.K	
43	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	8.032E+05	233.6	8	1.950E+05	834.9mm	450.0mm	O.K	
44	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	7.974E+05	222.3	8	1.950E+05	877.0mm	450.0mm	O.K	
45	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	7.930E+05	221.1	8	1.950E+05	881.9mm	450.0mm	O.K	
46	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	7.892E+05	231.3	8	1.950E+05	843.0mm	450.0mm	O.K	
47	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	7.874E+05	230.8	8	1.950E+05	844.8mm	450.0mm	O.K	
48	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	7.938E+05	239.8	8	1.950E+05	813.2mm	450.0mm	O.K	
49	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	8.003E+05	241.8	8	1.950E+05	806.5mm	450.0mm	O.K	
50	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.066E+05	268.0	8	1.950E+05	727.5mm	450.0mm	O.K	
51	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.189E+05	272.1	8	1.950E+05	716.6mm	450.0mm	O.K	
52	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.143E+05	270.6	8	1.950E+05	720.7mm	450.0mm	O.K	
53	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.225E+05	273.3	8	1.950E+05	713.5mm	250.0mm	O.K	
54	396,000.0	510.2	2.020E+08	5.802E+11	8.998E+05	313.3	8	1.950E+05	622.3mm	125.0mm	O.K	A2

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DB하중에 대한 검토)

절점	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고	
55	396,000.0	510.2	2.020E+08	5.802E+11	9.708E+05	338.1	8	1.950E+05	584.8mm	125.0mm	O.K	A1
56	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.637E+05	287.0	8	1.950E+05	704.4mm	250.0mm	O.K	
57	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.324E+05	276.6	8	1.950E+05	705.0mm	450.0mm	O.K	
58	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.158E+05	271.1	8	1.950E+05	719.3mm	450.0mm	O.K	
59	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.151E+05	270.9	8	1.950E+05	719.9mm	450.0mm	O.K	
60	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	8.107E+05	244.9	8	1.950E+05	796.2mm	450.0mm	O.K	
61	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	8.071E+05	243.8	8	1.950E+05	799.8mm	450.0mm	O.K	
62	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	8.110E+05	237.7	8	1.950E+05	820.3mm	450.0mm	O.K	
63	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	8.152E+05	238.9	8	1.950E+05	816.1mm	450.0mm	O.K	
64	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	8.196E+05	228.5	8	1.950E+05	853.3mm	450.0mm	O.K	
65	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	8.283E+05	231.0	8	1.950E+05	844.3mm	450.0mm	O.K	
66	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	8.415E+05	244.7	8	1.950E+05	796.9mm	450.0mm	O.K	
67	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	8.525E+05	270.8	8	1.950E+05	720.2mm	450.0mm	O.K	
68	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	8.604E+05	251.9	8	1.950E+05	774.0mm	450.0mm	O.K	
69	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	8.681E+05	254.2	8	1.950E+05	767.1mm	400.0mm	O.K	
70	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	8.646E+05	207.9	8	1.950E+05	937.8mm	400.0mm	O.K	
71	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	9.349E+05	201.1	8	1.950E+05	969.8mm	400.0mm	O.K	
72	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	9.729E+05	170.6	8	1.950E+05	1143.0mm	400.0mm	O.K	P1
73	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	8.855E+05	155.3	8	1.950E+05	1255.8mm	400.0mm	O.K	
74	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	8.742E+05	182.2	8	1.950E+05	1070.4mm	400.0mm	O.K	
75	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	8.650E+05	238.2	8	1.950E+05	818.5mm	400.0mm	O.K	
76	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	8.514E+05	269.2	8	1.950E+05	724.3mm	450.0mm	O.K	
77	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	8.369E+05	318.8	8	1.950E+05	611.8mm	450.0mm	O.K	
78	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	8.227E+05	313.4	8	1.950E+05	622.3mm	450.0mm	O.K	
79	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	8.100E+05	308.5	8	1.950E+05	632.1mm	450.0mm	O.K	
80	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	8.047E+05	317.4	8	1.950E+05	614.4mm	450.0mm	O.K	
81	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	8.023E+05	316.4	8	1.950E+05	616.2mm	450.0mm	O.K	
82	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	8.032E+05	316.8	8	1.950E+05	615.6mm	450.0mm	O.K	
83	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	8.071E+05	318.3	8	1.950E+05	612.5mm	450.0mm	O.K	
84	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	8.191E+05	312.0	8	1.950E+05	625.0mm	450.0mm	O.K	
85	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	8.318E+05	316.8	8	1.950E+05	615.5mm	450.0mm	O.K	
86	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	8.442E+05	321.5	8	1.950E+05	606.5mm	450.0mm	O.K	
87	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	8.622E+05	272.7	8	1.950E+05	715.2mm	450.0mm	O.K	
88	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	8.740E+05	240.7	8	1.950E+05	810.1mm	400.0mm	O.K	
89	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	8.775E+05	182.9	8	1.950E+05	1066.4mm	400.0mm	O.K	
90	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	9.483E+05	166.3	8	1.950E+05	1180.6mm	400.0mm	O.K	
91	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	9.796E+05	171.8	8	1.950E+05	1160.2mm	400.0mm	O.K	P2
92	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	8.698E+05	187.1	8	1.950E+05	1042.4mm	400.0mm	O.K	
93	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	8.574E+05	206.2	8	1.950E+05	945.6mm	400.0mm	O.K	
94	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	8.526E+05	249.6	8	1.950E+05	781.1mm	400.0mm	O.K	
95	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	8.396E+05	245.8	8	1.950E+05	793.2mm	450.0mm	O.K	
96	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	8.287E+05	263.2	8	1.950E+05	740.9mm	450.0mm	O.K	
97	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	8.219E+05	239.0	8	1.950E+05	815.9mm	450.0mm	O.K	
98	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	8.159E+05	227.5	8	1.950E+05	857.1mm	450.0mm	O.K	
99	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	8.116E+05	226.3	8	1.950E+05	861.7mm	450.0mm	O.K	
100	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	8.075E+05	236.7	8	1.950E+05	823.9mm	450.0mm	O.K	
101	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	8.041E+05	235.7	8	1.950E+05	827.3mm	450.0mm	O.K	
102	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	8.093E+05	244.5	8	1.950E+05	797.6mm	450.0mm	O.K	
103	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	8.159E+05	246.5	8	1.950E+05	791.1mm	450.0mm	O.K	
104	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.224E+05	273.3	8	1.950E+05	713.6mm	450.0mm	O.K	
105	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.344E+05	277.3	8	1.950E+05	703.3mm	450.0mm	O.K	
106	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.334E+05	276.9	8	1.950E+05	704.2mm	450.0mm	O.K	
107	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	8.681E+05	288.5	8	1.950E+05	676.0mm	250.0mm	O.K	
108	396,000.0	510.2	2.020E+08	4.428E+11	9.509E+05	433.9	8	1.950E+05	449.4mm	125.0mm	O.K	A2

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DL하중에 대한 검토)

절점	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고	
1	396,000.0	510.2	2.020E+08	5.802E+11	1.223E+06	425.8	8	3.700E+05	868.9mm	125.0mm	O.K	A1
2	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.185E+06	393.6	8	3.700E+05	940.1mm	250.0mm	O.K	
3	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.133E+06	376.5	8	3.700E+05	982.7mm	450.0mm	O.K	
4	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.076E+06	357.7	8	3.700E+05	1034.4mm	450.0mm	O.K	
5	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.025E+06	340.5	8	3.700E+05	1086.8mm	450.0mm	O.K	
6	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	9.830E+05	297.0	8	3.700E+05	1245.9mm	450.0mm	O.K	
7	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	9.574E+05	289.2	8	3.700E+05	1279.2mm	450.0mm	O.K	
8	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	9.502E+05	278.5	8	3.700E+05	1328.3mm	450.0mm	O.K	
9	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	9.578E+05	280.8	8	3.700E+05	1317.8mm	450.0mm	O.K	
10	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	9.806E+05	273.4	8	3.700E+05	1353.2mm	450.0mm	O.K	
11	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	1.017E+06	283.7	8	3.700E+05	1304.3mm	450.0mm	O.K	
12	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	1.072E+06	311.8	8	3.700E+05	1186.6mm	450.0mm	O.K	
13	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	1.143E+06	362.9	8	3.700E+05	1019.6mm	450.0mm	O.K	
14	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	1.228E+06	359.6	8	3.700E+05	1029.0mm	450.0mm	O.K	
15	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	1.349E+06	394.9	8	3.700E+05	937.0mm	400.0mm	O.K	
16	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	1.515E+06	364.5	8	3.700E+05	1015.2mm	400.0mm	O.K	
17	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	1.830E+06	393.5	8	3.700E+05	940.2mm	400.0mm	O.K	
18	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	2.135E+06	374.3	8	3.700E+05	988.4mm	400.0mm	O.K	P1
19	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	1.735E+06	304.2	8	3.700E+05	1216.2mm	400.0mm	O.K	
20	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	1.491E+06	310.8	8	3.700E+05	1190.6mm	400.0mm	O.K	
21	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	1.361E+06	375.0	8	3.700E+05	986.8mm	400.0mm	O.K	
22	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	1.257E+06	397.5	8	3.700E+05	930.8mm	450.0mm	O.K	
23	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.175E+06	447.5	8	3.700E+05	826.8mm	450.0mm	O.K	
24	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.110E+06	422.9	8	3.700E+05	874.9mm	450.0mm	O.K	
25	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.064E+06	405.3	8	3.700E+05	912.8mm	450.0mm	O.K	
26	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	1.036E+06	408.8	8	3.700E+05	905.1mm	450.0mm	O.K	
27	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	1.025E+06	404.4	8	3.700E+05	915.0mm	450.0mm	O.K	
28	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	1.030E+06	406.3	8	3.700E+05	910.6mm	450.0mm	O.K	
29	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	1.052E+06	414.8	8	3.700E+05	892.1mm	450.0mm	O.K	
30	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.091E+06	415.5	8	3.700E+05	890.5mm	450.0mm	O.K	
31	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.148E+06	437.1	8	3.700E+05	846.4mm	450.0mm	O.K	
32	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.220E+06	464.6	8	3.700E+05	796.4mm	450.0mm	O.K	
33	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	1.313E+06	415.2	8	3.700E+05	891.2mm	450.0mm	O.K	
34	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	1.427E+06	393.1	8	3.700E+05	941.3mm	400.0mm	O.K	
35	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	1.607E+06	334.8	8	3.700E+05	1105.1mm	400.0mm	O.K	
36	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	1.965E+06	344.6	8	3.700E+05	1073.7mm	400.0mm	O.K	
37	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	1.898E+06	332.8	8	3.700E+05	1111.9mm	400.0mm	O.K	P2
38	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	1.564E+06	336.5	8	3.700E+05	1099.6mm	400.0mm	O.K	
39	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	1.389E+06	334.2	8	3.700E+05	1107.3mm	400.0mm	O.K	
40	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	1.271E+06	372.3	8	3.700E+05	993.9mm	400.0mm	O.K	
41	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	1.179E+06	345.3	8	3.700E+05	1071.6mm	450.0mm	O.K	
42	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	1.103E+06	350.4	8	3.700E+05	1055.8mm	450.0mm	O.K	
43	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	1.044E+06	303.5	8	3.700E+05	1219.2mm	450.0mm	O.K	
44	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	1.002E+06	279.4	8	3.700E+05	1324.2mm	450.0mm	O.K	
45	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	9.745E+05	271.7	8	3.700E+05	1361.6mm	450.0mm	O.K	
46	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	9.616E+05	281.9	8	3.700E+05	1312.6mm	450.0mm	O.K	
47	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	9.629E+05	282.2	8	3.700E+05	1310.9mm	450.0mm	O.K	
48	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	9.818E+05	296.6	8	3.700E+05	1247.4mm	450.0mm	O.K	
49	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	1.016E+06	306.9	8	3.700E+05	1205.5mm	450.0mm	O.K	
50	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.059E+06	351.9	8	3.700E+05	1051.4mm	450.0mm	O.K	
51	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.116E+06	370.8	8	3.700E+05	998.0mm	450.0mm	O.K	
52	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.163E+06	386.4	8	3.700E+05	957.6mm	450.0mm	O.K	
53	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.227E+06	407.6	8	3.700E+05	907.7mm	250.0mm	O.K	
54	396,000.0	510.2	2.020E+08	5.802E+11	1.292E+06	449.8	8	3.700E+05	822.6mm	125.0mm	O.K	A2

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DL하중에 대한 검토)

절점	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고	
55	396,000.0	510.2	2.020E+08	5.802E+11	1.477E+06	514.5	8	3.700E+05	719.2mm	125.0mm	O.K	A1
56	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.258E+06	418.0	8	3.700E+05	885.2mm	250.0mm	O.K	
57	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.172E+06	389.4	8	3.700E+05	950.3mm	450.0mm	O.K	
58	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.101E+06	365.7	8	3.700E+05	1011.7mm	450.0mm	O.K	
59	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.050E+06	348.7	8	3.700E+05	1060.9mm	450.0mm	O.K	
60	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	1.009E+06	305.0	8	3.700E+05	1213.3mm	450.0mm	O.K	
61	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	9.860E+05	297.9	8	3.700E+05	1242.2mm	450.0mm	O.K	
62	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	9.787E+05	286.9	8	3.700E+05	1289.7mm	450.0mm	O.K	
63	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	9.851E+05	288.7	8	3.700E+05	1281.4mm	450.0mm	O.K	
64	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	1.005E+06	280.3	8	3.700E+05	1319.9mm	450.0mm	O.K	
65	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	1.039E+06	289.8	8	3.700E+05	1276.9mm	450.0mm	O.K	
66	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	1.092E+06	317.4	8	3.700E+05	1165.7mm	450.0mm	O.K	
67	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	1.156E+06	367.1	8	3.700E+05	1007.8mm	450.0mm	O.K	
68	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	1.231E+06	360.6	8	3.700E+05	1026.2mm	450.0mm	O.K	
69	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	1.321E+06	386.8	8	3.700E+05	956.5mm	400.0mm	O.K	
70	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	1.425E+06	342.7	8	3.700E+05	1079.7mm	400.0mm	O.K	
71	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	1.683E+06	361.9	8	3.700E+05	1022.4mm	400.0mm	O.K	
72	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	1.765E+06	309.5	8	3.700E+05	1195.3mm	400.0mm	O.K	P1
73	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	1.561E+06	273.7	8	3.700E+05	1352.0mm	400.0mm	O.K	
74	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	1.452E+06	302.6	8	3.700E+05	1222.7mm	400.0mm	O.K	
75	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	1.370E+06	377.4	8	3.700E+05	980.3mm	400.0mm	O.K	
76	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	1.286E+06	406.6	8	3.700E+05	909.9mm	450.0mm	O.K	
77	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.211E+06	461.3	8	3.700E+05	802.1mm	450.0mm	O.K	
78	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.148E+06	437.4	8	3.700E+05	845.9mm	450.0mm	O.K	
79	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.099E+06	418.8	8	3.700E+05	883.5mm	450.0mm	O.K	
80	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	1.069E+06	421.4	8	3.700E+05	877.9mm	450.0mm	O.K	
81	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	1.056E+06	416.4	8	3.700E+05	888.6mm	450.0mm	O.K	
82	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	1.061E+06	418.5	8	3.700E+05	884.0mm	450.0mm	O.K	
83	216,000.0	546.8	1.181E+08	2.995E+11	1.085E+06	427.9	8	3.700E+05	864.7mm	450.0mm	O.K	
84	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.127E+06	429.3	8	3.700E+05	861.9mm	450.0mm	O.K	
85	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.183E+06	450.6	8	3.700E+05	821.1mm	450.0mm	O.K	
86	216,000.0	629.9	1.360E+08	3.572E+11	1.251E+06	476.6	8	3.700E+05	776.3mm	450.0mm	O.K	
87	216,000.0	902.6	1.950E+08	6.165E+11	1.332E+06	421.1	8	3.700E+05	878.7mm	450.0mm	O.K	
88	216,000.0	1,527.8	3.300E+08	1.198E+12	1.413E+06	389.1	8	3.700E+05	950.9mm	400.0mm	O.K	
89	216,000.0	1,615.9	3.490E+08	1.675E+12	1.521E+06	317.0	8	3.700E+05	1167.2mm	400.0mm	O.K	
90	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	1.785E+06	313.0	8	3.700E+05	1182.2mm	400.0mm	O.K	
91	216,000.0	1,754.6	3.790E+08	2.161E+12	1.794E+06	314.6	8	3.700E+05	1175.9mm	400.0mm	O.K	P2
92	216,000.0	1,609.6	3.477E+08	1.616E+12	1.522E+06	327.2	8	3.700E+05	1130.6mm	400.0mm	O.K	
93	216,000.0	991.5	2.142E+08	8.904E+11	1.386E+06	333.4	8	3.700E+05	1109.7mm	400.0mm	O.K	
94	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	1.284E+06	375.9	8	3.700E+05	984.2mm	400.0mm	O.K	
95	216,000.0	980.4	2.118E+08	7.232E+11	1.196E+06	350.3	8	3.700E+05	1056.2mm	450.0mm	O.K	
96	216,000.0	814.9	1.760E+08	5.542E+11	1.123E+06	356.6	8	3.700E+05	1037.6mm	450.0mm	O.K	
97	216,000.0	886.5	1.915E+08	6.585E+11	1.063E+06	309.0	8	3.700E+05	1197.4mm	450.0mm	O.K	
98	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	1.021E+06	284.7	8	3.700E+05	1299.6mm	450.0mm	O.K	
99	216,000.0	959.3	2.072E+08	7.431E+11	9.935E+05	277.0	8	3.700E+05	1335.6mm	450.0mm	O.K	
100	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	9.797E+05	287.2	8	3.700E+05	1288.4mm	450.0mm	O.K	
101	216,000.0	855.8	1.849E+08	6.307E+11	9.799E+05	287.2	8	3.700E+05	1288.1mm	450.0mm	O.K	
102	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	9.970E+05	301.2	8	3.700E+05	1228.4mm	450.0mm	O.K	
103	216,000.0	874.7	1.889E+08	6.254E+11	1.030E+06	311.1	8	3.700E+05	1189.2mm	450.0mm	O.K	
104	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.072E+06	356.3	8	3.700E+05	1038.3mm	450.0mm	O.K	
105	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.136E+06	377.4	8	3.700E+05	980.3mm	450.0mm	O.K	
106	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.199E+06	398.4	8	3.700E+05	928.8mm	450.0mm	O.K	
107	216,000.0	681.1	1.471E+08	4.428E+11	1.344E+06	446.5	8	3.700E+05	828.7mm	250.0mm	O.K	
108	396,000.0	510.2	2.020E+08	4.428E+11	1.414E+06	645.2	8	3.700E+05	573.4mm	125.0mm	O.K	A2

7) 전단연결재의 극한강도검토

(☞ 도.설.해 3.9.5.10)

▪ 전단연결재의 극한강도

$V_u = 0.4 \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_c)}$

$= 0.4 \times 25.0^2 \times \sqrt{(27.0 \times 28,693.4)}$

$= 220,045.7\ N > A_{sc} f_u = \pi/4 \cdot d^2 \cdot f_u = 490.9 \times 410.0 = 201,258.3\ N$

여기서, V_u : 전단연결재의 극한강도 (N) 단, $V_u \le A_{sc} f_u$

d : 전단연결재의 지름 (mm)

f_{ck} : 콘크리트의 28일 압축강도 (MPa)

A_{sc} : 전단연결재의 단면적 (mm^2)

f_u : 전단연결재의 인장강도 (MPa)

▪ 최대 정모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘

※ 최대 정모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘은 다음 두 식의 값 중 작은 값을 취한다.

$P_1 = A_s \cdot f_y$

$P_2 = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot t_s$

여기서, A_s : 덮개판을 포함하는 강재 단면의 총면적(mm^2)

f_y : 사용된 강재의 최소 공칭항복응력(MPa) [345.0 MPa]

f_{ck} : 콘크리트의 28일 압축강도(MPa)

b : 슬래브의 유효폭(mm)

t_s : 콘크리트 슬래브의 두께(mm) [240.0 mm]

▪ 최대 부모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘

$P_3 = A_r \cdot f^r_y$

여기서, A_r = 내부지점부 유효 슬래브 폭 내에 설치된 종방향 철근의 총단면적(mm^2)

f^r_y = 철근의 최소 항복응력(MPa) [400.0 MPa]

▪ 전단연결재 필요개수

$N_1 = P/(\Phi V_u)$

$N_2 = (P+P_3)/(\Phi V_u)$

여기서, N_1 : 최대 정모멘트부와 인접한 교대 지점부 사이의 전단연결재 개수

P : 슬래브에 작용하는 힘 P_1 또는 P_2중 작은값(N)

Φ : 감소계수 [0.85]

N_2 : 최대 정모멘트부와 인접한 최대부모멘트부 사이의 전단연결재 개수

※ 구간별 전단연결재 필요개수 및 설치개수 검토

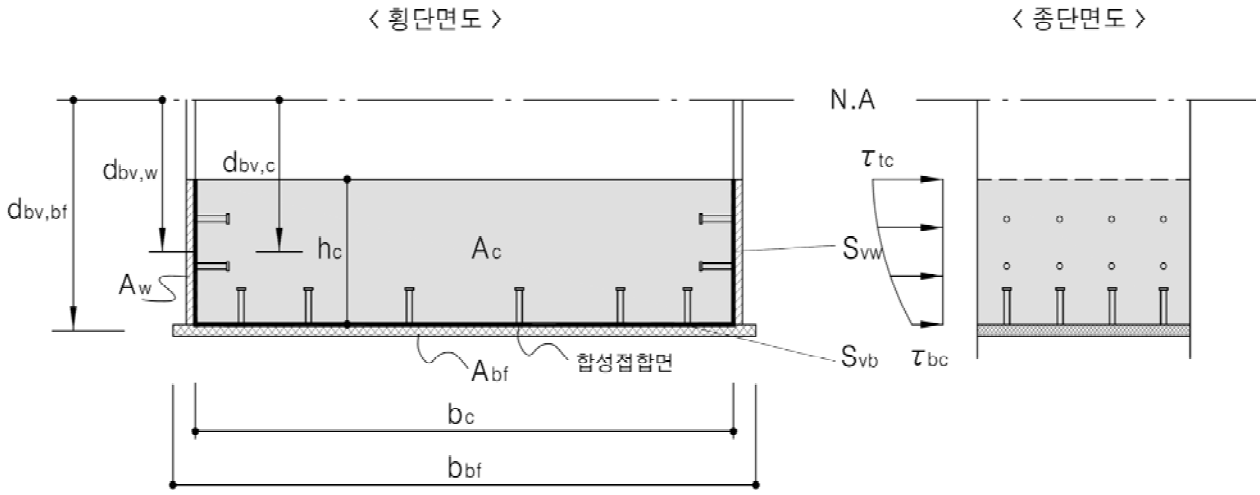
위 치 (절점번호)	b (mm)	A_s (mm^2)	A_r (mm^2)	P_1 (N)	P_2 (N)	P_3 (N)	필 요 개 수		설치 개수	비고
							N_1	N_2		
1 ~ 9	6,300.0	207,400.0	0.0	7.155E+07	3.470E+07	0.000E+00	203	-	624	O.K
9 ~ 18	6,300.0	207,400.0	51,075.4	7.155E+07	3.470E+07	2.043E+07	-	322	624	O.K
18 ~ 27	6,300.0	106,600.0	51,075.4	3.678E+07	3.470E+07	2.043E+07	-	322	618	O.K
27 ~ 37	6,300.0	106,600.0	51,075.4	3.678E+07	3.470E+07	2.043E+07	-	322	678	O.K
37 ~ 46	6,300.0	207,400.0	51,075.4	7.155E+07	3.470E+07	2.043E+07	-	322	624	O.K
46 ~ 54	6,300.0	207,400.0	0.0	7.155E+07	3.470E+07	0.000E+00	203	-	618	O.K
55 ~ 62	6,300.0	207,400.0	0.0	7.155E+07	3.470E+07	0.000E+00	203	-	564	O.K
62 ~ 72	6,300.0	207,400.0	51,075.4	7.155E+07	3.470E+07	2.043E+07	-	322	684	O.K
72 ~ 81	6,300.0	106,600.0	51,075.4	3.678E+07	3.470E+07	2.043E+07	-	322	618	O.K
81 ~ 91	6,300.0	106,600.0	51,075.4	3.678E+07	3.470E+07	2.043E+07	-	322	678	O.K
91 ~ 100	6,300.0	207,400.0	51,075.4	7.155E+07	3.470E+07	2.043E+07	-	322	624	O.K
100 ~ 108	6,300.0	207,400.0	0.0	7.155E+07	3.470E+07	0.000E+00	203	-	618	O.K

※ b, A_s, A_r 값은 구간내에서 가장 큰 값을 사용합니다.

10.2 하부슬래브 전단연결재

1) 단일합성후 고정하중에 의한 수평전단력

(☞ 도.설 3.9.5.7~9)



① 수평전단력 산정 기본식

• Sv = V · Qv / Iv (N/mm) , • Qv = A · dv / n (mm^3)

여기서, Sv : 수평전단력 (N/mm)

Iv : 단일합성 중립축에서의 단면2차모멘트(mm^4)

V : 단일합성후 작용하중에 의한 수직전단력(N)

Qv : 단일합성단면 중립축에 대한 접합면 기준 단면1차모멘트(mm^3)

dv : 단일합성단면 중립축에서 접합면 외측 단면의 도심까지의 거리(mm)

② 하부플랜지와 콘크리트 최하단과의 접합면 수평전단력 산정

• Svb = V_d1 · Q_v,bf / Iv (N/mm)

여기서, V_d1 : 단일합성후 상부바닥판 자중에 의한 수직전단력(N)

Q_v,bf : 하부플랜지의 단일합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트(mm^3)

= A_bf · d_bv,bf

d_bv,bf : 하부플랜지 도심에서 단일합성단면 중립축까지의 거리(mm)

③ 복부하단부와 콘크리트 접합면 수평전단력 산정

• Svw = 2 · (τ_tc + τ_bc) · hc / 2

여기서, τ_tc : 복부측 접합면 최상단의 전단응력(MPa)

= V_d1 · (Q_v,c + Q_v,bf + Q_v,w) / (bc · Iv)

τ_bc : 복부측 접합면 최하단의 전단응력(Mpa)

= V_d1 · Q_v,bf / (bc · Iv)

Q_v,c : 하부콘크리트의 단일합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트(mm^3)

= Ac/n · d_bv,c

Q_v,bf : 하부플랜지의 단일합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트(mm^3)

= A_bf · d_bv,bf

Q_v,w : 양측 복부의 단일합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트(mm^3)

= 2 · A_w · d_bv,w

d_bv,c : 하부콘크리트 도심에서 단일합성단면 중립축까지의 거리(mm)

d_bv,bf : 하부플랜지 도심에서 단일합성단면 중립축까지의 거리(mm)

d_bv,w : 복부 도심에서 단일합성단면 중립축까지의 거리(mm)

④ 위치별 전단응력 산정

절점	단 면	A_c / n (mm^2)	A_bf (mm^2)	A_w (mm^2)	d_bv,c (mm)	d_bv,bf (mm)	d_bv,w (mm)	τ_tc (MPa)	τ_bc (MPa)	비 고
16	단면9	140,571	57,200	13,120	814	1,030	814	0.27026	0.08652	
17	단면10	168,000	57,200	15,680	934	1,190	934	0.29530	0.08389	
18	단면11	205,714	72,800	21,600	1,107	1,421	1,107	0.25814	0.07521	
19	단면12	181,714	57,200	16,960	957	1,233	957	0.24685	0.06679	
20	단면13	161,143	57,200	15,040	874	1,120	874	0.23703	0.06964	
21	단면14	132,000	57,200	12,320	736	939	736	0.21978	0.07384	

절점	단 면	Q_v,c (mm^3)	Q_v,bf (mm^3)	Q_v,w (mm^3)	Iv (mm^4)	V_{d1} (kN)	S_vw,d1 (N/mm)	S_vb,d1 (N/mm)	∑S_v,d1 (N/mm)	비 고
16	단면9	1.14.E+08	5.89.E+07	1.07.E+07	5.48.E+11	1,932.69	146.3	207.7	353.9	
17	단면10	1.57.E+08	6.81.E+07	1.46.E+07	7.53.E+11	2,227.69	185.8	201.3	387.1	
18	단면11	2.28.E+08	1.03.E+08	2.39.E+07	1.19.E+12	2,071.28	200.0	180.5	380.5	
19	단면12	1.74.E+08	7.05.E+07	1.62.E+07	8.14.E+11	1,850.65	166.2	160.3	326.5	
20	단면13	1.41.E+08	6.41.E+07	1.31.E+07	6.21.E+11	1,620.76	144.1	167.1	311.3	
21	단면14	9.71.E+07	5.37.E+07	9.06.E+06	4.16.E+11	1,371.45	113.0	177.2	290.3	

2) 이중합성후 고정하중 및 활하중에 의한 수평 전단력

※ "1) 단일합성후 고정하중에 의한 수평전단력 "과 수평전단력 산정방식은 동일하나, 단면강성과 하중이 변화 됨.

V_{d2}: 이중합성후 2차고정하중(DL3)에 의한 수직전단력, Va: 이중합성후 활하중(LL+SET)에 의한 수평전단력

절점	단 면	A_c / n (mm^2)	A_bf (mm^2)	A_w (mm^2)	d_bv,c (mm)	d_bv,bf (mm)	d_bv,w (mm)	τ_tc (MPa)	τ_bc (MPa)	비 고
16	단면9	140,571	57,200	13,120	995	1,211	995	0.29386	0.09162	
17	단면10	168,000	57,200	15,680	1,088	1,344	1,088	0.49269	0.13688	
18	단면11	205,714	72,800	21,600	1,227	1,541	1,227	0.47006	0.13483	
19	단면12	181,714	57,200	16,960	1,101	1,377	1,101	0.43318	0.11468	
20	단면13	161,143	57,200	15,040	1,013	1,259	1,013	0.41253	0.11860	
21	단면14	132,000	57,200	12,320	893	1,097	893	0.38410	0.12574	

절점	단 면	Q_v,c (mm^3)	Q_v,bf (mm^3)	Q_v,w (mm^3)	Iv (mm^4)	V_{d2} (kN)	V_a (kN)	$S_{_vw,d2+a}$ (N/mm)	$S_{_vb,d2+a}$ (N/mm)	$\sum S_{_v,d2+a}$ (N/mm)
16	단면9	1.40.E+08	6.92.E+07	1.30.E+07	7.05.E+11	872.19	1,365.24	158.0	219.9	377.9
17	단면10	1.83.E+08	7.69.E+07	1.71.E+07	9.06.E+11	2,227.69	1,644.52	308.5	328.5	637.0
18	단면11	2.52.E+08	1.12.E+08	2.65.E+07	1.34.E+12	2,071.28	1,793.04	362.9	323.6	686.5
19	단면12	2.00.E+08	7.88.E+07	1.87.E+07	9.62.E+11	1,850.65	1,512.45	290.4	275.2	565.6
20	단면13	1.63.E+08	7.20.E+07	1.52.E+07	7.40.E+11	1,620.76	1,304.20	249.6	284.6	534.3
21	단면14	1.18.E+08	6.27.E+07	1.10.E+07	5.25.E+11	1,371.45	1,155.55	196.3	301.8	498.1

3) 건조수축 및 온도차에 의한 지점부 수평전단력

① 전단력의 분포길이 산정 : (☞ 도.설 3.9.5.3)

- 하부콘크리트 폭 : 2.4 m

∴ 전단분포폭은 하부콘크리트 폭으로 함. a= 2.40 m

② 건조수축에 의한 수평전단력 : (☞ 도.설.편 p506-173)

(☞ 강교설계의 기초 p.262, 건설도서)

n_2 : 21

Ac : 하부콘크리트 단면적, mm^2

As : 강재 단면적, mm^2

d : 강재도심과 하부콘크리트 중심간 거리, mm

Is : 강재 단면2차모멘트, mm^4

Ic : 하부콘크리트 단면2차모멘트, mm^4

Es : 205,000 MPa (강재의 탄성계수)

εs : 0.00027 (콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율)

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n_2$ (N)

$$F_2 = \frac{1}{1 + \frac{Ac}{n_2 \cdot As} + \frac{Ac \cdot d^2}{Ic + n_2 \cdot Is}}$$

Ncs = P2 · F2 = N

Ss = 2 · Ncs / a = N/mm

- 각위치별 건조수축에 의한 수평전단력 :

절점	단 면	Ac (mm^2)	As (mm^2)	d (mm)	Is (mm^4)	Ic (mm^4)	P2 (N)	F2	Ncs (N)	Ss (N/mm)	비고
16	단면9	984,000	179,840	1,344	2.64.E+11	1.38.E+10	2.594E+06	0.633	1.64E+06	1367.3	**경계부**
17	단면10	1,176,000	244,992	1,567	5.15.E+11	2.35.E+10	3.100E+06	0.669	2.07E+06	0.0	
18	단면11	1,440,000	330,480	1,780	8.18.E+11	4.32.E+10	3.795E+06	0.679	2.58E+06	2148.2	**교각부**
19	단면12	1,272,000	256,656	1,623	5.47.E+11	2.98.E+10	3.353E+06	0.655	2.20E+06	0.0	
20	단면13	1,128,000	189,088	1,449	2.84.E+11	2.08.E+10	2.973E+06	0.595	1.77E+06	0.0	
21	단면14	924,000	180,256	1,197	2.30.E+11	1.14.E+10	2.435E+06	0.659	1.60E+06	1337.0	**경계부**

※ "경계부"는 단일합성과의 경계 단부 임.

③ 온도차에 의한 수평전단력 :

n = 7

Ac : 하부콘크리트 단면적, mm^2

As : 강재 단면적, mm^2

d : 강재도심과 바닥판 중심간 거리, mm

Is : 강재 단면2차모멘트, mm^4

Ic : 하부콘크리트 단면2차모멘트, mm^4

$P1 = Es \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot Ac/n$ (N)

Es = 205,000 MPa (강재의 탄성계수)

α = 0.000012 (강재 및 콘크리트의 선팽창계수)

Δt = 5 °C (바닥판 콘크리트와 강재와의 온도차)

※ 하부콘크리트는 강박스 내부에 위치하여 온도영향이 미미하므로 5°C 만을 고려함.

$$F_1 = \frac{1}{1 + \frac{Ac}{n \cdot As} + \frac{Ac \cdot d^2}{Ic + n \cdot Is}}$$

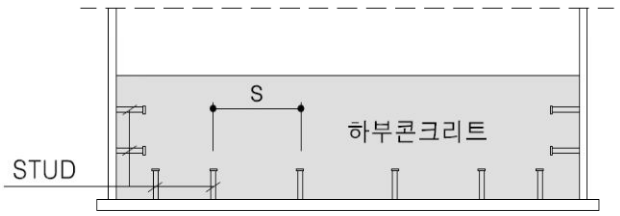
Ncs = P1 · F1 = N

St = 2 · Ncs / a = N/mm

- 각위치별 온도차에 의한 수평전단력 :

절점	단 면	Ac (mm^2)	As (mm^2)	d (mm)	Is (mm^4)	Ic (mm^4)	P1 (N)	F1	Ncs (N)	St (N/mm)	비고
16	단면9	984,000	179,840	1,344	2.64.E+11	1.38.E+10	1.729E+06	0.365	6.32E+05	526.4	**경계부**
17	단면10	1,176,000	244,992	1,567	5.15.E+11	2.35.E+10	2.066E+06	0.403	8.33E+05	0.0	
18	단면11	1,440,000	330,480	1,780	8.18.E+11	4.32.E+10	2.530E+06	0.414	1.05E+06	873.8	**교각부**
19	단면12	1,272,000	256,656	1,623	5.47.E+11	2.98.E+10	2.235E+06	0.388	8.67E+05	0.0	
20	단면13	1,128,000	189,088	1,449	2.84.E+11	2.08.E+10	1.982E+06	0.330	6.54E+05	0.0	
21	단면14	924,000	180,256	1,197	2.30.E+11	1.14.E+10	1.624E+06	0.392	6.37E+05	530.6	**경계부**

4) STUD의 배치 간격



H = 150 mm (h : stud 의 전높이)

d = 25 mm (d : stud 의 직경)

① STUD의 허용전단력 : (☞ 도.설 3.9.5.6)

H / d = 150 / 25 = 6.000 > 5.5 이므로

$Qa = 9.5 \cdot d^2 \sqrt{fck} = 9.5 \times (25)^2 \times \sqrt{40} =$ 37,552 N/본

- 단일합성 경계부 : Qa' = n(횡방향 스터드 갯수) x Qa(본당허용전단력 12 × 37,552 = 450,624 N
- 일반부 : Qa' = n(횡방향 스터드 갯수) x Qa(본당허용전단력 10 × 37,552 = 375,520 N
- 교각부 : Qa' = n(횡방향 스터드 갯수) x Qa(본당허용전단력 14 × 37,552 = 525,728 N

② STUD의 배치간격 :

d_o = Qa' / S (S : 수평전단력)

5) 하중조합에 따른 STUD 의 배치

절점	하 중 조 합 (N/mm)					소요간격	배치간격	비 고	
	Sv(고정하중+활하중)	Ss(건조수축)	St(온도차)	조합력(Sv+St)	조합력(Ss+St)	do=Qa'/S			
16	731.9	1,367.3	526.4	1,258.2	1,893.6	238 mm	150 mm	O.K	**경계부**
17	1,024.1	0.0	0.0	1,024.1	0.0	367 mm	150 mm	O.K	
18	1,067.0	2,148.2	873.8	1,940.9	3,022.0	174 mm	150 mm	O.K	**교각부**
19	892.1	0.0	0.0	892.1	0.0	421 mm	150 mm	O.K	
20	845.5	0.0	0.0	845.5	0.0	444 mm	150 mm	O.K	
21	788.3	1,337.0	530.6	1,318.9	1,867.5	241 mm	150 mm	O.K	**경계부**

① STUD 배치 간격 검토 : (☞ 도.설 3.9.5.4, 3.9.5.5)

- stud의 최대간격 검토

  바닥판콘크리트 두께의 3배 (3 × 385 = 1155 mm) 이고, 600 mm 이하

  ⇒ 150 mm 이하 사용 O.K

- stud의 최소간격 검토

  교축방향 : 5·d = 125 mm or 100 mm ⇒ 150 mm 사용 O.K

  교축직각방향 : d + 30 = 55 mm ⇒ 75 mm 사용 O.K

  플랜지연단 순간격 : 25 mm ⇒ 100 - 25 / 2 = 87.5 mm 사용 O.K

6) 전단연결재의 피로설계 (☞ 도.설 3.9.5.9)

① 수평전단력 범위 :

$$Sr = \frac{Vr \cdot Q}{I}$$

Sr : 설계대상 단면의 슬래브와 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

Vr : 충격을 포함하는 활하중에 대한 전단력의 범위 (N)

Q : 정모멘트부 ⇒ 합성단면의 중립축에 대한 접합면의 단면1차모멘트(mm^3)

부모멘트부 ⇒ 합성단면의 중립축에 대한 철근의 단면1차모멘트(mm^3)

I : 합성단면의 단면2차모멘트(mm^4) - 부모멘트부의 경우 철근 고려

② 허용수평전단력 범위 :

$Zr = \beta \cdot d^2$ ⇒ 55 × 25.0^2 = 34375 N (DB 하중의 경우)

⇒ 74 × 25.0^2 = 46250 N (DL 하중의 경우)

Zr : 전단연결재의 허용수평전단력 범위 (N)

d : 25 mm (stud 의 지름)

β : 55 (하중 반복회수 : DB 하중 - 200만이상)

74 (하중 반복회수 : DL 하중 - 50만)

③ 피로를 고려한 전단연결재의 필요간격 :

$$do = \frac{\Sigma Zr}{Sr}$$

do : $\Sigma Zr = n \cdot Zr$

n : 한 단면에 설치된 전단연결재의 총 개수

④ 활하중 피로에 의한 전단연결재 간격 검토

- 단면특성

절점	단 면	A_c / n (mm^2)	A_bf (mm^2)	A_w (mm^2)	d_bv,c (mm)	d_bv,bf (mm)	d_bv,w (mm)	Iv (mm^4)	Q_v,c (mm^3)	Q_v,bf (mm^3)	Q_v,w (mm^3)
16	단면9	140,571	57,200	13,120	995	1,211	995	7.05.E+11	1.40.E+08	6.92.E+07	1.30.E+07
17	단면10	168,000	57,200	15,680	1,088	1,344	1,088	9.06.E+11	1.83.E+08	7.69.E+07	1.71.E+07
18	단면11	205,714	72,800	21,600	1,227	1,541	1,227	1.34.E+12	2.52.E+08	1.12.E+08	2.65.E+07
19	단면12	181,714	57,200	16,960	1,101	1,377	1,101	9.62.E+11	2.00.E+08	7.88.E+07	1.87.E+07
20	단면13	161,143	57,200	15,040	1,013	1,259	1,013	7.40.E+11	1.63.E+08	7.20.E+07	1.52.E+07
21	단면14	132,000	57,200	12,320	893	1,097	893	5.25.E+11	1.18.E+08	6.27.E+07	1.10.E+07

- DB24에 대한 전단연결재 간격 검토

절점	단 면	Vr (kN)	τ_tc (MPa)	τ_bc (MPa)	$S_{-vw,r}$ (N/mm)	$S_{-vb,r}$ (N/mm)	∑Sr (N/mm)	횡갯수 n	∑Zr (N)	소요 간격 do(mm)	배치 간격 (mm)	비 고
16	단면9	712.72	0.09361	0.02918	50.3	70.0	120.4	12	4.125E+05	3426	150	O.K.
17	단면10	777.87	0.09897	0.02750	62.0	66.0	128.0	10	3.438E+05	2686	150	O.K.
18	단면11	888.03	0.10802	0.03098	83.4	74.4	157.8	14	4.813E+05	3050	150	O.K.
19	단면12	830.10	0.10692	0.02831	71.7	67.9	139.6	10	3.438E+05	2462	150	O.K.
20	단면13	775.12	0.10932	0.03143	66.2	75.4	141.6	10	3.438E+05	2428	150	O.K.
21	단면14	723.00	0.10989	0.03597	56.2	86.3	142.5	12	4.125E+05	2895	150	O.K.

- DL24에 대한 전단연결재 간격 검토

절점	단 면	Vr (kN)	τ_tc (MPa)	τ_bc (MPa)	$S_{-vw,r}$ (N/mm)	$S_{-vb,r}$ (N/mm)	∑Sr (N/mm)	횡갯수 n	∑Zr (N)	소요 간격 do(mm)	배치 간격 (mm)	비 고
16	단면9	712.72	0.09361	0.02918	50.3	70.0	120.4	12	5.550E+05	4610	150	O.K.
17	단면10	777.87	0.09897	0.02750	62.0	66.0	128.0	10	4.625E+05	3614	150	O.K.
18	단면11	888.03	0.10802	0.03098	83.4	74.4	157.8	14	6.475E+05	4104	150	O.K.
19	단면12	830.10	0.10692	0.02831	71.7	67.9	139.6	10	4.625E+05	3313	150	O.K.
20	단면13	775.12	0.10932	0.03143	66.2	75.4	141.6	10	4.625E+05	3267	150	O.K.
21	단면14	723.00	0.10989	0.03597	56.2	86.3	142.5	12	5.550E+05	3895	150	O.K.

7) 전단연결재의 극한강도검토

(☞ 도.설 3.9.5.10)

① 전단연결재의 극한강도 :

$Vu = 0.4\ d^2\ \sqrt{fck \cdot Ec}$

$= 0.4 \times 25^2 \times \sqrt{40 \times 30891}$

$= 277899\ N > Asc\ fu$

Vu : 전단연결재의 극한강도 (N) 단, Vu ≤Asc fu

d : 전단연결재의 지름 (mm)

fck: 콘크리트의 28일 압축강도 (MPa)

$Asc\ fu = \pi/4 \times 25^2 \times 410 = 201258\ N$

⇒ Vu = Asc fu = 201258.3 N

Asc: 전단연결재의 단면적 (mm²)

fu : 전단연결재의 인장강도 (MPa) (☞ 도.설 3.9.5.11)

② 최대 부모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘 (P) : P_1,P_2 중 작은 값을 취한다.

$P_1 = As \cdot fy$

$P_2 = 0.85\ fck\ b\ ts$

As : 덮개판을 포함하는 강재 단면의 총면적 (mm²)

fy : 사용된 강재의 공칭항복응력 380 (MPa)

fck: 콘크리트의 28일 압축강도 (MPa)

b : 슬래브의 유효폭 (mm)

ts : 콘크리트 슬래브의 두께 600 (mm) (최대두께)

③ 최대 정모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘 :

$P_3 = As^r \cdot fy^r$

As^r: 지점부 유효슬래브 폭 내에 설치된 종방향 철근의 총면적 (mm²)

fy^r: 철근의 최소 항복응력 400 (MPa)

④ 전단연결재 필요개수 :

$$N_1 = \frac{P}{\Phi\ Vu}$$

$$N_2 = \frac{P + P_3}{\Phi\ Vu}$$

N_1 : 최대 부모멘트부와 인접한 교각 지점부 사이의 전단연결재 필요개수

P : P1,P2 중 작은 값

Φ : 감소계수 (0.85)

N_2 : 최대 부모멘트부와 인접한 최대정모멘트부 사이의 전단연결재 필요개수

⑤ 구간별 전단연결재 필요개수 및 설치개수 검토결과

위치 (절점)	b	ts	As	As^r	P_1	P_2	P_3	필 요 개 수		설치개수	비 고
	(mm)	(mm)	(mm^2)	(mm^2)	(N)	(N)	(N)	N_1	N_2		
16~18	2,400	600	330,480	0	125,582,400	48,960,000	0	286	-	792	O.K.
18~21	2,400	600	330,480	0	125,582,400	48,960,000	0	286	-	1200	O.K.

11. 사용성검토

11.1 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)

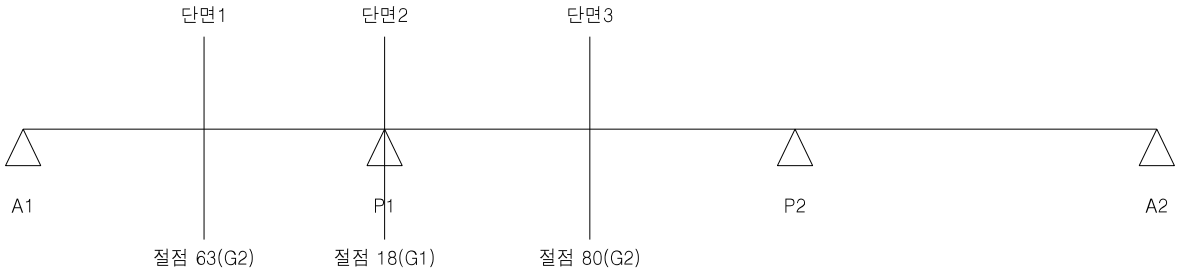
응 력	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
범 주	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	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

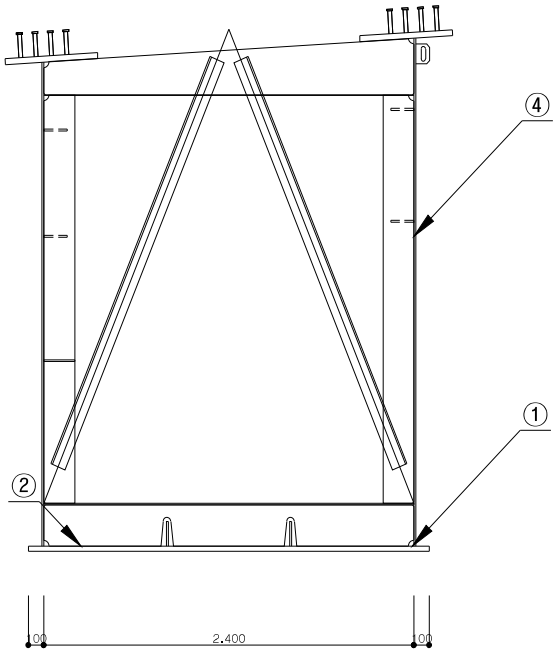
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



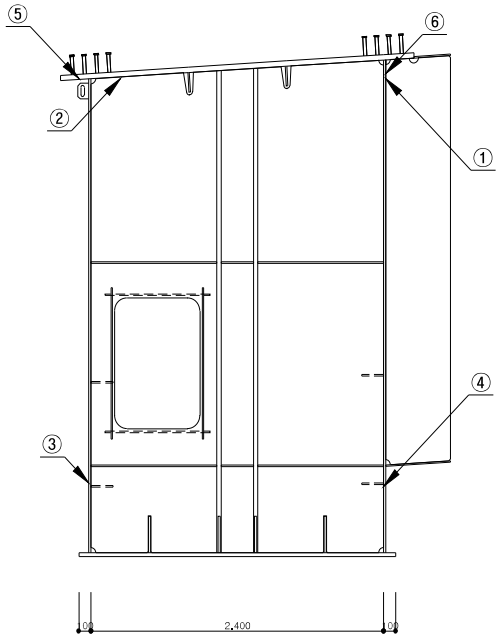
본 교량은 주간선도로에 속하는 다재하경로구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



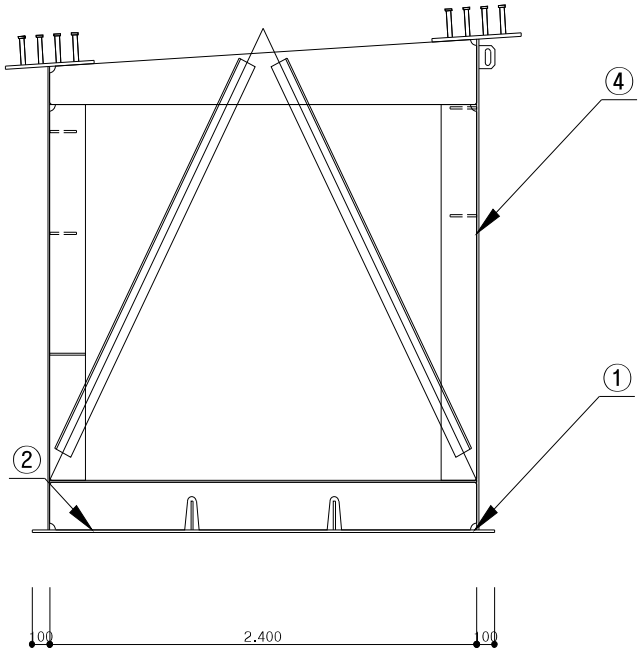
구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 II



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
		F	63	84	전단피로검토
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	

단면 III



구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

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 : 절점 63

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	15349.984	25275.3	7.654E+11	2265.6	45.437	74.817	B	126	203	O.K.
②				2265.6	45.437	74.817	C	91	147	O.K.
③				1071.6	21.491	35.387	E	56	91	O.K.
④				314.4	6.305	10.382	E	56	91	O.K.

단면 Ⅱ : 절점 18

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	10865.753	30462.946	9.957E+11	1489.1	16.250	45.557	B	126	203	O.K.
②				1489.1	16.250	45.557	C	91	147	O.K.
③				1616.9	17.644	49.467	E	56	91	O.K.
④				1692.9	18.473	51.792	E	56	91	O.K.
⑤				1509.1	16.468	46.169	E	56	91	O.K.
⑥				1529.1	16.686	46.781	C	91	147	O.K.

단면 Ⅱ : 절점 80

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	10189.608	16431.332	3.049E+11	2153.3	71.973	116.061	B	126	203	O.K.
②				2153.3	71.973	116.061	C	91	147	O.K.
③				1159.3	38.749	62.485	E	56	91	O.K.
④				3.3	0.110	0.178	E	56	91	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 18 을 설정 하였음

$$\Delta\upsilon = \frac{\Delta S \cdot Q}{Iv \cdot \Sigma a}$$

여기서, $\Delta\upsilon$: 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta S = Smax - Smin$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

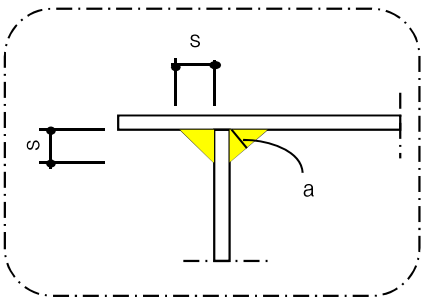
Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한 단면 1차 모멘트 ($mm^3 = A(mm^2) \cdot y(mm)$)

$y = Yvsu(I) - tu(I)/2$

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합 (mm) $= 4EA \times s / \sqrt{2}$

s : 필릿 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	tu (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsu (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	1029.366	40	2900	116000	1529	1.751E+08	9.957E+11	8	22.6	8.0	63	OK
DL하중	2030.128									15.8	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

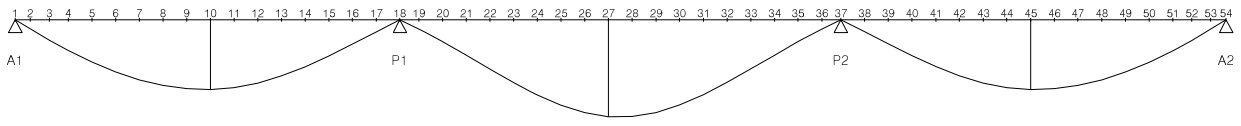
구 분	ΔS (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsl (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	1029.366	28	2600	72800	2239	1.620E+08	9.957E+11	8	22.6	7.4	63	OK
DL하중	2030.128									14.6	84	OK

11.2 처짐 검토

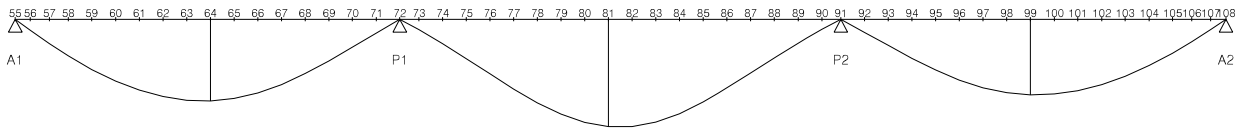
충격하중을 포함한 활하중에 의한 각 위치별 최대 처짐량 (전산 OUTPUT 참조) (☞ 도.설 3.2.3)

1) 거더별 절점번호

[G1]



[G2]



2) 거더별 처짐량

- G1 (단위 : mm)

절점	처짐량
1	0.0
2	-10.4
3	-23.1
4	-34.9
5	-48.0
6	-59.1
7	-67.9
8	-74.2
9	-77.9
10	-78.7
11	-76.5
12	-71.4
13	-63.2
14	-52.7
15	-40.4
16	-27.0
17	-13.5
18	0.0

(단위 : mm)

절점	처짐량
19	-10.0
20	-23.3
21	-37.3
22	-51.7
23	-65.9
24	-79.0
25	-89.9
26	-97.8
27	-101.9
28	-101.8
29	-97.7
30	-89.7
31	-78.7
32	-65.6
33	-51.4
34	-37.1
35	-23.2
36	-10.0

(단위 : mm)

절점	처짐량
37	0.0
38	-13.4
39	-26.9
40	-40.3
41	-52.6
42	-63.2
43	-71.4
44	-76.5
45	-78.8
46	-78.0
47	-74.4
48	-68.1
49	-59.4
50	-48.4
51	-35.2
52	-23.4
53	-10.7
54	0.0

- G2 (단위 : mm)

G2	
절점	처짐량
55	0.0
56	-12.4
57	-27.4
58	-41.3
59	-56.8
60	-69.6
61	-79.8
62	-87.0
63	-91.0
64	-91.6
65	-88.8
66	-82.5
67	-72.8
68	-60.3
69	-46.0
70	-30.7
71	-15.2
72	0.0

(단위 : mm)

G2	
절점	처짐량
73	-11.1
74	-25.7
75	-41.1
76	-57.0
77	-72.7
78	-87.2
79	-99.4
80	-108.1
81	-112.6
82	-112.4
83	-107.6
84	-98.6
85	-86.2
86	-71.6
87	-56.0
88	-40.3
89	-25.1
90	-10.8

(단위 : mm)

G2	
절점	처짐량
91	0.0
92	-14.5
93	-29.1
94	-43.5
95	-56.8
96	-68.3
97	-77.1
98	-82.8
99	-85.2
100	-84.4
101	-80.6
102	-73.9
103	-64.4
104	-52.5
105	-38.3
106	-25.5
107	-11.7
108	0.0

3) 처짐량 검토

① 1경간 지간 길이 L = 82.000 m

δ1 = 91.6 mm < δa = L / 500 82 m / 500 = 164.00 mm 0.K

② 2경간 지간 길이 L = 93.000 m

δ2 = 112.6 mm < δa = L / 500 93 m / 500 = 186.00 mm 0.K

② 2경간 지간 길이 L = 82.000 m

δ2 = 85.2 mm < δa = L / 500 82 m / 500 = 164.00 mm 0.K

12. 솟음(CAMBER)

< Girder 1 >

(단위 : mm)

절점 번호	누가 거리 (M)	합성전 고정하중		단일합성	이중합성	종곡선 보정량	편경사 보정량	솟음량					비고
		강재자중	하부콘크리트 타설	바닥판 타설	2차고정 하중			공장 제작시	현장 거치시	하부콘크리트 타설완료	바닥판 타설완료	2차 고정하중 재하시	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) : (1)~(6)	(8) : (7)-(1)	(9) : (8)-(2)	(10) : (9)-(3)	(11) : (10)-(4)	
1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A1
2	4.00	15.1	-0.7	22.7	4.3	0.0	0.0	41.5	26.4	27.1	4.3	0.0	
3	8.00	33.3	-1.6	49.8	9.6	0.0	0.0	91.1	57.8	59.4	9.6	0.0	
4	12.00	49.7	-2.4	73.7	14.3	0.0	0.0	135.2	85.5	87.9	14.3	0.0	
5	17.00	67.2	-3.4	98.4	19.2	0.0	0.0	181.5	114.2	117.7	19.2	0.0	
6	22.00	81.2	-4.3	117.1	23.1	0.0	0.0	217.1	135.8	140.2	23.1	0.0	
7	27.00	91.5	-5.2	129.7	25.7	0.0	0.0	241.8	150.3	155.5	25.7	0.0	
8	32.00	97.9	-5.9	136.1	27.1	0.0	0.0	255.2	157.3	163.2	27.1	0.0	
9	37.00	100.3	-6.5	136.2	27.2	0.0	0.0	257.2	157.0	163.4	27.2	0.0	
10	42.00	98.7	-6.9	130.3	26.0	0.0	0.0	248.1	149.4	156.3	26.0	0.0	
11	47.00	93.0	-7.1	118.5	23.7	0.0	0.0	228.1	135.1	142.2	23.7	0.0	
12	52.00	83.7	-7.1	101.7	20.4	0.0	0.0	198.8	115.1	122.2	20.4	0.0	
13	57.00	71.0	-6.7	81.1	16.4	0.0	0.0	161.7	90.8	97.5	16.4	0.0	
14	62.00	55.9	-6.0	59.2	12.1	0.0	0.0	121.1	65.2	71.2	12.1	0.0	
15	67.00	40.2	-5.0	38.9	8.0	0.0	0.0	82.2	41.9	46.9	8.0	0.0	
16	72.00	25.2	-3.6	22.5	4.6	0.0	0.0	48.7	23.5	27.1	4.6	0.0	
17	77.00	11.7	-1.9	9.5	1.9	0.0	0.0	21.2	9.5	11.4	1.9	0.0	
18	82.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	P1
19	86.00	-7.7	1.8	-4.8	-0.8	0.0	0.2	-11.3	-3.6	-5.4	-0.6	0.2	
20	91.00	-15.2	4.3	-7.3	-1.0	0.0	0.5	-18.7	-3.5	-7.8	-0.5	0.5	
21	96.00	-20.0	6.9	-5.2	-0.2	0.0	0.8	-17.7	2.3	-4.6	0.6	0.8	
22	101.00	-21.7	9.3	2.9	1.4	0.0	1.1	-6.8	14.8	5.5	2.6	1.1	
23	106.00	-20.6	11.5	16.8	4.0	0.0	1.4	13.0	33.6	22.2	5.4	1.4	
24	111.00	-17.9	13.3	33.6	7.0	0.0	1.7	37.7	55.5	42.3	8.7	1.7	
25	116.00	-14.5	14.6	50.2	9.8	0.0	2.0	62.3	76.8	62.1	11.9	2.0	
26	121.00	-11.4	15.6	63.5	12.1	0.0	2.3	82.1	93.5	78.0	14.4	2.3	
27	126.00	-9.6	16.0	70.9	13.4	0.0	2.6	93.3	102.9	86.9	16.0	2.6	

< Girder 1 > - 계속

(단위 : mm)

절점 번호	누가 거리 (M)	합성전 고정하중		단일합성	이중합성	종곡선 보정량	편경사 보정량	솟음량					비고
		강재자중	하부콘크리트 타설	바닥판 타설	2차고정 하중			공장 제작시	현장 거치시	하부콘크리트 타설완료	바닥판 타설완료	2차 고정하중 재하시	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) : (1)~(6)	(8) : (7)-(1)	(9) : (8)-(2)	(10) : (9)-(3)	(11) : (10)-(4)	
28	131.00	-9.4	16.0	71.2	13.4	0.0	3.0	94.1	103.5	87.5	16.3	3.0	
29	136.00	-10.9	15.5	64.3	12.2	0.0	3.1	84.3	95.1	79.6	15.3	3.1	
30	141.00	-13.6	14.6	51.4	10.0	0.0	2.7	65.1	78.7	64.1	12.7	2.7	
31	146.00	-16.8	13.2	35.0	7.2	0.0	2.3	40.9	57.7	44.5	9.5	2.3	
32	151.00	-19.4	11.4	18.3	4.2	0.0	1.9	16.4	35.8	24.4	6.1	1.9	
33	156.00	-20.4	9.2	4.4	1.7	0.0	1.5	-3.6	16.9	7.6	3.2	1.5	
34	161.00	-18.9	6.8	-3.9	0.0	0.0	1.1	-14.9	4.0	-2.9	1.1	1.1	
35	166.00	-14.4	4.3	-6.4	-0.9	0.0	0.7	-16.7	-2.3	-6.6	-0.1	0.7	
36	171.00	-7.3	1.8	-4.4	-0.8	0.0	0.3	-10.4	-3.0	-4.8	-0.4	0.3	
37	175.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	P2
38	180.00	11.2	-1.9	9.0	1.8	-0.4	-0.4	19.3	8.1	10.0	1.0	-0.8	
39	185.00	24.3	-3.6	21.3	4.4	-0.7	-0.8	45.0	20.6	24.2	2.9	-1.5	
40	190.00	39.0	-5.0	37.3	7.8	-1.1	-1.2	76.7	37.7	42.7	5.5	-2.3	
41	195.00	54.5	-6.0	57.2	11.8	-1.5	-1.6	114.3	59.8	65.9	8.7	-3.1	
42	200.00	69.4	-6.7	79.0	16.0	-1.9	-2.0	153.8	84.4	91.2	12.2	-3.9	
43	205.00	82.1	-7.1	99.6	20.0	-2.2	-2.4	190.0	107.9	115.0	15.4	-4.6	
44	210.00	91.5	-7.1	116.4	23.3	-2.6	-2.8	218.7	127.2	134.3	17.9	-5.4	
45	215.00	97.2	-6.9	128.3	25.6	-3.0	-2.5	238.8	141.6	148.5	20.1	-5.5	
46	220.00	99.0	-6.5	134.5	26.8	-3.4	-2.2	248.1	149.2	155.6	21.2	-5.6	
47	225.00	96.7	-5.9	134.6	26.7	-3.7	-1.9	246.4	149.7	155.6	21.1	-5.6	
48	230.00	90.5	-5.2	128.4	25.4	-4.1	-1.6	233.5	142.9	148.1	19.7	-5.7	
49	235.00	80.5	-4.4	116.1	22.8	-4.5	-1.3	209.3	128.8	133.2	17.0	-5.8	
50	240.00	66.7	-3.5	97.8	19.1	-4.9	-1.0	174.3	107.6	111.0	13.2	-5.9	
51	245.00	49.5	-2.5	73.4	14.2	-5.2	-0.7	128.7	79.2	81.7	8.3	-5.9	
52	249.00	33.3	-1.6	49.9	9.6	-5.5	-0.4	85.2	51.8	53.5	3.6	-6.0	
53	253.00	15.3	-0.7	23.1	4.4	-4.6	-0.2	37.3	21.9	22.7	-0.4	-4.8	
54	257.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A2

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점 번호	누가 거리 (M)	합성전 고정하중		단일합성	이중합성	종곡선 보정량	편경사 보정량	솟음량					비고
		강재자중	하부콘크리트 타설	바닥판 타설	2차고정 하중			공장 제작시	현장 거치시	하부콘크리트 타설완료	바닥판 타설완료	2차 고정하중 재하시	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) : (1)~(6)	(8) : (7)-(1)	(9) : (8)-(2)	(10) : (9)-(3)	(11) : (10)-(4)	
55	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A1
56	4.00	17.6	-0.8	26.5	5.0	0.0	0.0	48.3	30.8	31.6	5.0	0.0	
57	8.00	38.7	-1.8	58.1	11.1	0.0	0.0	106.1	67.4	69.2	11.1	0.0	
58	12.00	57.7	-2.8	85.9	16.4	0.0	0.0	157.3	99.6	102.4	16.4	0.0	
59	17.00	78.1	-3.9	114.8	22.1	0.0	0.0	211.2	133.1	136.9	22.1	0.0	
60	22.00	94.3	-4.9	136.6	26.5	0.0	0.0	252.5	158.2	163.1	26.5	0.0	
61	27.00	106.1	-5.8	151.3	29.4	0.0	0.0	281.1	175.0	180.8	29.4	0.0	
62	32.00	113.3	-6.6	158.6	30.9	0.0	0.0	296.3	182.9	189.5	30.9	0.0	
63	37.00	115.8	-7.2	158.3	31.0	0.0	0.0	297.9	182.1	189.3	31.0	0.0	
64	42.00	113.4	-7.6	150.9	29.6	0.0	0.0	286.2	172.8	180.5	29.6	0.0	
65	47.00	106.2	-7.8	136.4	26.9	0.0	0.0	261.7	155.5	163.3	26.9	0.0	
66	52.00	94.8	-7.8	116.2	23.1	0.0	0.0	226.3	131.5	139.3	23.1	0.0	
67	57.00	79.5	-7.3	91.6	18.5	0.0	0.0	182.2	102.7	110.1	18.5	0.0	
68	62.00	61.8	-6.5	65.8	13.6	0.0	0.0	134.7	72.9	79.4	13.6	0.0	
69	67.00	43.8	-5.3	42.6	9.0	0.0	0.0	90.1	46.3	51.6	9.0	0.0	
70	72.00	27.2	-3.8	24.4	5.1	0.0	0.0	52.9	25.7	29.5	5.1	0.0	
71	77.00	12.5	-2.1	10.3	2.1	0.0	0.0	22.9	10.4	12.4	2.1	0.0	
72	82.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	P1
73	86.00	-8.2	1.9	-5.3	-1.0	0.0	5.7	-6.8	1.4	-0.5	4.8	5.7	
74	91.00	-16.2	4.6	-8.1	-1.2	0.0	12.9	-8.1	8.1	3.6	11.7	12.9	
75	96.00	-21.3	7.3	-5.9	-0.5	0.0	20.1	-0.3	21.0	13.7	19.6	20.1	
76	101.00	-23.0	9.9	3.0	1.3	0.0	27.3	18.5	41.5	31.6	28.6	27.3	
77	106.00	-21.7	12.2	18.3	4.1	0.0	34.5	47.3	69.0	56.8	38.5	34.5	
78	111.00	-18.6	14.2	37.1	7.3	0.0	41.7	81.7	100.3	86.1	49.0	41.7	
79	116.00	-14.7	15.7	55.9	10.5	0.0	48.8	116.3	130.9	115.2	59.3	48.8	
80	121.00	-11.2	16.8	70.8	13.0	0.0	56.0	145.4	156.6	139.9	69.0	56.0	
81	126.00	-9.1	17.3	79.2	14.4	0.0	63.2	165.0	174.1	156.8	77.6	63.2	

< Girder 2 > - 계속

(단위 : mm)

절점 번호	누가 거리 (M)	합성전 고정하중		단일합성	이중합성	종곡선 보정량	편경사 보정량	솟음량					비고
		강재자중	하부콘크리트 타설	바닥판 타설	2차고정 하중			공장 제작시	현장 거치시	하부콘크리트 타설완료	바닥판 타설완료	2차 고정하중 재하시	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) : (1)~(6)	(8) : (7)-(1)	(9) : (8)-(2)	(10) : (9)-(3)	(11) : (10)-(4)	
82	131.00	-8.9	17.3	79.5	14.5	0.0	70.4	172.8	181.6	164.4	84.9	70.4	
83	136.00	-10.5	16.7	71.8	13.2	0.0	74.2	165.4	175.9	159.2	87.4	74.2	
84	141.00	-13.5	15.6	57.3	10.8	0.0	64.7	134.9	148.4	132.8	75.5	64.7	
85	146.00	-17.1	14.1	39.0	7.7	0.0	55.2	98.8	115.9	101.9	62.9	55.2	
86	151.00	-20.0	12.1	20.4	4.5	0.0	45.7	62.6	82.6	70.5	50.1	45.7	
87	156.00	-21.3	9.8	5.1	1.7	0.0	36.2	31.5	52.7	43.0	37.9	36.2	
88	161.00	-19.7	7.2	-4.0	-0.1	0.0	26.6	9.9	29.7	22.5	26.5	26.6	
89	166.00	-15.0	4.5	-6.8	-1.0	0.0	17.1	-1.1	13.9	9.4	16.2	17.1	
90	171.00	-7.6	1.9	-4.6	-0.8	0.0	7.6	-3.6	4.1	2.2	6.8	7.6	
91	175.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	P2
92	180.00	11.7	-2.0	9.3	1.9	-0.4	-9.5	11.0	-0.7	1.3	-8.0	-9.9	
93	185.00	25.3	-3.7	22.2	4.7	-0.7	-19.0	28.7	3.4	7.1	-15.1	-19.8	
94	190.00	40.7	-5.2	39.0	8.2	-1.1	-28.5	53.1	12.3	17.5	-21.4	-29.6	
95	195.00	57.2	-6.3	60.2	12.4	-1.5	-38.0	84.0	26.8	33.1	-27.1	-39.5	
96	200.00	73.3	-7.1	83.7	16.9	-1.9	-47.5	117.4	44.1	51.2	-32.5	-49.4	
97	205.00	87.2	-7.5	105.9	21.2	-2.2	-57.0	147.6	60.4	67.8	-38.1	-59.3	
98	210.00	97.4	-7.5	124.2	24.7	-2.6	-66.5	169.6	72.2	79.7	-44.5	-69.2	
99	215.00	103.7	-7.3	137.2	27.1	-3.0	-59.3	198.4	94.7	102.0	-35.2	-62.3	
100	220.00	105.7	-6.8	143.9	28.4	-3.4	-52.2	215.7	109.9	116.8	-27.1	-55.5	
101	225.00	103.4	-6.2	144.2	28.3	-3.7	-45.0	221.0	117.5	123.8	-20.4	-48.7	
102	230.00	96.9	-5.5	137.6	27.0	-4.1	-37.8	214.1	117.2	122.7	-14.9	-41.9	
103	235.00	86.1	-4.6	124.4	24.3	-4.5	-30.6	195.1	109.0	113.6	-10.8	-35.1	
104	240.00	71.4	-3.7	104.8	20.3	-4.9	-23.4	164.6	93.2	96.8	-7.9	-28.3	
105	245.00	52.9	-2.6	78.7	15.1	-5.2	-16.2	122.7	69.7	72.3	-6.3	-21.4	
106	249.00	35.6	-1.7	53.4	10.2	-5.5	-10.4	81.6	46.0	47.7	-5.8	-16.0	
107	253.00	16.4	-0.8	24.8	4.7	-4.6	-4.7	35.8	19.4	20.1	-4.6	-9.3	
108	257.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A2

13. 신축이음 검토

(1) 신축량 계산 및 설치유간

1) A1 (도.편 506.3.4.11, 도.설 2.4.2.2)

① 온도변화에 의한 이동량

$\Delta Lt = \Delta T \cdot \alpha \cdot L = \pm 25 \times 0.000012 \times 174.300 = 0.05229\ m = 52.3\ mm$

여기서, ΔT : 온도변화 (50 ℃ : 보 통 지 방)

α : 선팽창계수 (0.000012 : 강 상로교)

L : 신축 GIRDER의 길이 (174.300 m)

(일반받침은 고정단으로 부터, 연직받침은 교량중심에서부터 거리)

② 건조수축에 의한 이동량

$\Delta Ls = 0.0\ mm$ (강 상로교에서 고려하지 않음)

③ 크리프에 의한 이동량

$\Delta Lc = 0.0\ mm$ (강 상로교에서 고려하지 않음)

④ 보의 처짐에 의한 이동량

$\Delta Lr = \Sigma(hi \cdot \Theta i) = 2.700 \times 2 / 3 \times 1 / 150 = 0.01200\ m = 12.0\ mm$

여기서, hi : 보의 중립축에서 받침의 회전 중심까지의 거리 (m : 통상 보높이의 2/3)

Θi : 보의 회전각 (1/150 : 강교)

⑤ 설치유간 및 신축이음장치 규격결정

수축량 $= \Delta Lt + \Delta Ls + \Delta Lc + \Delta Lr$

$= 52.3 + 0.0 + 0.0 + 12.0 = 64.3\ mm$

신장량 $= \Delta Lt$

$= 52.3\ mm$

설치유간 = 수축량 + 신장량 + 설치여유량 + 부가여유량

$= 64.3 + 52.3 + 10.0 + 20.0 = 146.6\ mm$

여기서, 신축장 100m 미만 : 설치여유량 (기본 신축량의 20%), 부가여유량 (10mm)

신축장 100m 이상 : 설치여유량 (10mm), 부가여유량 (20mm)

=> 신축이음장치 UCF-200S, 최대허용신축량 180 mm O.K

⑥ 지진시 변위 검토 (☞ 도.편 511.1.4.1.(7))

우리나라는 지진 발생빈도가 낮고, 신축이음이 파손되는 경우도 대형사고가 발생할 우려 적음.

또한, 지진시 이동량의 예측은 매우 어렵기 때문에 이동량의 계산에 이를 고려하지 않는다.

2) A2

① 온도변화에 의한 이동량

ΔLt = ΔT · α · L = ±25 × 0.000012 × 81.350 = 0.02441 m = 24.4 mm

여기서, ΔT : 온도변화 (50 ℃ : 보 통 지 방)

α : 선팽창계수 (0.000012 : 강 상로교)

L : 신축 GIRDER의 길이 (81.350 m)

(일반받침은 고정단으로 부터, 연직받침은 교량중심에서부터 거리)

② 건조수축에 의한 이동량

ΔLs = 0.0 mm (강 상로교에서 고려하지 않음)

③ 크리프에 의한 이동량

ΔLc = 0.0 mm (강 상로교에서 고려하지 않음)

④ 보의 처짐에 의한 이동량

ΔLr = 0.0 mm (신축장 100m 이하 미고려)

⑤ 설치유간 및 신축이음장치 규격결정

수축량 = ΔLt + ΔLs + ΔLc + ΔLr

= 24.4 + 0.0 + 0.0 + 0.0 = 24.4 mm

신장량 = ΔLt

= 24.4 mm

설치유간 = 수축량 + 신장량 + 설치여유량 + 부가여유량

= 24.4 + 24.4 + 10.0 + 10.0 = 68.8 mm

여기서, 신축장 100m 미만 : 설치여유량 (기본 신축량의 20%), 부가여유량 (10mm)

신축장 100m 이상 : 설치여유량 (10mm), 부가여유량 (20mm)

=> 신축이음장치 UCF-100S, 최대허용신축량 100 mm O.K

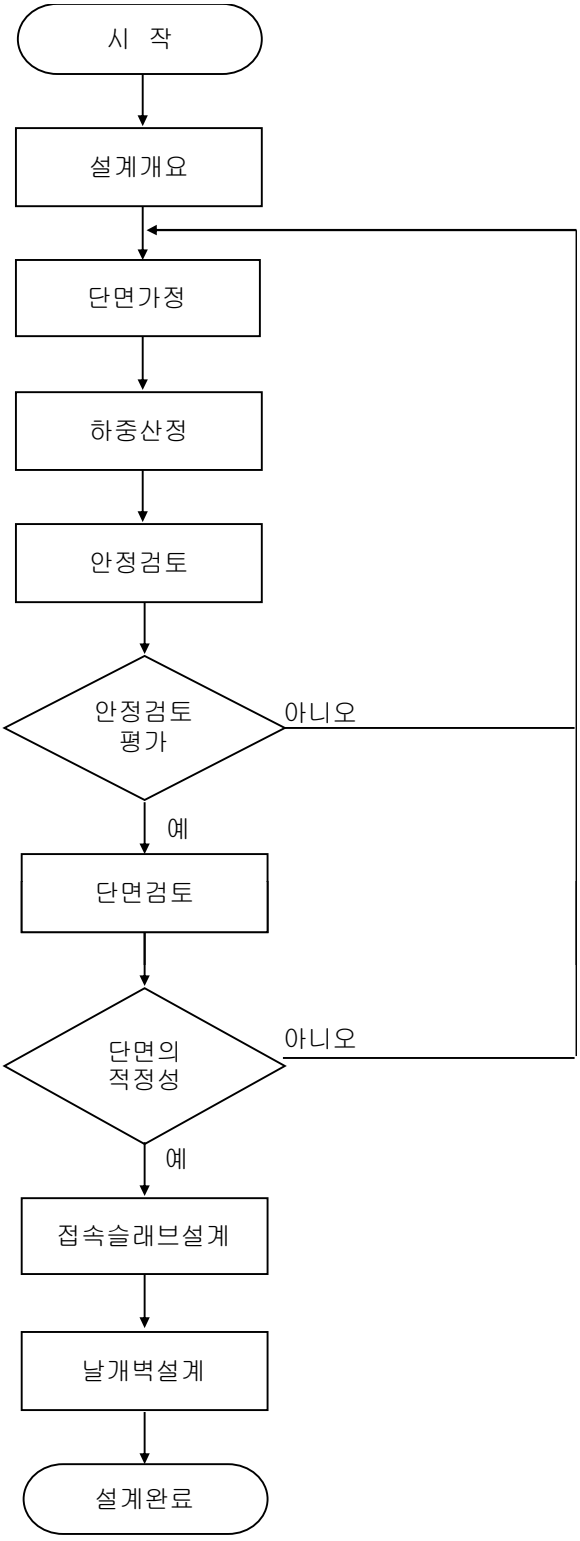
⑥ 지진시 변위 검토 (☞ 도.편 511.1.4.1.(7))

우리나라는 지진 발생빈도가 낮고, 신축이음이 파손되는 경우도 대형사고가 발생할 우려 적음.

또한, 지진시 이동량의 예측은 매우 어렵기 때문에 이동량의 계산에 이를 고려하지 않는다.

시점 교대

▣ 설계단계 흐름도


시 작
설계개요
단면가정
하중산정
안정검토
안정검토
평가
아니오
예
단면검토
단면의
적정성
아니오
예
접속슬래브설계
날개벽설계
설계완료

목 차

▣ 해 석 결 과 요 약
- ■ 안정검토 및 응력검토
- ■ 단면 휨 설계
- ■ 사용성 검토
- ■ 주철근 조립도

1. 설 계 조 건

2. 단 면 가 정

3. 하 중 계 산
- 1) 자중 및 관성력
- 2) 배면토에 의한 토압
- 3) 상부구조에 의한 하중
- 4) 뒷채움 지표면의 상재하중

4. 안 정 검 토
- 1) 하중집계 및 조합
- 2) 전도에 대한 안정
- 3) 활동에 대한 안정
- 4) 지지력에 대한 안정
- 5) 기초 중앙 작용력 산정

5. 단 면 설 계
- 1) 흉벽 설계
- 2) 벽체 설계
- 3) 기초 설계

6. 철근량 검토

7. 사 용 성 검 토
- 1.1 흉벽 설계
- 2.2 벽체 설계
- 3.3 기초 설계
- 4.4 사용성 검토

8. 날 개 벽 설 계
- 1) 좌측 날개벽
- 2) 우측 날개벽

9. 접 속 슬 래 브 설 계
- 1) 지간 및 하중 산정
- 2) 단면력 검토
- 3) 사용성 검토

10. 교 량 받 침 부 검 토
- 1) 받침 연단거리 검토
- 2) 최소 받침지지 길이 검토
- 3) 교량받침 수직력, 수평력 검토
- 4) 교량받침 보강 철근 검토
- 5) 교량받침 하면 보강
- 6) 교량받침 콘크리트 보강

▣ 결과 요약

■ 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	전도에 대한 안정	2024.721	476.936	O.K
	활동에 대한 안정	362.439	177.653	O.K
	지지력에 대한 안정	700	341.585	O.K
지진시	전도에 대한 안정	1949.071	826.801	O.K
	활동에 대한 안정	352.239	227.144	O.K
	지지력에 대한 안정	1050	364.465	O.K

■ 단면 휨 설계

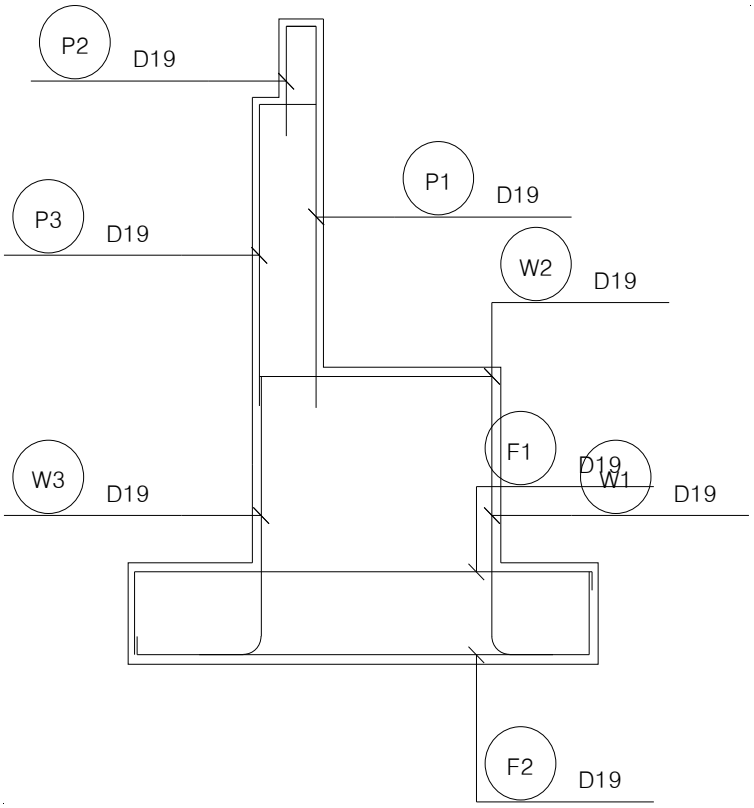
단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (mm²)	사용철근량 (mm²)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	100	990.946	2292	250.85	574.61	2.291	O.K
후면저판		1100	100	504.413	2292	128.148	574.61	4.484	O.K
벽체 (H=6.512)		2800	100	1031.51	2292	708.196	1568.192	2.214	O.K
흉벽		800	80	1420.69	2292	257.054	410.961	1.599	O.K
좌측날개벽	D(T=600 mm)	600	80	1228	2026.8	160.006	261.051	1.632	O.K
	A(T=600 mm)	600	80	2848.17	4053.6	362.457	506.698	1.398	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	943.228	2292	123.404	294.069	2.383	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	1290.3	2292	167.972	294.069	1.751	O.K
우측날개벽	D(T=600 mm)	600	80	1389.34	2026.8	180.607	261.051	1.445	O.K
	A(T=600 mm)	600	80	2840.42	4053.6	361.512	506.698	1.402	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	1458.94	2292	189.465	294.069	1.552	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	1651.5	2292	213.874	294.069	1.375	O.K

■ 사용성 검토

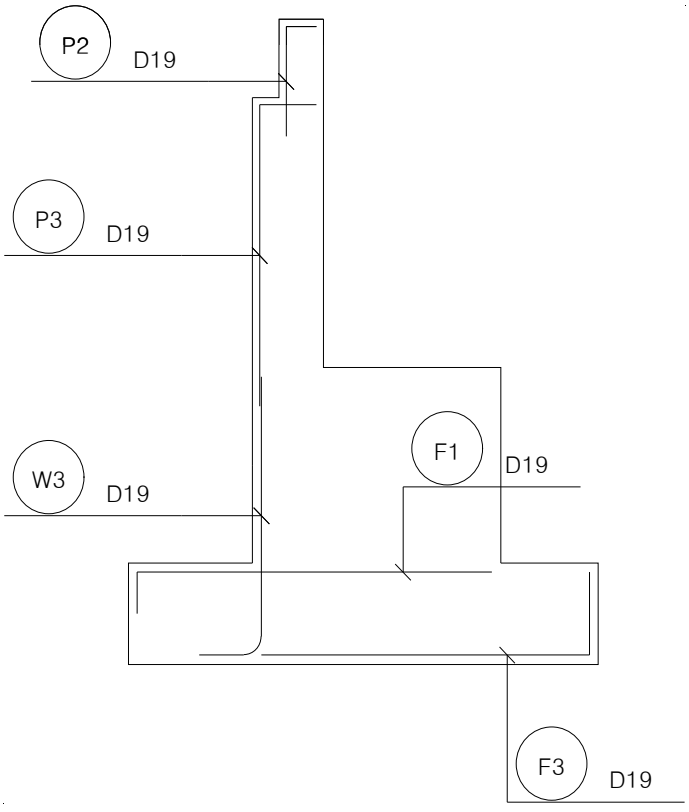
구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		81.936	150	125	734.865	O.K
후면저판		32.169	150	125	1958.402	O.K
벽체 (H=6.512)		76.832	150	125	798.708	O.K
흉벽		97.823	150	125	628.773	O.K
좌측날개벽	D(T=600 mm)	95.954	150	250	651.956	O.K
	A(T=600 mm)	111.573	150	125	537.068	O.K
	B(T=600 mm)	65.714	150	125	958.707	O.K
	C(T=600 mm)	89.446	150	125	704.165	O.K
우측날개벽	D(T=600 mm)	108.309	150	250	558.339	O.K
	A(T=600 mm)	111.282	150	125	538.913	O.K
	B(T=600 mm)	100.891	150	125	604.292	O.K
	C(T=600 mm)	113.89	150	125	515.208	O.K

▣ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)

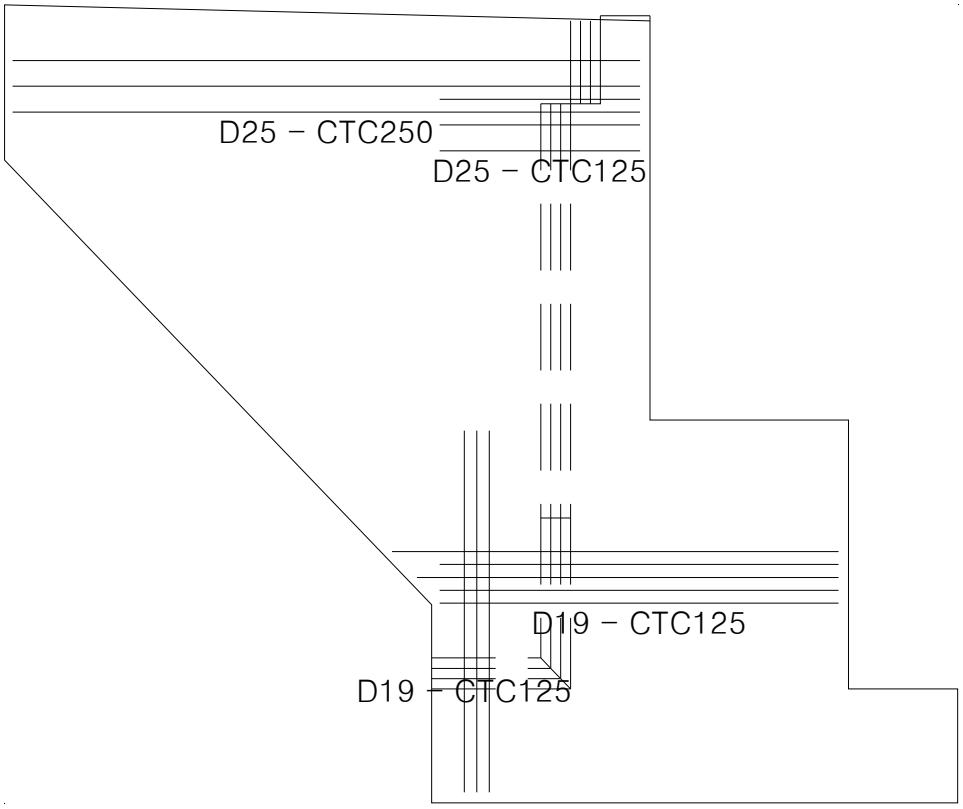


- ② Cycle (CTC = 250)

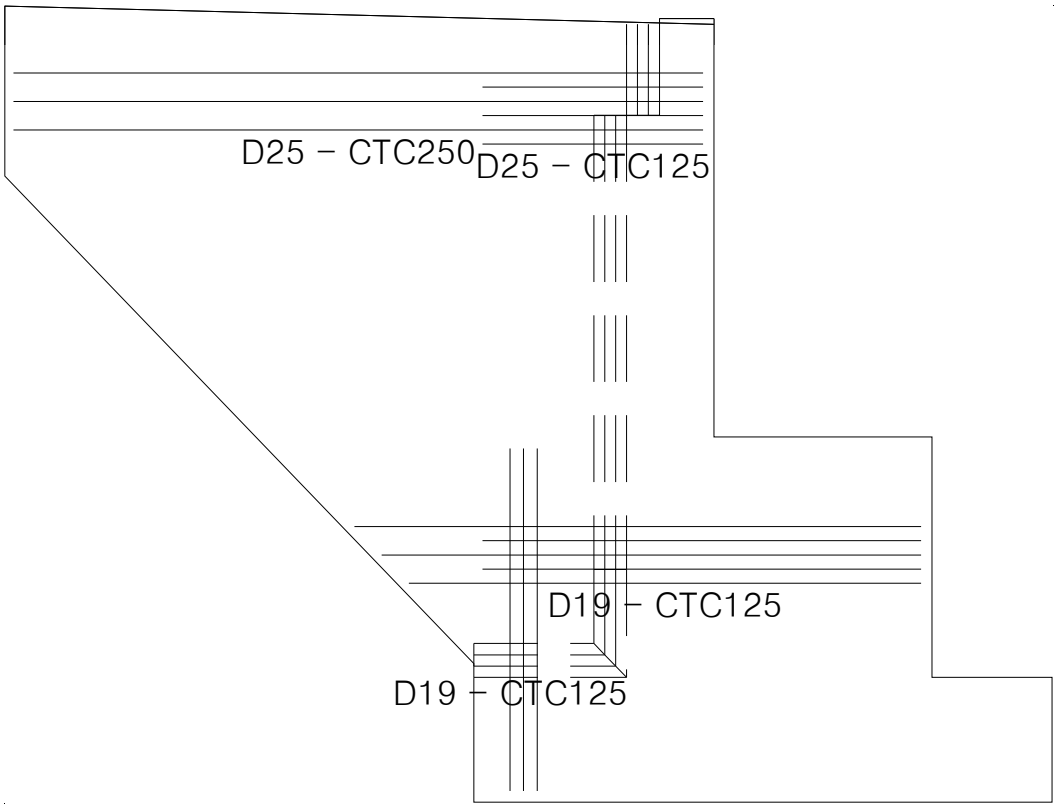


▣ 주철근 조립도

- 좌측날개벽



- 우측날개벽



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 12.600 m
(5) 교 대 총높이 : H = 7.612 m
(6) 기 초 형 식 : 직접기초
(7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 401.559 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 204.484 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 50.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 42.386 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 600.00 kN/m²
(6) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.600 ; tanΦb = 0.60, Cb = 0 : 암과 콘크리트
(7) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : Ⅰ 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : Ⅰ 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 26986.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

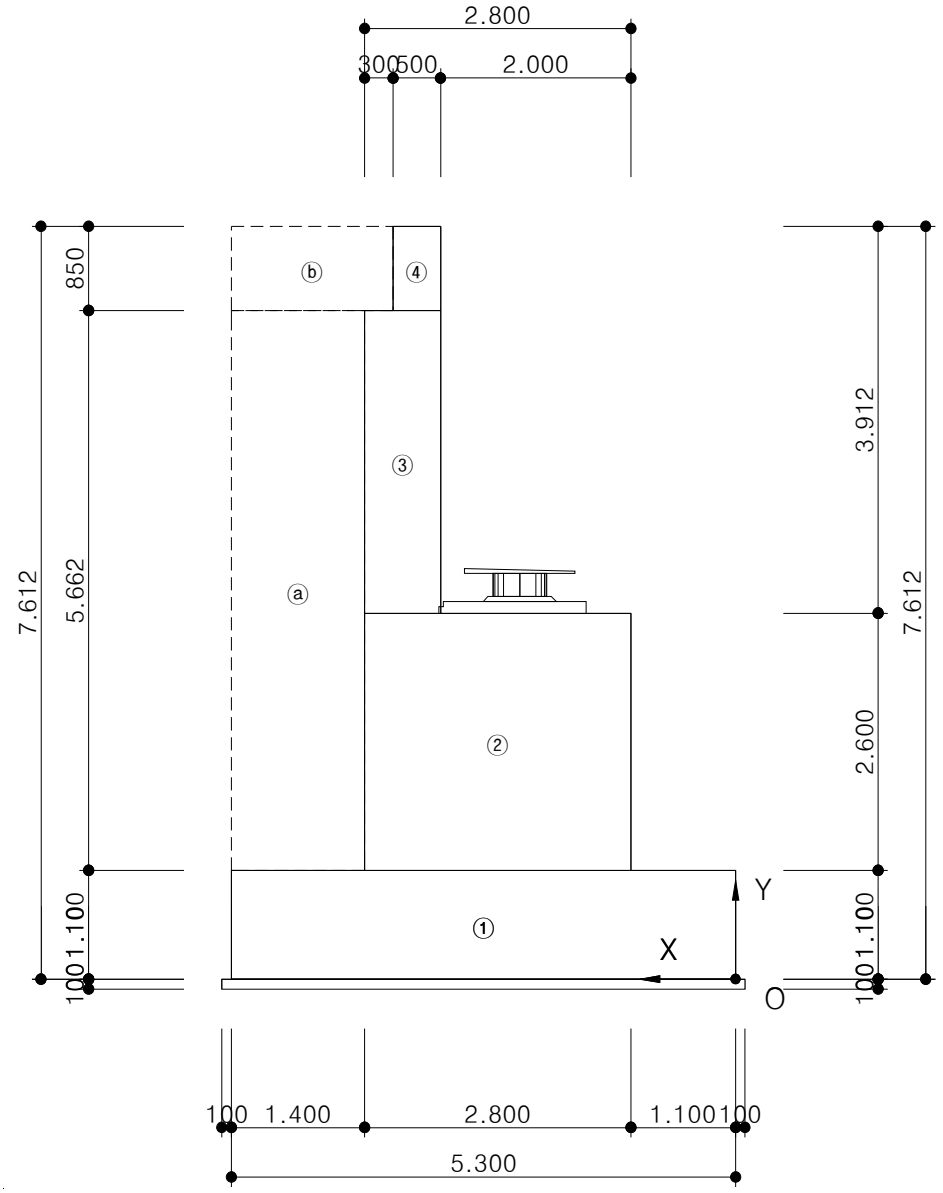
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 콘크리트구조기준 : 한국콘크리트학회 (2012)
(2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
고정하중	1815.334	3244.312	5059.646
활하중	1014.610	1561.890	2576.500

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
교축방향	165.06	295.05	460.11
직각방향	325.88	473.13	799.01

3. 하 중 계 산

1) 자중 및 관성력 (원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정 (단위 : m당)

구분	번호	체적(Ai)		단위중량(γ)	수직력(Vi)	수평력(Hi)
		m^3		kN/m^3	kN	kN
교대구체	①	5.300 × 1.100	= 5.830	25.000	145.750	11.223
	②	2.800 × 2.600	= 7.281	25.000	182.020	14.016
	③	0.800 × 3.062	= 2.449	25.000	61.234	4.715
	④	0.500 × 0.850	= 0.425	25.000	10.625	0.818
	소계		= 15.985		399.629	30.771
뒷채움재	ⓐ	1.400 × 5.662	= 7.927	20.000	158.536	12.207
	ⓑ	1.700 × 0.850	= 1.445	20.000	28.900	2.225
	소계		= 9.372		187.436	14.433
총 계					587.065	45.204

註) 수평력(지진시 관성력) Hi = Kh × Vi (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	팔 길 이		모멘트	
		수 평	수 직	Mxi	Myi
		Xi(m)	Yi(m)	kN.m	kN.m
교대구체	①	2.650	0.550	386.238	6.173
	②	2.500	2.400	455.050	33.639
	③	3.500	5.231	214.320	24.665
	④	3.350	7.187	35.594	5.880
	소 계			1091.201	70.357
뒷채움재	ⓐ	4.600	3.931	729.266	47.987
	ⓑ	4.450	7.187	128.605	15.993
	소 계			857.871	63.980
총 계				1949.072	134.337

③ 합력의 작용위치 산정

- 교대구체 : X = 1091.201 / 399.629 = 2.731 m
  Y = 70.357 / 30.771 = 2.286 m
- 뒷채움재 : X = 857.871 / 187.436 = 4.577 m
  Y = 63.980 / 14.433 = 4.433 m

2) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

- 평상시 주동토압계수 (RANKINE) : 안정검토시 적용(상시)

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}$$

- 평상시 주동토압계수 (coulomb) : 단면설계시 적용(상시)

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \beta)}{\cos^2\beta * \cos(\beta + \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\beta + \delta) * \cos(\beta - \alpha)}}\right]^2}$$

- 지진시 주동토압계수 (Mononobe - Okabe)

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta * \cos^2\beta * \cos(\delta + \theta + \beta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \alpha - \theta)}{\cos(\beta + \delta + \theta) * \cos(\beta - \alpha)}}\right]^2}$$

Φ = 뒷채움 흙의 내부마찰각(도)

α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)

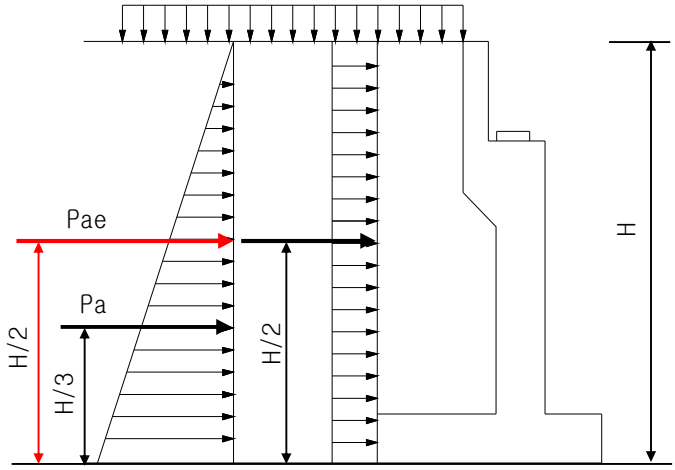
β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)

δ = 벽배면과 뒷채움흙사이의 벽면마찰각(도)

Θ = tan-1[Kh/(1-Kv)], Kv = 0

kh = 수평지진계수 = A/2 (변위를 허용한 교대), A=0.154

구분	평 상 시		지 진 시	
	안정검토	벽체설계	안정검토	벽체설계
Φ	35.000	35.000	35.000	35.000
α	0.000	0.000	0.000	0.000
β	0.000	0.000	0.000	0.000
δ	0.000	11.667	0.000	0.000
Θ	0.000	0.000	4.403	4.403
Kh	0.000	0.000	0.077	0.077
Ka,Kae	0.271	0.251	0.314	0.314



② 안정검토시 토압

- 평상시 토압 (H = 7.612 m)

Pa = 1/2 x Ka x ɣ x H² x cos(δ)

= 1/2 x 0.271 x 20.000 x 7.612² x cos(0.000)

= 157.024 kN

y = H / 3 = 2.537 m : 작용중심높이

- 지진시 토압 (H = 7.612 m)

Pae = 1/2 x Kae x ɣ x H² x cos(δ)

= 1/2 x 0.314 x 20.000 x 7.612² x cos(0.000)

= 181.940 kN

y = H / 2 = 3.806 m : 작용중심높이

③ 단면검토시 토압

- 평상시 토압 (H = 6.512 m)

Pa = 1/2 x Ka x ɣ x H² x cos(δ+β)

= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 6.512² x cos(11.667 + 0.000)

= 104.240 kN

y = H / 3 = 2.171 m : 작용중심높이

- 지진시 토압 (H = 6.512 m)

Pae = 1/2 x Kae x ɣ x H² x cos(δ+β)

= 1/2 x 0.314 x 20.000 x 6.512² x cos(0.000 + 0.000)

= 133.155 kN

y = H / 2 = 3.256 m : 작용중심높이

3) 상부구조에 의한 하중

① 상부반력에 의한 하중

- 고정하중반력

  Rd = 5059.646 ÷ 12.600 = 401.559 kN/m

- 활하중반력

  Rl = 2576.500 ÷ 12.600 = 204.484 kN/m

② 교량받침 마찰력에 의한 수평력

Ph = Rd x μs x sinθ (μs = 가동받침의 마찰계수)

= 401.559 x 0.150 x sin90.0

= 60.234 kN/m

③ 가동단 하부구조에 작용하는 지진시 수평력

- 하부구조에 작용하는 지진시 수평력

F1 = Fm1 + Fm2

$Fm1 = Rd \times Kh \times \cos^2 \theta$

$Fm2 = Rd \times Kh \times \sin^2 \theta$ ($Kh \times \sin\theta \leq \mu s$ 일 때)

$Rd \times \mu s \times \sin\theta$ ($Kh \times \sin\theta > \mu s$ 일 때)

$F1 = 401.559 \times 0.154 \times \cos^2 90.0 + 401.559 \times 0.150 \times \sin 90.0$

= 60.234 kN/m

- 교량받침에 작용하는 지진시 수평력

F2 = 63.413 x cos90.0 + 36.517 x sin90.0

= 36.517 kN/m

F1 > F2 이므로, 가동단 하부구조에 작용하는 지진시 수평력은

Fm = 60.234 kN/m

Kh : 설계수평진도 = 0.154 x 1.000 = 0.154 (가속도계수 x 지반계수)

Rd : 생각하고 있는 하부구조에 작용하는 지진시의 상부로 부터의 연직반력 (kN)

μs : 가동받침의 마찰계수

4) 뒷채움 지표면의 상재하중

① 상재하중에 의한 수직력

P1 = 10.000 x 1.700 = 17.000 kN

② 상재하중에 의한 수평력

- 안정검토시 수평토압 (H = 7.612 m)

Pa1 = Ka x dq x H x cos(δ + β)

= 0.271 x 10.000 x 7.612 x cos0.000

= 20.629 kN

y = H / 2 = 3.806 m : 작용중심높이

- 단면검토시 수평토압 (H = 6.512 m)

Pa2 = Ka x dq x H x cos(δ + β)

= 0.251 x 10.000 x 6.512 x cos11.667

= 16.007 kN

y = H / 2 = 3.256 m : 작용중심높이

4. 안 정 검 토

1) 하중집계 및 조합

① 작용하중 집계표 : 『하중계산 참조』

구 분	수직력	수평력	작용거리		모멘트	
			X(m)	Y(m)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
1. 교대구체(평상시	399.629	-	2.731	2.286	1091.201	-
2. 교대구체(지진시	399.629	30.771	2.731	2.286	1091.201	70.356
3. 뒷채움재(평상시	187.436	-	4.577	4.433	857.871	-
4. 뒷채움재(지진시	187.436	14.433	4.577	4.433	857.871	63.982
5. 배면토압(평상시	-	157.024	-	2.537	-	398.422
6. 배면토압(지진시	-	181.940	-	3.806	-	692.464
7. 뒷채움 상재하중	17.000	20.629	4.450	3.806	75.650	78.514
8. 상부 고정하중	401.559	-	2.270	-	911.539	-
9. 상부활하중	204.484	-	2.270	-	464.179	-
10. 교량받침마찰력	-	60.234	-	4.100	-	246.976
11. 상부관성력	-	60.234	-	4.100	-	246.976

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	604.065	177.653	2024.722	476.936
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	604.065	177.653	2024.722	476.936
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	587.065	227.144	1949.072	826.802
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	1210.108	177.653	3400.440	476.936
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10)	1210.108	237.887	3400.440	723.912
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)	988.624	287.378	2860.611	1073.778

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.
:활하중에 의한 수평력은 1.700의 하중계수를 적용한다.

2) 전도에 대한 안정

- 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 평상시에는 바닥판 중심으로부터 바닥판 폭의 1/6이내, 지진시와 폭풍시에는 바닥판 폭의 1/3이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]
- 평상시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다.
- 지진시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 1.5배 이상이어야 한다.

구 분	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	V(kN)	S.F	e(m)	허용폭(m)	비 고
COMB 1	2024.722	476.936	604.065	4.245	0.088	0.883	O.K
COMB 2	2024.722	476.936	604.065	4.245	0.088	0.883	O.K
COMB 3	1949.072	826.802	587.065	2.357	0.738	1.767	O.K
COMB 4	3400.440	476.936	1210.108	7.130	0.234	0.883	O.K
COMB 5	3400.440	723.912	1210.108	4.697	0.438	0.883	O.K
COMB 6	2860.611	1073.778	988.624	2.664	0.843	1.767	O.K

註) B : 기초의 폭원 (5.300 m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

註) B : 기초의 폭원 (5.300 m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

S.F = Mr / Mo ≥ 2.00 (평상시), ≥ 1.50 (지진시)

3) 활동에 대한 안정

- 직접기초바닥면에서의 전단지반반력은 바닥면 아래 기초지반의 허용전단저항력 이내에 있어야 한다.
  [도.설(2008) 5.6.2]

$$H_u = C_b A + V \tan \phi_b$$

Hu : 기초저면과 지반과의 사이에 작용하는 전단 저항력(kN)

Cb : 기초저면과 지반과의 부착력(kN/㎡)

Φb : 기초저면과 지반과의 마찰각(degree)

A' : 기초저면의 유효재하면적(㎡)

V : 기초저면에 작용하는 연직하중(kN), 다만 부력을 뺀 값으로 한다.

구 분	V(kN)	Hu(kN)	H(kN)	S.F	허용안전율	비 고
COMB 1	604.065	362.439	177.653	2.040	1.500	O.K
COMB 2	604.065	362.439	177.653	2.040	1.500	O.K
COMB 3	587.065	352.239	227.144	1.551	1.200	O.K
COMB 4	1210.108	726.065	177.653	4.087	1.500	O.K
COMB 5	1210.108	726.065	237.887	3.052	1.500	O.K
COMB 6	988.624	593.174	287.378	2.064	1.200	O.K

註) tanΦb = 0.600, Cb = 0, 암과 콘크리트 [도로설계편람 509-22]

4) 지지력에 대한 안정

- 직접기초 바닥면에서의 연직지반반력은 기초 바닥아래 지지지반의 허용연직지지력이내에 있어야 한[
  [도.설(2008) 5.6.2]

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN)	Qmin(kN)
COMB 1	604.065	1547.786	0.088	125.292	102.657
COMB 2	604.065	1547.786	0.088	125.292	102.657
COMB 3	587.065	1122.270	0.738	203.352	18.182
COMB 4	1210.108	2923.504	0.234	288.831	167.813
COMB 5	1210.108	2676.528	0.438	341.585	115.060
COMB 6	988.624	1786.833	0.843	364.465	8.600

註) B : 기초의 폭원 (5.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우 => COMB 1,2,3,4,5,6

5) 기초 중앙작용력 산정

① 기초중앙에서의 작용하중 계산

$\sum M = \sum Mr - \sum Mo$

$e = B/2 - \sum M/\sum V$

$Mc = V \times e$

② 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	7611.219	25511.497	6009.394	667.627
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	7611.219	25511.497	6009.394	667.627
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	7397.019	24558.307	10417.705	5461.498
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	15247.361	42845.544	6009.394	3569.356
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10)	15247.361	42845.544	9121.291	6681.253
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)	12456.662	36043.699	13529.603	10496.060

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시
각 작용력은 교대의 전폭 12.600 m)을 고려한 결과값임.

③ 지반의 허용연직지지력 : Hansen식 사용

$Qu = A' [c\ Nc\ sc\ dc\ ic\ gc\ bc + q\ Nq\ sq\ dq\ iq\ gq\ bq + 1/2\ r1\ B'\ Nr\ sr\ dr\ ir\ gr\ br]$

$\phi=0$ 일때, $Qu = A' [5.14c\ (1 + sc' + dc' - ic' - gc' - bc') + q]$

Qu : 하중의 편심을 고려한 지반의 극한지지력(kN)

c : 지반의 점착력 (kN/m^2)

A' : 유효재하면적(m^2)

q : 상재하중(kN/m^2), $q = r2 \times Df$

r1,r2 : 지지지반 및 근입지반의 단위중량(kN/m^3)
다만, 지하수위이하에서는 수중단위중량을 사용한다.

B' : 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭(m), $B' = B - 2eB$

B : 기초의 폭(m)

eB : 하중의 편심량(m)

Df : 기초의 유효근입 깊이(m)

Nc,Nq,Nr : 지지력 계수

sc,sq,sr,sc' : 기초의 형상계수

dc,dq,dr,dc' : 기초의 근입깊이계수

ic,iq,ir,ic' : 하중의 경사계수

gc,gq,gr,gc' : 지반계수

bc,bq,br,bc' : 기초저면 경사계수

註) 기초저면의 경사(β)가 없으므로 bc,bq,br,bc'는 적용하지 않는다.
si와 ii를 함께 사용하지 않으므로 ic,iq,ir,ic'는 적용하지 않는다.

c = 0.000 kN/m² r1 = 20.000 kN/m³ r2 = 20.000 kN/m³

Df = 1.000 m B = 5.300 m q = 20.000 kN/m²

Φ = 15 + √15N = 42.386 , N = 50

Nq = exp(πtanΦ) tan² (45+Φ/2) = 90.360

Nc = (Nq-1) cotΦ = 97.909

Nr = 1.5(Nq-1) tanΦ = 122.336

sc = 1 + Nq/Nc x B/L = 1.388

sc' = 0.2 B/L = 0.084

sq = 1 + B/L x tanΦ = 1.384

sr = 1 - 0.4 B/L = 0.832

dc = 1 + 0.4k = 1.075, D/B > 1 : k=tan-1(D/B) , D/B ≤ 1 : k=D/B (rad)

dc' = 0.4k = 0.075

dq = 1 + 2tanΦ(1-sinΦ)² k = 1.037

dr = 1.000

gc = 1 - β/147 = 1.000

gc' = β/147 = 0.000

gq = (1-0.5tanβ)*(1-0.5tanβ)⁴ = 1.000

gr = (1-0.5tanβ)*(1-0.5tanβ)⁴ = 1.000

구 분	eB	B'	A'	Qu(kN)
COMB 1	0.088	5.125	64.570	504082.752
COMB 2	0.088	5.125	64.570	504082.752
COMB 3	0.738	3.823	48.174	312300.824
COMB 4	0.234	4.832	60.881	457149.396
COMB 5	0.438	4.424	55.738	395379.458
COMB 6	0.843	3.615	45.546	285602.283

註) Qa = Qu/A'/SF, 『도로교 표준시방서, 1996년』p622 참조

▣ 확대기초 두께에 대한 강체 검토 : [도.설(2008) 5.4.5.2]

- 확대기초는 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 강체로서 취급되는 두께를 가져야함을 원칙으로 한다.
- 확대기초에 대한 강체로서의 취급여부는 지반반력 및 말뚝반력에 미치는 확대기초의 강성의 영향을 고려하여 판정하는 것으로서, 일반적으로 다음의 식을 만족할 때 강체로 취급할 수 있다.

$\beta\lambda \leq 1.0$

여기서 $$\beta = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}}(m^{-1})$$

k : kv - 직접기초인 경우, kp - 말뚝기초인 경우

kv : 연직방향 지반반력계수 (kN/m³)

= 9333.333 x (√(5.300 x 12.600) / 0.3)$^{-3/4}$ = 782.765 kN/m³

$$k_v = k_{vo}\left(\frac{B_v}{0.3}\right)^{-\frac{3}{4}}$$

Kvo = 1/0.3 x α x Eo = 1/0.3 x 1.000 x 2800.000 = 9333.333 kN/m³

L : 확대기초의 길이 (= 12.600 m)

B : 확대기초의 폭 (= 5.300 m)

E : 확대기초의 탄성계수 (= 26636584.056 kN/m²)

h : 확대기초의 평균두께 (= 1.100 m)

λ : 확대기초의 환산 돌출길이 (m)

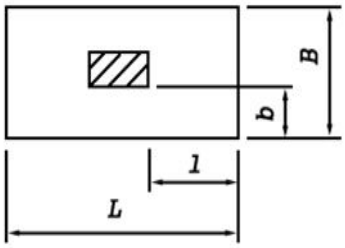
β = ^{4}√[(3 x 782.765) / (26636584.056 x 1.100³)] = 0.090 (m-1)

* 독립확대기초 및 벽확대기초의 경우

λ = MAX(l,b) = MAX(0.000, 1.400) = 1.400

다만, 벽확대기초이므로 l = 0

b ≥ B/2이면 b = B/2 = 2.650, 뒷굽기준으로 검토

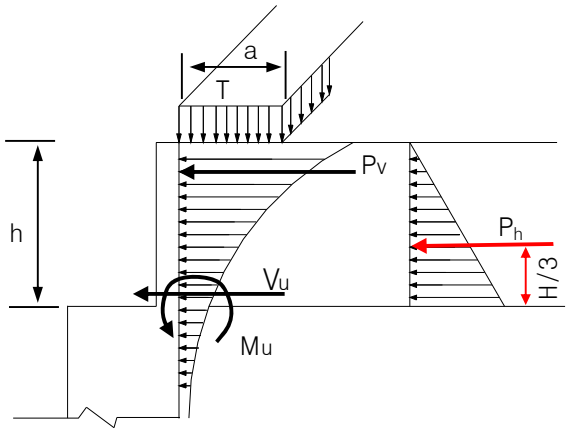


βλ = 0.090 x 1.400 = 0.126 ≤ 1.0, ∴ O.K

5. 단 면 설 계

1) 흉벽 설계

① 평상시 : 『도로교 설계기준 해설』p73



- 윤하중에 의한 부재력

Pv = 114.60 x Ka

= 114.60 x 0.251 = 28.765 kN

Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)

= 114.60 x 0.251 x (3.912 - 0.36) = 102.164 kN.m

- 토압에 의한 부재력

Ph = 1/2 x Ka x r x H^2 x cos δ

= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 3.912^2 x cos11.667 = 37.613 kN

Me = 1/3 x H x Ph

= 1/3 x 3.912 x 37.613 = 49.044 kN.m

- 설계 단면력 산정

Vu = 1.70 x Pv + 1.70 x Ph

= 1.70 x 28.765 + 1.70 x 37.613 = 112.843 kN

Mu = 1.70 x Mp + 1.70 x Me

= 1.70 x 102.164 + 1.70 x 49.044 = 257.054 kN.m

② 지진시

- 구체관성력

p1 = 3.062 x 0.800 x 25.000 x 0.077 = 4.715 kN

p2 = 0.850 x 0.500 x 25.000 x 0.077 = 0.818 kN

Pw = 4.715 + 0.818 = 5.533 kN

Mw = 4.715 x 3.062/2 + 0.818 x (3.062 + 0.850/2) = 10.071 kN.m

- 토압에 의한 부재력

Ph = 1/2 x Kae x r x H^2 x cos δ

= 1/2 x 0.314 x 20.000 x 3.912^2 x cos0.000 = 48.047 kN

Me = 1/2 x H x Ph

= 1/2 x 3.912 x 48.047 = 93.973 kN.m

- 설계 단면력 산정

Vu = 1.00 x Pw + 1.00 x Ph

= 1.00 x 5.533 + 1.00 x 48.047 = 53.580 kN

Mu = 1.00 x Mw + 1.00 x Me

= 1.00 x 10.071 + 1.00 x 93.973 = 104.043 kN.m

③ 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
평상시	112.843	257.054	
지진시	53.580	104.043	
설계단면력	112.843	257.054	

2) 벽체 설계

① 작용하중 집계표 : H = 6.512 m 『하중계산 참조』

구 분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			평상시	지진시		
1. 교대구체(지진시)	19.549	2.183	-	1.000	19.549	42.681
2. 배면토압(평상시)	104.240	2.171	1.700	-	177.208	384.659
3. 배면토압(지진시)	133.155	3.256	-	1.000	133.155	433.553
4. 뒷채움 상재하중	16.007	3.256	1.700	-	27.212	88.602
5. 교량받침마찰력	60.234	3.000	1.300	-	78.304	234.935
6. 상부관성력	60.234	3.000	-	1.000	60.234	180.719

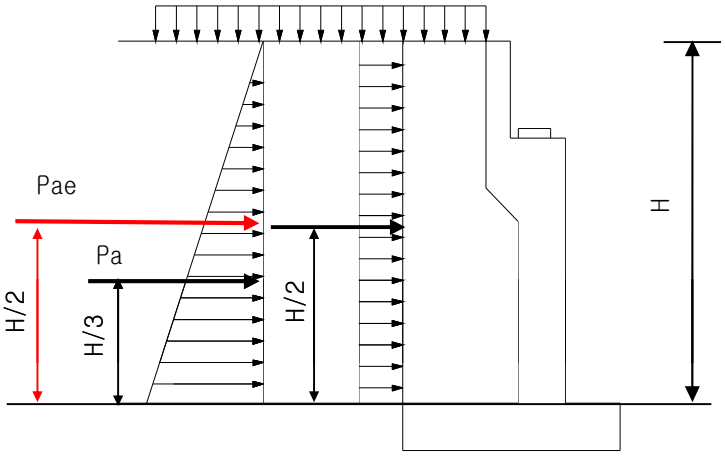
- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출

: 검토위치(H = 1.100 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.

Ho = ∑(H② ~ H④) = 19.549 kN

Mo = ∑[H② x (y② - 1.100) ~ H④ x (y④ - 1.100)] = 42.681 kN.m

y = Mo / Ho = 42.681 / 19.549 = 2.183



② 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
평상시(H = 6.512 m)	282.724	708.196	
지진시(H = 6.512 m)	212.938	656.953	
설계단면력	282.724	708.196	

3) 기초 설계

① 작용하중 집계표 : 『하중계산 참조』

구 분	수직력	수평력	작용거리		모멘트	
			X(m)	Y(m)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
1. 교대구체(평상시	399.629	-	2.731	2.286	1091.201	-
2. 교대구체(지진시	399.629	30.771	2.731	2.286	1091.201	70.356
3. 뒷채움재(평상시	187.436	-	4.577	4.433	857.871	-
4. 뒷채움재(지진시	187.436	14.433	4.577	4.433	857.871	63.982
5. 배면토압(평상시	-	157.024	-	2.537	-	398.422
6. 배면토압(지진시	-	181.940	-	3.806	-	692.464
7. 토압의 연직분력	23.239	-	4.833	-	112.322	-
8. 뒷채움 상재하중	17.000	20.629	4.450	3.806	75.650	78.514
9. 상부 고정하중	401.559	-	2.270	-	911.539	-
10. 상부활하중	204.484	-	2.270	-	464.179	-
11. 교량받침마찰력	-	60.234	-	4.100	-	246.976
12. 상부관성력	-	60.234	-	4.100	-	246.976

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	839.241	302.010	2887.389	810.791
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	824.791	302.010	2823.086	810.791
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	587.065	227.144	1949.072	826.802
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	1800.908	302.010	5070.374	810.791
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	1612.647	380.314	4611.519	1131.860
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	988.624	287.378	2860.611	1073.778

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시

가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

:활하중에 의한 수평력은 1.700의 하중계수를 적용한다.

D-고정하중, L-활하중, H-토압, E-지진하중, G-온도하중

COMB 1 = 1.300D + 2.150L + 1.700H

COMB 2 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G

COMB 3 = 1.000D + 1.000H + 1.000E

COMB 4 = 1.300D + 2.150L + 1.700H

COMB 5 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G

COMB 6 = 1.000D + 1.000H + 1.000E

③ 지반반력 산정

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN/m²)	Qmin(kN/m²)	X(m)
COMB 1	839.241	2076.596	0.176	189.830	126.864	7.423
COMB 2	824.791	2012.293	0.210	192.660	118.582	7.319
COMB 3	587.065	1122.270	0.738	203.352	18.182	5.735
COMB 4	1800.908	4259.580	0.285	449.333	230.255	7.096
COMB 5	1612.647	3479.657	0.492	473.840	134.706	6.473
COMB 6	988.624	1786.832	0.843	364.465	8.600	5.422

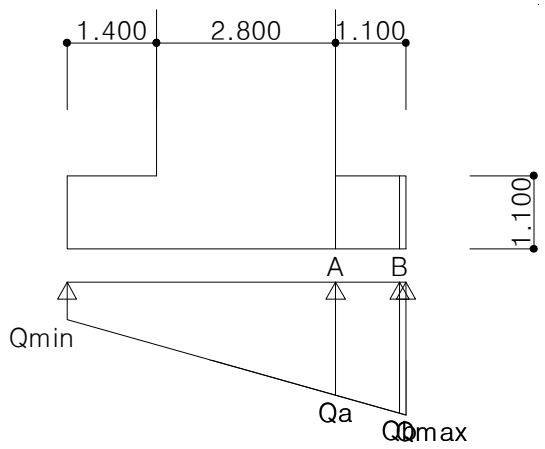
註) B : 기초의 폭원 (5.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{\max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{\min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우 => COMB 1,2,3,4,5,6

④ 전면저판(앞굽)의 단면력 계산



- 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.100 x 0.100 x 25.000 = 2.750 kN

Ma = 1.100 x 1.100 x 25.000 x 1.100 / 2 = 16.638 kN.m

- 지반반력에 의한 단면력

Vb = Qb x 0.100 + (Qmax - Qb) / 2 x 0.100

Ma = Qa x 1.100² / 2 + (Qmax - Qa) / 2 x 1.100² x 2/3

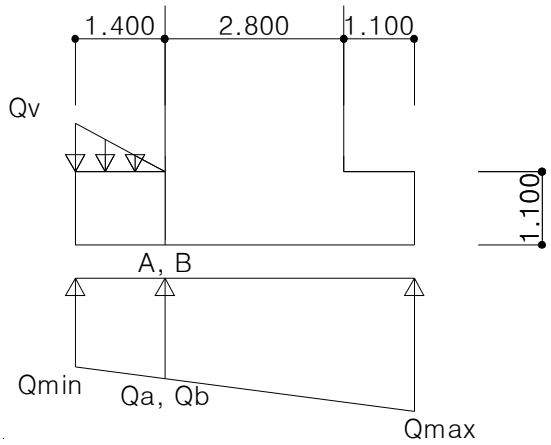
- 설계단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에의한 단면력		계수단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN/m²)	Qb(kN/m²)	Vb(kN/m²)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
COMB 1	189.830	176.762	188.642	18.924	112.212	15.349	90.583
COMB 2	192.660	177.285	191.262	19.196	113.458	15.621	91.83
COMB 3	203.352	164.920	199.858	20.161	115.278	17.411	98.64
COMB 4	449.333	403.864	445.200	44.727	262.677	41.152	241.048
COMB 5	473.840	403.454	467.441	47.064	272.479	43.489	250.85
COMB 6	364.465	290.607	357.751	36.111	205.607	33.361	188.969

註) 지반반력 산정시 하중계수가 적용되었으므로 지반반력에 의한 단면력에는
하중계수를 적용하지 않는다.
D-고정하중, L-활하중, H-토압, E-지진하중, G-온도하중

COMB 1 = 1.300D + 2.150L + 1.700H
COMB 2 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G
COMB 3 = 1.000D + 1.000H + 1.000E
COMB 4 = 1.300D + 2.150L + 1.700H
COMB 5 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G
COMB 6 = 1.000D + 1.000H + 1.000E

⑤ 후면저판(뒷굽)의 단면력 계산



- 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.100 x 1.400 x 25.000 = 38.500 kN
Ma = 1.100 x 1.400 x 25.000 x 1.400 / 2 = 26.950 kN.m

- 뒷채움 토사에 의한 단면력

Vb = 187.436 kN 『작용하중 집계표』 참조 = 187.436 kN
Ma = 187.436 x (4.577 - 3.900) = 126.870 kN.m

- 상재하중에 의한 단면력

Vb = 10.000 x 1.400 = 14.000 kN
Ma = 10.000 x 1.400 x 1.400 / 2 = 9.800 kN.m

- 토압의 연직분력에 의한 단면력 : 평상시

Pv = 1/2 x Ka x r x H^2 x sinδ

= 1/2 x 0.271 x 20.000 x 6.512^2 x sin11.667

= 23.239 kN

Qv = 2 x Pv / L

= 2 x 23.239 / 1.400

= 33.199 kN

Vb = 33.199 x 1.400 / 2 = 23.239 kN

Ma = 33.199 x 1.400 x 1.400 / 3 = 21.690 kN.m

- 지반반력에 의한 단면력

Vb = Qmin x 1.400 + (Qb - Qmin) / 2 x 1.400

Ma = Qmin x 1.400^2 / 2 + (Qa - Qmin) / 2 x 1.400^2 / 3

- 계수단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에의한 단면력		계수단면력	
	Qmin(kN)	Qa(kN/m^2)	Qb(kN/m^2)	Vb(kN/m^2)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
COMB 1	126.864	143.497	143.497	189.253	129.76	174.070	128.148
COMB 2	118.582	138.150	138.150	179.712	122.603	171.711	126.976
COMB 3	18.182	67.095	67.095	59.694	33.796	166.242	120.024
COMB 4	230.255	288.125	288.125	362.866	244.554	0.458	13.355
COMB 5	134.706	224.288	224.288	251.296	161.275	100.127	88.303
COMB 6	8.600	102.602	102.602	77.842	39.136	148.094	114.685

註) 지반반력 산정시 하중계수가 적용되었으므로 지반반력에 의한 단면력에는
하중계수를 적용하지 않는다.

D-고정하중, L-활하중, H-토압, E-지진하중, G-온도하중

COMB 1 = 1.300D + 2.150L + 1.700H

COMB 2 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G

COMB 3 = 1.000D + 1.000H + 1.000E

COMB 4 = 1.300D + 2.150L + 1.700H

COMB 5 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G

COMB 6 = 1.000D + 1.000H + 1.000E

6. 철근량 검토

1) 전면저판

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	1100.00	1000.00	100.00	250.85	43.49

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (1000.00 - 39.654) / 39.654 = 0.07265

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 990.946 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm), [사용률 = 2.313]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

As,temp = 0.0015 x 1000.0 x 1100.0 = 1650.000 mm²

As,req = 990.946 mm²

ρmin = Max(990.946, 1650.000) / bd = 0.00165

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00229

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (1000.00 - a/2) = 574.610 kN.m

≥ Mu (= 250.850 kN.m) ∴ O.K [안전률 2.291]

* 전단에 대한 검토 (d = 1000.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 1000.00 = 653.197 kN

≥ Vu (= 43.489 kN) , 전단보강 불필요.

* 0.0015hb 『도로교설계기준 4.3.9』

단, 단위면적당 1800 ㎟ 이하

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 150 = 3820.000 ㎟

필요철근량 : 0.0015 x 1100.0 x 1000.0 = 1650.000 ㎟ < 3820.000 ㎟ ∴ O.K

* 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

단면적대비 0.0020 이상

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 150 = 3820.000 ㎟

필요철근량 : 0.0020 x 1100.0 x 1000.0 = 2200.000 ㎟ < 3820.000 ㎟

(3820.000 / 1.000) = 3820.000 ㎟ > (1800㎟)

필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

2) 후면저판

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	1100.00	1000.00	100.00	128.15	174.07

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (1000.00 - 39.654) / 39.654 = 0.07265

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 504.413 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm), [사용률 = 4.544]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

As,temp = 0.0015 x 1000.0 x 1100.0 = 1650.000 mm²

As,req = 504.413 mm²

ρmin = Max(504.413, 1650.000) / bd = 0.00165

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00229

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (1000.00 - a/2) = 574.610 kN.m

≥ Mu (= 128.148 kN.m) ∴ O.K [안전률 4.484]

* 전단에 대한 검토 (d = 1000.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 1000.00 = 653.197 kN

≥ Vu (= 174.070 kN) , 전단보강 불필요.

* 0.0015hb 『도로교설계기준 4.3.9』

단, 단위면적당 1800 ㎟ 이하

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 150 = 3820.000 ㎟

필요철근량 : 0.0015 x 1100.0 x 1000.0 = 1650.000 ㎟ < 3820.000 ㎟ ∴ O.K

* 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

단면적대비 0.0020 이상

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 150 = 3820.000 ㎟

필요철근량 : 0.0020 x 1100.0 x 1000.0 = 2200.000 ㎟ < 3820.000 ㎟

(3820.000 / 1.000) = 3820.000 ㎟ > (1800㎟)

필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

3) 벽체 (H=6.512)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	2800.00	2700.00	100.00	708.20	282.72

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (2700.00 - 39.654) / 39.654 = 0.20127

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1031.505 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm), [사용률 = 2.222]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00085

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (2700.00 - a/2) = 1568.192 kN.m

≥ Mu (= 708.196 kN.m) ∴ O.K [안전률 2.214]

* 전단에 대한 검토 (d = 2700.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 2700.00 = 1763.633 kN

≥ Vu (= 282.724 kN) , 전단보강 불필요.

* 0.0015hb 『도로교설계기준 4.3.9』

h : 부재두께 b : 부재 폭

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 300 = 2865.000 ㎟

필요철근량 : 0.0015 x 2800.0 x 1000.0 = 4200.000 ㎟ > 2865.000 ㎟

(2865.000 / 1.000) = 2865.000 ㎟ > (1800㎟)

필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

* 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

단면적대비 0.0025 이상

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 300 = 2865.000 ㎟

필요철근량 : 0.0025 x 2800.0 x 1000.0 = 7000.000 ㎟ > 2865.000 ㎟

(2865.000 / 1.000) = 2865.000 ㎟ > (1800㎟)

필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

4) 흉벽

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	800.00	720.00	80.00	257.05	112.84

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (720.00 - 39.654) / 39.654 = 0.05147

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1420.686 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.613]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00318

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (720.00 - a/2) = 410.961 kN.m

≥ Mu (= 257.054 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.599]

* 전단에 대한 검토 (d = 720.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 720.00 = 470.302 kN

≥ Vu (= 112.843 kN) , 전단보강 불필요.

* 0.0015hb 『도로교설계기준 4.3.9』

h : 부재두께 b : 부재 폭

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 300 = 2865.000 ㎟

필요철근량 : 0.0015 x 800.0 x 1000.0 = 1200.000 ㎟ < 2865.000 ㎟ ∴ O.K

* 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

단면적대비 0.0025 이상

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 300 = 2865.000 ㎟

필요철근량 : 0.0025 x 800.0 x 1000.0 = 2000.000 ㎟ < 2865.000 ㎟

(2865.000 / 1.000) = 2865.000 ㎟ > (1800㎟)

필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

7. 사용성 검토

1) 흉벽 설계

① 윤하중에 의한 부재력

Pv = 114.60 x Ka

= 114.60 x 0.251 = 28.765 kN

Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)

= 114.60 x 0.251 x (3.912 - 0.36) = 102.164 kN.m

② 토압에 의한 부재력

Ph = 1/2 x Ka x r x H^2 x cos δ

= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 3.912^2 x cos11.667 = 37.613 kN

Me = 1/3 x H x Ph

= 1/3 x 3.912 x 37.613 = 49.044 kN.m

③ 설계 단면력 산정

Vs = 28.765 + 37.613 = 66.378 kN

Ms = 102.164 + 49.044 = 151.208 kN.m

2) 벽체 설계

① 작용하중 집계표 : H = 6.512 m 『하중계산 참조』

구 분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			평상시	지진시		
1. 교대구체(지진시)	19.549	2.183	-	1.000	19.549	42.681
2. 배면토압(평상시)	104.240	2.171	1.000	-	104.240	226.270
3. 배면토압(지진시)	133.155	3.256	-	1.000	133.155	433.553
4. 뒷채움 상재하중	16.007	3.256	1.000	-	16.007	52.119
5. 교량받침마찰력	60.234	3.000	1.000	-	60.234	180.719
6. 상부관성력	60.234	3.000	-	1.000	60.234	180.719

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출

: 검토위치(H = 1.100 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.

Ho = ∑(H② ~ H④) = 19.549 kN

Mo = ∑[H② x (y② - 1.100) ~ H④ x (y④ - 1.100)] = 42.681 kN.m

y = Mo / Ho = 42.681 / 19.549 = 2.183

② 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
설계단면력	180.481	459.108	

3) 기초 설계

① 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	627.304	177.653	2137.043	476.936
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	627.304	177.653	2137.043	476.936
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	587.065	227.144	1949.071	826.801
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	1233.347	177.653	3512.761	476.936
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+	1233.347	237.887	3512.761	723.913
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	988.624	287.378	2860.610	1073.778

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시

가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.

:활하중에 의한 수평력은 1.700의 하중계수를 적용한다.

② 지반반력 산정

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN/m²)	Qmin(kN/m²)	X(m)
COMB 1	627.304	1660.107	0.004	118.840	117.879	7.939
COMB 2	627.304	1660.107	0.004	118.840	117.879	7.939
COMB 3	587.065	1122.270	0.738	203.352	18.182	5.735
COMB 4	1233.347	3035.824	0.189	282.378	183.036	7.384
COMB 5	1233.347	2788.848	0.389	335.132	130.282	6.784
COMB 6	988.624	1786.832	0.843	364.465	8.600	5.422

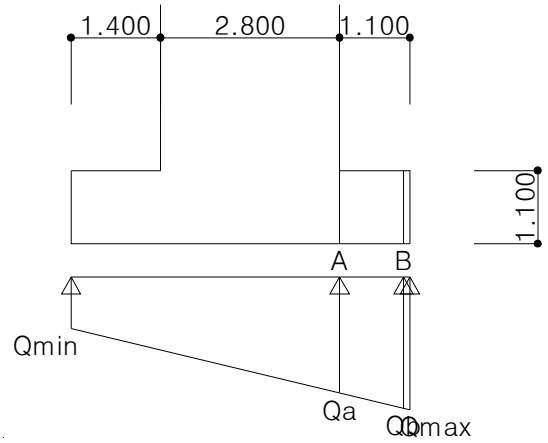
註) B : 기초의 폭원 (5.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{\max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{\min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우 => COMB 1,2,3,4,5,6

④ 전면저판(앞굽)의 단면력 계산



- 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.100 x 0.100 x 25.000 = 2.750 kN

Ma = 1.100 x 1.100 x 25.000 x 1.100 / 2 = 16.638 kN.m

- 지반반력에 의한 단면력

Vb = Qb x 0.100 + (Qmax - Qb) / 2 x 0.100

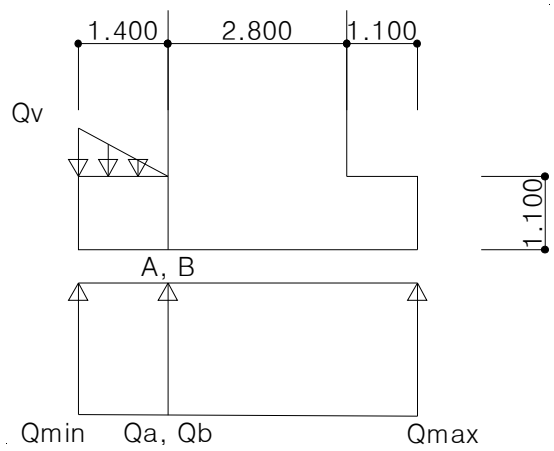
Ma = Qa x 1.100^2 / 2 + (Qmax - Qa) / 2 x 1.100^2 x 2/3

- 설계단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에의한 단면력		계수단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN/m^2)	Qb(kN/m^2)	Vb(kN/m^2)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
COMB 1	118.840	118.640	118.821	11.883	71.858	9.133	55.22
COMB 2	118.840	118.640	118.821	11.883	71.858	9.133	55.22
COMB 3	-	-	-	-	-	-	-
COMB 4	282.378	261.760	280.504	28.144	166.681	25.394	150.043
COMB 5	335.132	292.616	331.267	33.320	194.181	30.570	177.543
COMB 6	-	-	-	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(COMB 3,6)은 고려하지 않는다.

⑤ 후면저판(뒷굽)의 단면력 계산



- 기초자중에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 뒷채움 토사에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 상재하중에 의한 단면력 : 『단면설계』 참조

- 토압의 연직분력에 의한 단면력 : 평상시 -『단면설계』 참조

- 지반반력에 의한 단면력

  Vb = Qmin x 1.400 + (Qb - Qmin) / 2 x 1.400

  Ma = Qmin x 1.400² / 2 + (Qa - Qmin) / 2 x 1.400² / 3

- 계수단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에의한 단면력		계수단면력	
	Qmin(kN)	Qa(kN/m²)	Qb(kN/m²)	Vb(kN/m²)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
COMB 1	117.879	118.133	118.133	165.208	115.604	97.967	69.706
COMB 2	117.879	118.133	118.133	165.208	115.604	97.967	69.706
COMB 3	-	-	-	-	-	-	-
COMB 4	183.036	209.277	209.277	274.619	187.947	11.444	-2.637
COMB 5	130.282	184.393	184.393	220.272	145.352	42.903	39.958
COMB 6	-	-	-	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(COMB 3,6)은 고려하지 않는다.

4) 사용성 검토

① 전면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 177.543 x 1000000 / [2292.000 x (1000.000 - 163.804/3)]
= 81.936 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1000.0/(7x2292.000)]
= 163.804 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 19/2 = 90.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 81.94) - 2.5 x 90.50 = 734.87 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 81.94) = 768.89 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 734.87 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 734.87 mm) ∴ O.K

② 후면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 69.706 x 1000000 / [2292.000 x (1000.000 - 163.804/3)]
= 32.169 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1000.0/(7x2292.000)]
= 163.804 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 19/2 = 90.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 32.17) - 2.5 x 90.50 = 2221.75 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 32.17) = 1958.40 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 1958.40 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 1958.40 mm) ∴ O.K

③ 벽체 (H=6.512)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 459.108 x 1000000 / [2292.000 x (2700.000 - 278.736/3)]
= 76.832 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x2700.0/(7x2292.000)]
= 278.736 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 19/2 = 90.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 76.83) - 2.5 x 90.50 = 798.71 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 76.83) = 819.97 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 798.71 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 798.71 mm) ∴ O.K

④ 흉벽

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 151.208 x 1000000 / [2292.000 x (720.000 - 136.798/3)]
= 97.823 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x720.0/(7x2292.000)]
= 136.798 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

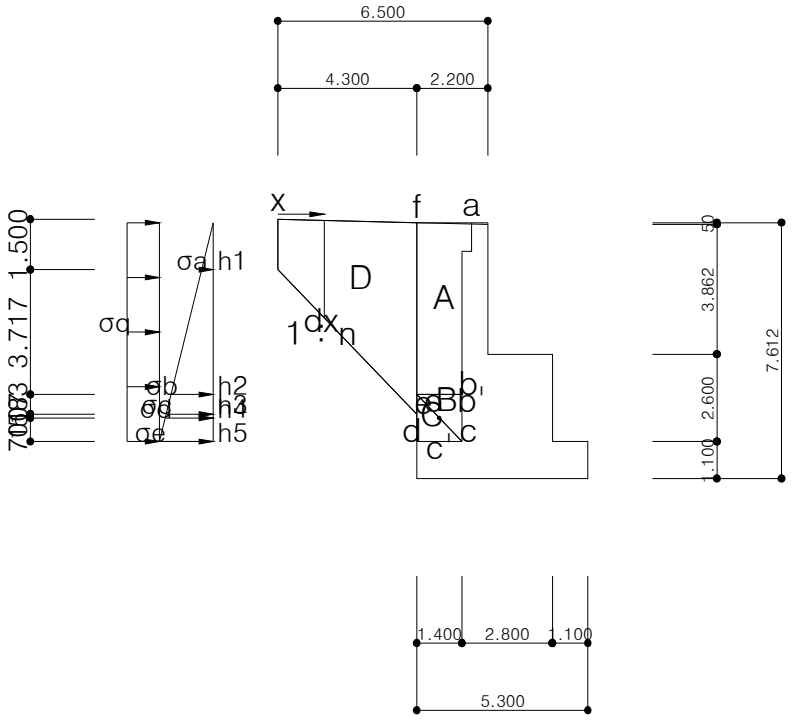
Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 97.82) - 2.5 x 70.50 = 628.77 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 97.82) = 644.02 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 628.77 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 628.77 mm) ∴ O.K

8. 날개벽 설계

1) 좌측 날개벽

(1) 단면력 산정

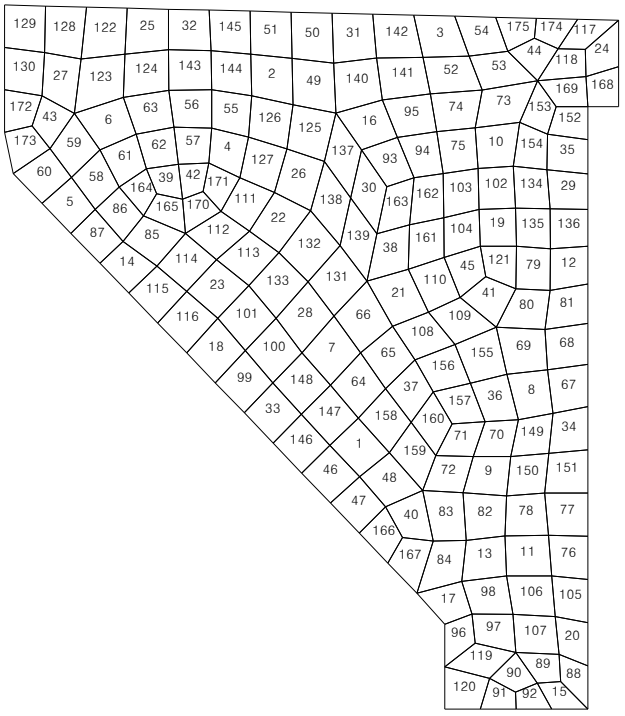


U = 1.700 · H + 1.700 · L

정지토압계수 Ko = 1 - sinΦ = 1 - sin(35.0 °) = 0.426

3D Plate 해석 시 자중은 프로그램 내부에서 고려됨.

① 해석 모델



② 설계 단면력 집계

- 계수하중 단면력 집계

구 분	단면 D	단면 A	단면 B	단면 C
모멘트(kN.m)	160.006	362.457	123.404	167.972
전단력(kN)	105.734	176.051	137.71	206.029

- 사용하중 단면력 집계

구 분	단면 D	단면 A	단면 B	단면 C
모멘트(kN.m)	94.121	213.21	72.59	98.807
전단력(kN)	62.196	103.56	81.006	121.194

(2) 철근량 검토

① D(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	160.01	105.73

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2026.800 x 300.00 = 608040.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 29.806 mm, c = 29.806 / β1 = 29.806 / 0.85 = 35.066 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 35.066) / 35.066 = 0.04149

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1228.004 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2026.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.650]

1단 : D25 - 4.0 EA (= 2026.8 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00390

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 29.806 mm

ΦMn = 0.85 x 2026.800 x 300 x (520.00 - a/2) = 261.051 kN.m

≥ Mu (= 160.006 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.632]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 105.734 kN) , 전단보강 불필요.

② A(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	362.46	176.05

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 4053.600 x 300.00 = 1216080.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 59.612 mm, c = 59.612 / β1 = 59.612 / 0.85 = 70.131 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 70.131) / 70.131 = 0.01924

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2848.168 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 4053.6 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.423]

1단 : D25 - 8.0 EA (= 4053.6 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00780

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 59.612 mm

ΦMn = 0.85 x 4053.600 x 300 x (520.00 - a/2) = 506.698 kN.m

≥ Mu (= 362.457 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.398]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 176.051 kN) , 전단보강 불필요.

③ B(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	123.40	137.71

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 39.654) / 39.654 = 0.03634

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 943.228 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 2.430]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00441

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (520.00 - a/2) = 294.069 kN.m

≥ Mu (= 123.404 kN.m) ∴ O.K [안전률 2.383]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 137.710 kN) , 전단보강 불필요.

④ C(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	167.97	206.03

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 39.654) / 39.654 = 0.03634

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1290.299 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.776]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00441

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (520.00 - a/2) = 294.069 kN.m

≥ Mu (= 167.972 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.751]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 206.029 kN) , 전단보강 불필요.

(3) 사용성 검토

① D(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 94.121 x 1000000 / [2026.800 x (520.000 - 108.109/3)]
= 95.954 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2026.800/1000.0 + 7x2026.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2026.800)]
= 108.109 mm

사용철근량 = 2026.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D25 - 4.0 EA (= 2026.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 25/2 = 67.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 95.95) - 2.5 x 67.50 = 651.96 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 95.95) = 656.56 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 651.96 mm 를 적용
S = 1000.00 / 4.0 EA = 250.00 ≤ Sa (= 651.96 mm) ∴ O.K

② A(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 213.210 x 1000000 / [4053.600 x (520.000 - 145.738/3)]
= 111.573 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x4053.600/1000.0 + 7x4053.600/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x4053.600)]
= 145.738 mm

사용철근량 = 4053.6 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D25 - 8.0 EA (= 4053.6 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 25/2 = 67.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 111.57) - 2.5 x 67.50 = 537.07 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 111.57) = 564.65 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 537.07 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 537.07 mm) ∴ O.K

③ B(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 72.590 x 1000000 / [2292.000 x (520.000 - 114.122/3)]

= 65.714 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2292.000)]

= 114.122 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm)

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 65.71) - 2.5 x 70.50 = 1022.13 mm

300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 65.71) = 958.71 mm

습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 958.71 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 958.71 mm) ∴ O.K

④ C(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 98.807 x 1000000 / [2292.000 x (520.000 - 114.122/3)]

= 89.446 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2292.000)]

= 114.122 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm)

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 89.45) - 2.5 x 70.50 = 704.17 mm

300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 89.45) = 704.33 mm

습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

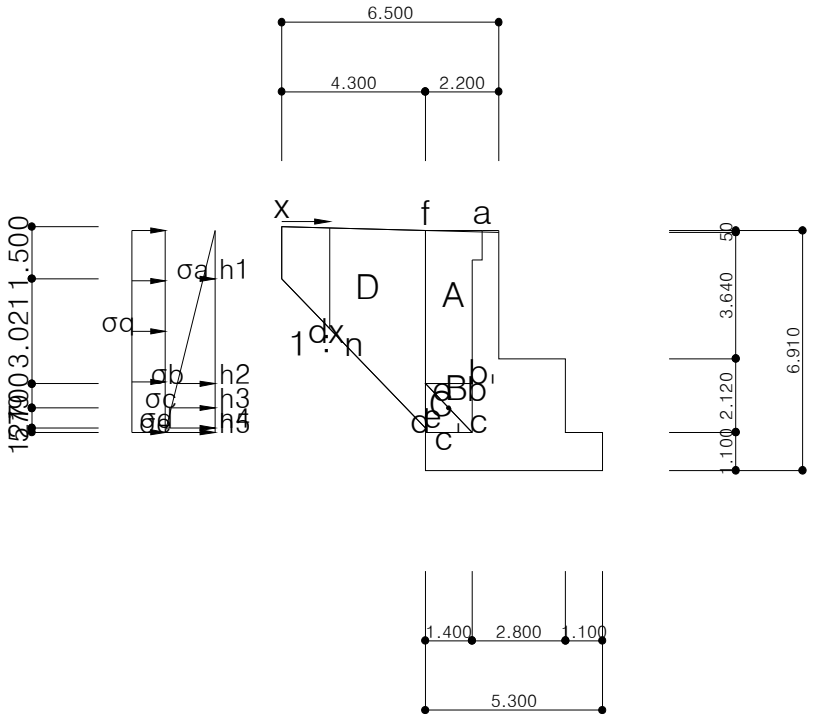
Sa는 작은 값인 704.17 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 704.17 mm) ∴ O.K

8. 날개벽 설계

2) 우측 날개벽

(1) 단면력 산정

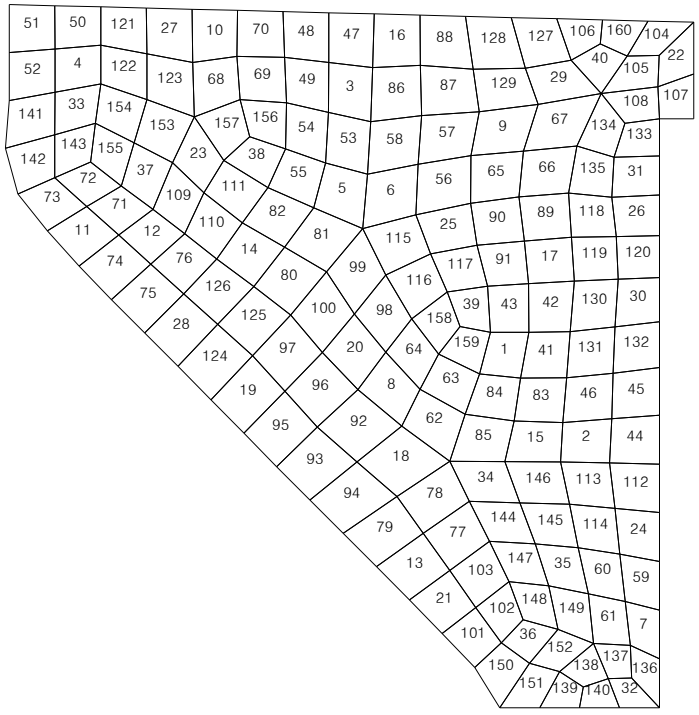


U = 1.700 · H + 1.700 · L

정지토압계수 Ko = 1 - sinΦ = 1 - sin(35.0°) = 0.426

3D Plate 해석 시 자중은 프로그램 내부에서 고려됨.

① 해석 모델



② 설계 단면력 집계

- 계수하중 단면력 집계

구 분	단면 D	단면 A	단면 B	단면 C
모멘트(kN.m)	180.607	361.512	189.465	213.874
전단력(kN)	130.035	174.385	137.392	366.346

- 사용하중 단면력 집계

구 분	단면 D	단면 A	단면 B	단면 C
모멘트(kN.m)	106.24	212.654	111.45	125.808
전단력(kN)	76.491	102.579	80.819	215.498

(2) 철근량 검토

① D(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	180.61	130.04

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2026.800 x 300.00 = 608040.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 29.806 mm, c = 29.806 / β1 = 29.806 / 0.85 = 35.066 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 35.066) / 35.066 = 0.04149

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1389.341 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2026.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.459]

1단 : D25 - 4.0 EA (= 2026.8 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00390

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 29.806 mm

ΦMn = 0.85 x 2026.800 x 300 x (520.00 - a/2) = 261.051 kN.m

≥ Mu (= 180.607 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.445]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 130.035 kN) , 전단보강 불필요.

② A(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	361.51	174.39

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 4053.600 x 300.00 = 1216080.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 59.612 mm, c = 59.612 / β1 = 59.612 / 0.85 = 70.131 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 70.131) / 70.131 = 0.01924

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2840.419 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 4053.6 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.427]

1단 : D25 - 8.0 EA (= 4053.6 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00780

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 59.612 mm

ΦMn = 0.85 x 4053.600 x 300 x (520.00 - a/2) = 506.698 kN.m

≥ Mu (= 361.512 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.402]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 174.385 kN) , 전단보강 불필요.

③ B(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	189.47	137.39

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 39.654) / 39.654 = 0.03634

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1458.942 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.571]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00441

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (520.00 - a/2) = 294.069 kN.m

≥ Mu (= 189.465 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.552]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 137.392 kN) , 전단보강 불필요.

④ C(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	213.87	366.35

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 39.654) / 39.654 = 0.03634

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1651.496 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.388]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00441

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (520.00 - a/2) = 294.069 kN.m

≥ Mu (= 213.874 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.375]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

< Vu (= 366.346 kN) , 전단보강 필요.

Av_req = (366.346-339.663) x 250.00 / (300x520.00xΦ) x 1000 = 53.453 mm²

Av_use = 253.400 mm² (D13-2.0 EA, C.T.C 250 mm)

Vs = 253.400 x 300.0 x 520.00 / 250.00 x 1000 = 158.122 kN

Vs_Max = 2√24.0 / 3 x 1000.00 x 520.00 / 1000 = 1698.313 kN ≥ 158.122 kN ∴ O.K

s = 250.000 ≤ 260.000 (d/2, 600 mm) 콘.설 7.4.2 ∴ O.K

ΦVn = 0.80 x (424.578 + 158.122) = 466.160 kN ≥ 366.346 kN ∴ O.K

(3) 사용성 검토

① D(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 106.240 x 1000000 / [2026.800 x (520.000 - 108.109/3)]
= 108.309 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2026.800/1000.0 + 7x2026.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2026.800)]
= 108.109 mm

사용철근량 = 2026.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D25 - 4.0 EA (= 2026.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 25/2 = 67.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 108.31) - 2.5 x 67.50 = 558.34 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 108.31) = 581.67 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 558.34 mm 를 적용
S = 1000.00 / 4.0 EA = 250.00 ≤ Sa (= 558.34 mm) ∴ O.K

② A(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 212.654 x 1000000 / [4053.600 x (520.000 - 145.738/3)]
= 111.282 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x4053.600/1000.0 + 7x4053.600/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x4053.600)]
= 145.738 mm

사용철근량 = 4053.6 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D25 - 8.0 EA (= 4053.6 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 25/2 = 67.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 111.28) - 2.5 x 67.50 = 538.91 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 111.28) = 566.13 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 538.91 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 538.91 mm) ∴ O.K

③ B(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 111.450 x 1000000 / [2292.000 x (520.000 - 114.122/3)]
= 100.891 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2292.000)]
= 114.122 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 100.89) - 2.5 x 70.50 = 604.29 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 100.89) = 624.43 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 604.29 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 604.29 mm) ∴ O.K

④ C(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 125.808 x 1000000 / [2292.000 x (520.000 - 114.122/3)]
= 113.890 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2292.000)]
= 114.122 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 113.89) - 2.5 x 70.50 = 515.21 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 113.89) = 553.17 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 515.21 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 515.21 mm) ∴ O.K

9. 접속슬래브 검토

1) 지간 및 하중 산정

① 설계조건

- 접속판 길이(교축방향)의 70%를 지간으로 하는 단순보로 계산한다.

  Lp = 0.70 x 7.000 = 4.9 m

- 등분포 고정하중

  W1 = 23.000 x 0.050 = 1.150 kN/m ; 접속판위의 포장

  W2 = 25.000 x 0.450 = 11.250 kN/m ; 접속판의 자중

  Wd = 1.150 + 11.250 = 12.400 kN/m

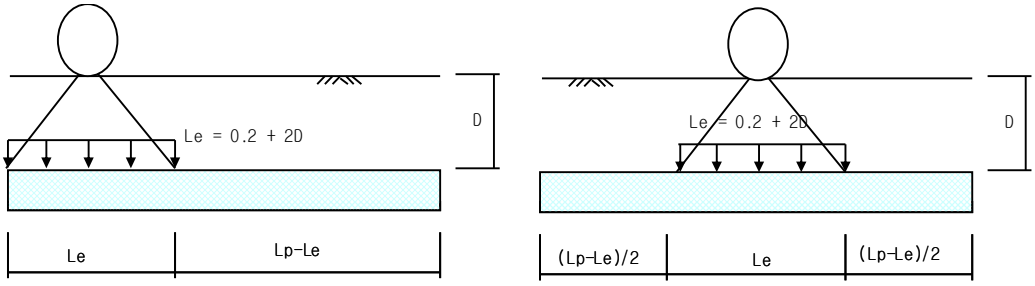
② 고정하중에 의한 부재력

Vd = 12.400 x 4.900 / 2 = 30.380 kN/m

Md = 12.400 x 4.900² / 8 = 37.215 kN.m/m

③ 활하중에 의한 부재력

활하중은 DB-24하중을 재하하기로 한다. 충격계수(i)는 0.3으로 한다.



Ps = 2 x 96.0 x (1 + i) / [3.000 x (0.200 + 2D)]

= 2 x 96.000 x (1 + 0.300) / [3.000 x (0.200 + 2 x 0.050)]

= 277.333 kN/m²

Vl = Ps x Le - (Ps x Le²) / (2 x Lp)

= 277.333 x 0.300 - (277.333 x 0.300²) / (2 x 4.900)

= 80.653 kN

Ml = Ps x Lp/2 x Le/2 - Ps x Le/2 x Le/4

= 277.333 x 4.900/2 x 0.300/2 - 277.333 x 0.300/2 x 0.300/4

= 98.800 kN.m

④ 단면력 산정

Vu = (1.30 x Vd + 2.15 x Vl)

= 1.30 x 30.380 + 2.15 x 80.653

= 212.898 kN

Mu = (1.30 x Md + 2.15 x Ml)

= 1.30 x 37 + 2.15 x 99

= 260.800 kN.m

2) 단면력 검토

* 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	450.00	370.00	80.00	260.80	212.90

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 3096.800 x 400.00 = 1238720.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 1000.000 = 22950.000 x a

T = C 이므로, a = 53.975 mm, c = 53.975 / β1 = 53.975 / 0.85 = 63.500 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (370.00 - 63.500) / 63.500 = 0.01448

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2185.647 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.417]

1단 : H22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350

0.25 √fck / fy = 0.00325 , ρmin = 0.00350 적용

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00837

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 53.975 mm

ΦMn = 0.85 x 3096.800 x 400 x (370.00 - a/2) = 361.162 kN.m

≥ Mu (= 260.800 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.385]

* 전단에 대한 검토 (d = 370.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 1000.00 x 370.00 = 256.344 kN

≥ Vu (= 212.898 kN) , 전단보강 불필요.

* 주철근비(주철근이 차량 진행방향에 평행) [도로교설계기준 P.359]

55/√(4.900) = 24.85% < 최대 50 % 중 작은값 이상

소요 주철근 : 2185.6 ㎟

필요 철근량 : 2185.6 x 0.248 = 543.1 ㎟ < 1910.0 ㎟ ∴ O.K

* 단면적비(온도 및 건조수축 철근) [콘크리트구조설계기준 5.7.2]

단면적대비 0.0020 이상

필요철근량 : 0.0020 x B x T

= 0.0020 x 1000 x 450 = 900.0 ㎟ < 2865.000 ㎟ ∴ O.K

3) 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 136.016 x 1000000 / [3096.800 x (370.000 - 106.819/3)]

= 131.346 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x3096.800/1000.0 + 7x3096.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x370.0/(7x3096.800)]

= 106.819 mm

사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm)

1단 : H22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 22/2 = 69.00 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 131.35) - 2.5 x 69.00 = 427.06 mm

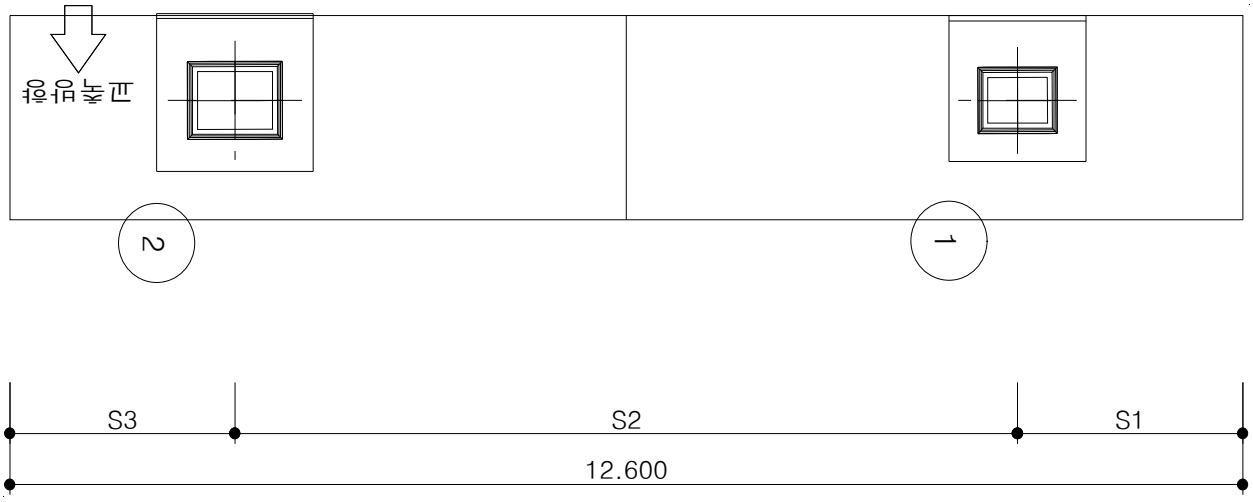
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 131.35) = 479.65 mm

습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 427.06 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 427.06 mm) ∴ O.K

10. 교좌부 검토



1) 받침 연단거리 검토

① 필요 연단거리

- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 S = 200 + 5.0L

S = 200 + 5.0 x 82.000 = 610.000 mm

② 실제 연단거리

구 분	필요연단	받침 규격		연단거리	비 고
		교축방향	직각방향		
1	610.000	450.000	610.000	945.000	O.K
2	610.000	566.000	766.000	887.000	O.K

2) 최소 받침지지 길이 검토

① 최소 받침지지 길이

- 사각이 90.0° 이므로 받침선과 교축직각방향의 사잇각은 0.00°

N = (200 + 1.67 x L + 6.66 x H) x (1 + 0.000125 x θ²) mm

= (200 + 1.67 x 257.000 + 6.66 x 7.750) x (1 + 0.000125 x 0.00²)

= 680.805 mm

② 실제 받침지지 길이

N1 = 2000 - 180 - 50 = 1770 mm ≥ 681 mm ∴ O.K

3) 교량받침 수직력, 수평력 검토

구 분	수직력			수평력		
	허용값	상부반력	비 고	허용값	탄성지진력	비 고
SHOE 1	3500.000	2906.541	O.K	465.000	407.350	O.K
SHOE 2	5500.000	4885.404	O.K	607.000	591.413	O.K

- 탄성지진력은 응답수정계수(R = 0.8)를 고려한 값이며 내진장치 불필요

4) 교량받침 보강 철근 검토

① 교량받침에 작용하는 하중

구 분	수직력	수평력		보강범위(mm)		비 고
		교축방향	직각방향	교축방향	직각방향	
1	2906.541	236.783	306.278	1780.000	2545.000	
2	4885.404	423.171	444.671	1936.000	2603.000	

탄성지진력은 응답수정계수(R = 0.8)를 고려한 값

② 교량받침 하면 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	5453.939	8516.200	O.K	5917.243	8516.200	O.K
2	8994.009	10064.600	O.K	9478.346	10064.600	O.K

③ 교량받침 콘크리트 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	1578.551	13752.000	O.K	2041.855	13752.000	O.K
2	2821.141	14898.000	O.K	2964.474	14898.000	O.K

5) 교량받침 하면 보강 : 교량받침 2

① 교량받침에 작용하는 하중

- 연직하중 : 최대반력

  P = 4885.404 kN

- 교축방향 수평하중 : 탄성지진력, 온도변화의 영향

  Hx1 = 3244.312 x 0.150 / 1.15 = 423.171 kN

  Hx2 = 368.813 / 1.33 = 277.303 kN

  ☞ 수평력은 Hx1, Hx2 중 큰 값인 423.171 kN를 적용한다.

- 교축직각방향 수평하중 : 탄성지진력, 풍하중의 영향

  B/D = 12.600 / 0.000 = 0.000 [8≤B/D]

  W1 = 2.4 x 0.000 = 0.000 kN/m² < 6.0 이므로

  Hy1 = 6.000 x 82.000 / 2 / 2EA / 1.25 = 98.400 kN

  Hy2 = 591.412 / 1.33 = 444.671 kN

  ☞ 수평력은 Hy1, Hy2 중 큰 값인 444.671 kN를 적용한다.

② 연직하중에 대한 보강

b1x = 566.000 mm b1y = 766.000 mm

b2x = 1170.000 mm b2y = 2300.000 mm

bcx = 2 x b2x = 2340.000 mm < 5 x b1x = 2830.000 mm

bcy = 2 x b2y = 4600.000 mm > 5 x b1y = 3830.000 mm

Asx1 = 1/4 x (1 - b1x/bcx) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 566.000/2340.000) x 4885.404 x 10^3 /150.000

= 6172.868 mm²

Asy1 = 1/4 x (1 - b1y/bcy) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 766.000/3830.000) x 4885.404 x 10^3 /150.000

= 6513.872 mm²

③ 수평하중에 대한 보강

Asx2 = Hx/fsa

= 423.171 x 10^3 / 150.000

= 2821.141 mm²

Asy2 = Hy/fsa

= 444.671 x 10^3 / 150.000

= 2964.474 mm²

④ 철근 보강 범위

- 교축직각방향 철근보강 범위

Bxo = b1x + b2y = 566.000 + 2300.000 = 2866.000 mm

여기서, 교좌중심에서의 연단거리 1170.000 mm가 Bxo/2 = 1433.000 mm보다 작으므로 보정필요

Bxo = b2x + (b1x + b2y)/2 = 1170.000 + (566.000+2300.000)/2 = 2603.000 mm

- 교축방향 철근보강 범위

Byo = b1y + b2x = 766.000 + 1170.000 = 1936.000 mm

⑤ 철근량 산정

- 교축직각방향

Asy = Asy1 + Asy2 = 6513.872 + 2964.474 = 9478.346 mm²

Bxo = 2603.000 mm 범위내에서 D22 - 26 EA

As = 387.100 x 26 = 10064.600 mm² ∴ O.K

- 교축방향

Asx = Asx1 + Asx2 = 6172.868 + 2821.141 = 8994.009 mm²

Byo = 1936.000 mm 범위내에서 D22 - 26 EA

As = 387.100 x 26 = 10064.600 mm² ∴ O.K

(3) 받침 콘크리트 제원 산정

① 교축방향

전면길이 (받침전면에서의 길이를 기준으로 한다.) 결정값(Lbx1) = 448.0 mm

최대가능길이 Lbx,max1 = 448.0 mm

지압저항길이 b3x = ha x 2 + 100mm = 117 x 2 + 100 = 334 mm

* b2중 최대값을 사용하되 최대가능길이는 초과할 수 없다.

배면길이 (받침전면에서의 길이를 기준으로 한다.) 결정값(Lbx1) = 800.0 mm

최대가능길이 Lbx,max1 = 800.0 mm

지압저항길이 b3x = ha x 2 + 100mm = 117 x 2 + 100 = 334 mm

받침콘크리트 제원

배면길이 + 받침길이 + 전면길이 =

800 + 1430 + 448.0 = 2678 mm

코핑제원 코핑폭 = 2800 mm

배면길이 + 받침길이 + 전면길이 =

800.0 + 1430 + 448.0 = 2678 mm

② 교축직각방향

내측받침(받침전면에서의 길이를 기준으로 한다.) 결정값(Lbx1) = 1501 mm

최대가능길이 Lbx,max1 = 1501 mm

지압저항길이 b3x = ha x 2 + 100mm = 117 x 2 + 100 = 334 mm

* b2중 최대값을 사용하되 최대가능길이는 초과할 수 없다.

받침콘크리트 제원

좌측길이 + 받침길이 + 우측길이 =

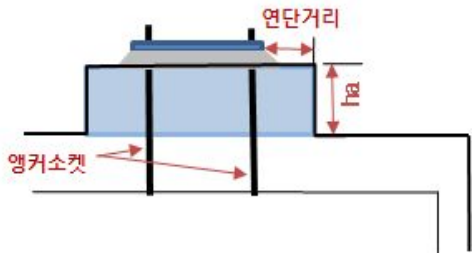
1501 + 1600 + 1501.0 = 4602 mm

코핑제원 코핑폭 = 2800 mm

좌측길이 + 받침길이 + 우측길이(받침중심간거리)

1501.0 + 1600 + 1501.0 = 4602 mm

(4) 지압검토



1) 지압에 대한 검토

받침 콘크리트의 연단거리가 받침 콘크리트 높이(ha)의 2배 이상이면 지압에 대한 검토는 생략한다.

받침콘크리트 높이(ha) = 117 mm

교축방향 연단거리 = Min(448 , 800) = 448 mm

> 117 x 2 = 234.0 mm **지압에 대한 검토가 필요없음**

교축직각방향 연단거리 = Min(1501 , 1501) = 1501 mm

> 117 x 2 = 234.0 mm **지압에 대한 검토가 필요없음**

6) 교량받침 콘크리트 보강 : 교량받침 2

① 교축직각방향

As2 = Hy/fsa = 444.671 x 10^3 / 150.000 = 2964.474 mm^2

사용철근 : D19 - 26 EA + D19 - 26 EA

As = 286.500 x 26 + 286.500 x 26 = 14898.000 mm^2 ∴ O.K

② 교축방향

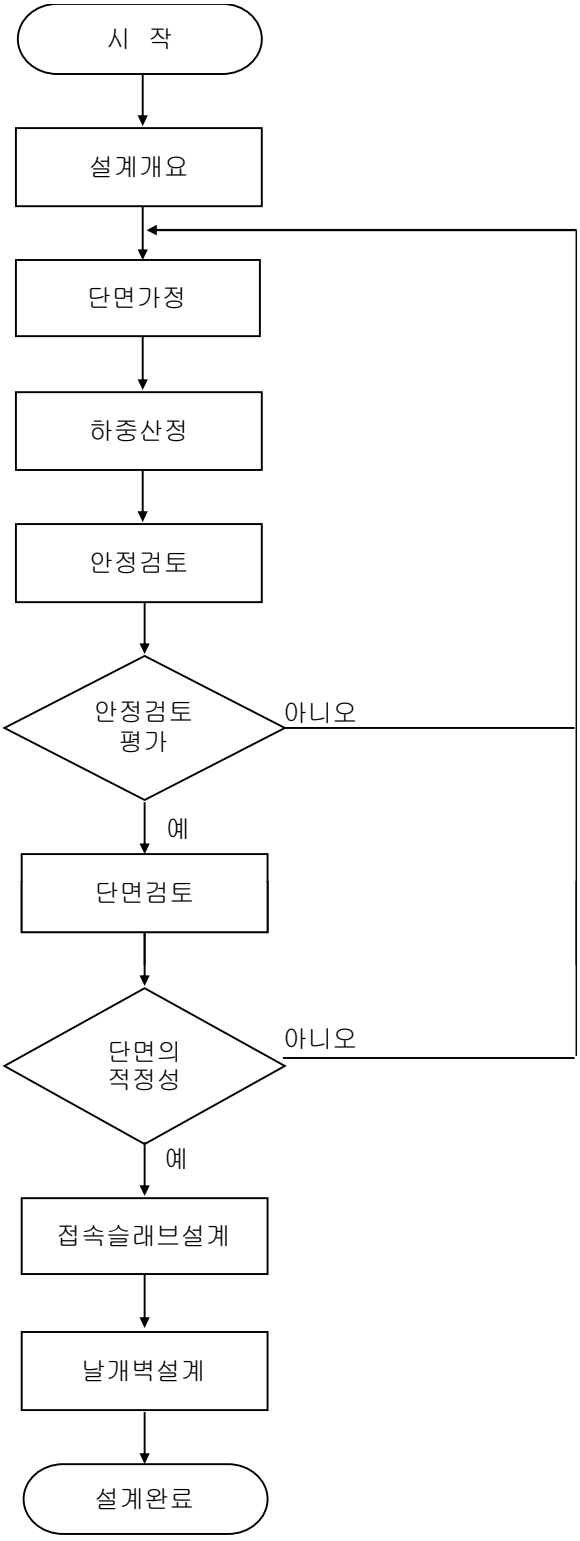
As1 = Hx/fsa = 423.171 x 10^3 / 150.000 = 2821.141 mm^2

사용철근 : D19 - 26 EA + D19 - 26 EA

As = 286.500 x 26 + 286.500 x 26 = 14898.000 mm^2 ∴ O.K

종점 교대

▣ 설계단계 흐름도


시 작
설계개요
단면가정
하중산정
안정검토
안정검토
평가
아니오
예
단면검토
단면의
적정성
아니오
예
접속슬래브설계
날개벽설계
설계완료

목 차

▣ 해 석 결 과 요 약
- ■ 말뚝 안정검토 및 응력검토
- ■ 단면 휨 설계
- ■ 사용성 검토
- ■ 주철근 조립도

1. 설 계 조 건

2. 단 면 가 정

3. 하 중 계 산
- 1) 자중 및 관성력
- 2) 배면토에 의한 토압
- 3) 상부구조에 의한 하중
- 4) 뒷채움 지표면의 상재하중

4. 안 정 검 토
- 1) 하중집계 및 조합
- 2) 전도에 대한 안정
- 3) 활동에 대한 안정
- 4) 지지력에 대한 안정

5. 단 면 설 계
- 1) 흉벽 설계
- 2) 벽체 설계
- 3) 기초 설계

6. 철근량 검토

7. 사 용 성 검 토
- 1.1 흉벽 설계
- 2.2 벽체 설계
- 3.3 기초 설계
- 4.4 사용성 검토

8. 날 개 벽 설 계
- 1) 좌측 날개벽
- 2) 우측 날개벽

9. 접 속 슬 래 브 설 계
- 1) 지간 및 하중 산정
- 2) 단면력 검토
- 3) 사용성 검토

10. 교 량 받 침 부 검 토
- 1) 받침 연단거리 검토
- 2) 최소 받침지지 길이 검토
- 3) 교량받침 수직력, 수평력 검토
- 4) 교량받침 보강 철근 검토
- 5) 교량받침 하면 보강
- 6) 교량받침 콘크리트 보강

11. 말 뚝 계 산
- 1) 설계조건
- 2) 말뚝도심에서의 작용하중
- 3) 말뚝의 특성치 계산
- 4) 말뚝의 변위 및 부재력
- 5) 말뚝의 안정성 검토
- 6) 말뚝과 확대기초의 결합부 검토

▣ 결과 요약

■ 말뚝 안정검토 및 응력검토

구 분		허용값	발생값	비 고
평상시	허용지지력(kN/EA)	1210.564	764.755	O.K
	허용인발력(kN/EA)	412.550	-	O.K
	휨응력(MPa)	133.000	126.337	O.K
	전단응력(MPa)	76.000	15.177	O.K
	수평변위(mm)	15.000	13.928	O.K
지진시	허용지지력(kN/EA)	1815.847	744.584	O.K
	허용인발력(kN/EA)	618.825	-	O.K
	휨응력(MPa)	199.500	111.913	O.K
	전단응력(MPa)	114.000	18.322	O.K
	수평변위(mm)	15.000	9.475	O.K

■ 단면 휨 설계

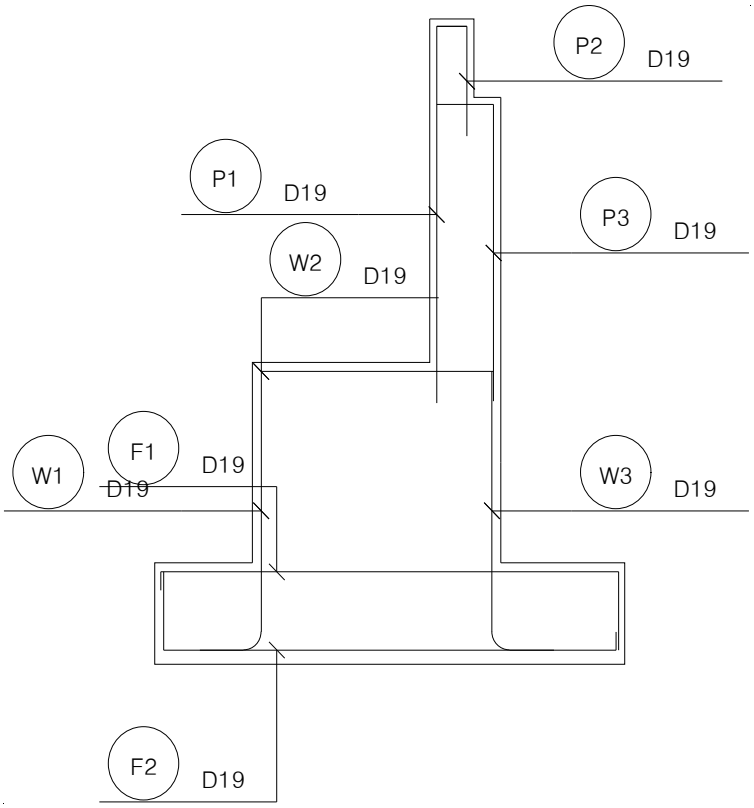
단면위치		깊이 H(mm)	dc (mm)	Req. As (㎟)	사용철근량 (㎟)	Mu (kN.m)	ΦMn (kN.m)	안전도	비고
전면저판		1100	150	1178.79	2292	282.957	545.387	1.927	O.K
후면저판		1100	100	501.102	2292	127.31	574.61	4.513	O.K
벽체 (H=6.206)		2800	100	921.019	2292	632.531	1568.192	2.479	O.K
흉벽		800	80	1347.06	2292	243.918	410.961	1.685	O.K
좌측날개벽	D(T=600 mm)	600	80	1103.39	1548.4	144.027	200.822	1.394	O.K
	A(T=600 mm)	600	80	2106.15	3096.8	270.959	392.654	1.449	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	1026.77	2292	134.173	294.069	2.192	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	1776.14	3096.8	229.6	392.654	1.71	O.K
우측날개벽	D(T=600 mm)	600	80	997.222	1548.4	130.367	200.822	1.54	O.K
	A(T=600 mm)	600	80	2124.64	3096.8	273.263	392.654	1.437	O.K
	B(T=600 mm)	600	80	912.915	2292	119.49	294.069	2.461	O.K
	C(T=600 mm)	600	80	1312.27	2292	170.778	294.069	1.722	O.K

■ 사용성 검토

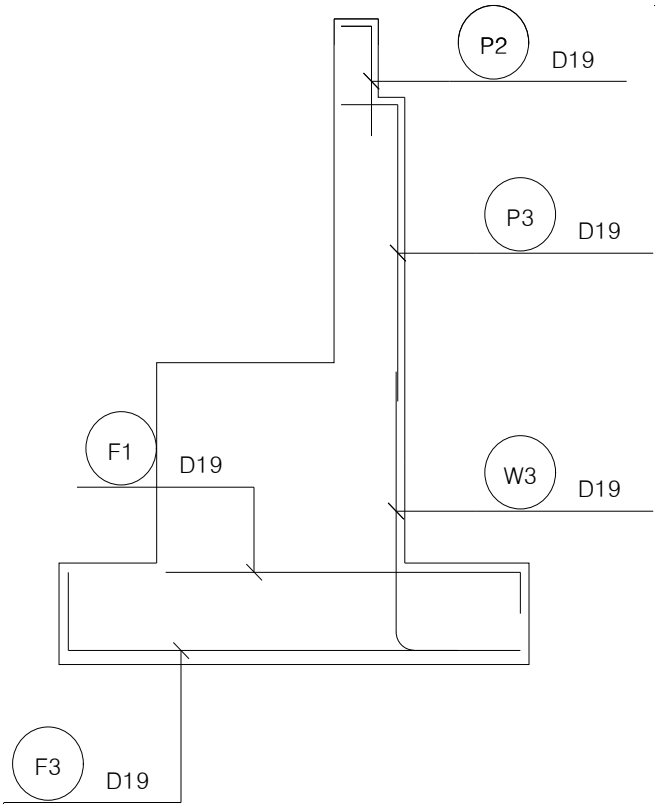
구 분		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
전면저판		98.198	150	125	450.704	O.K
후면저판		41.503	150	125	1517.968	O.K
벽체 (H=6.206)		68.905	150	125	914.306	O.K
흉벽		92.824	150	125	672.126	O.K
좌측날개벽	D(T=600 mm)	112.113	150	250	529.913	O.K
	A(T=600 mm)	107.978	150	125	556.816	O.K
	B(T=600 mm)	71.448	150	125	881.759	O.K
	C(T=600 mm)	91.497	150	125	688.189	O.K
우측날개벽	D(T=600 mm)	101.48	150	250	603.513	O.K
	A(T=600 mm)	108.896	150	125	550.666	O.K
	B(T=600 mm)	63.629	150	125	990.11	O.K
	C(T=600 mm)	90.94	150	125	689.701	O.K

▣ 주철근 조립도

- ① Cycle (CTC = 250)

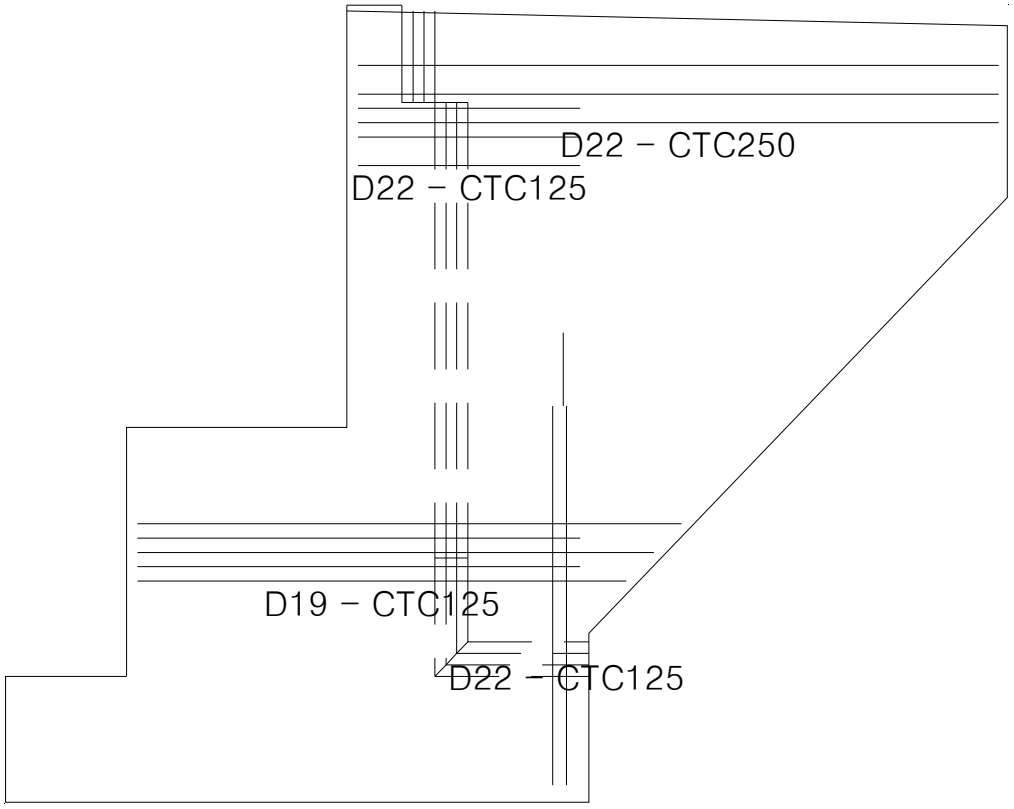


- ② Cycle (CTC = 250)

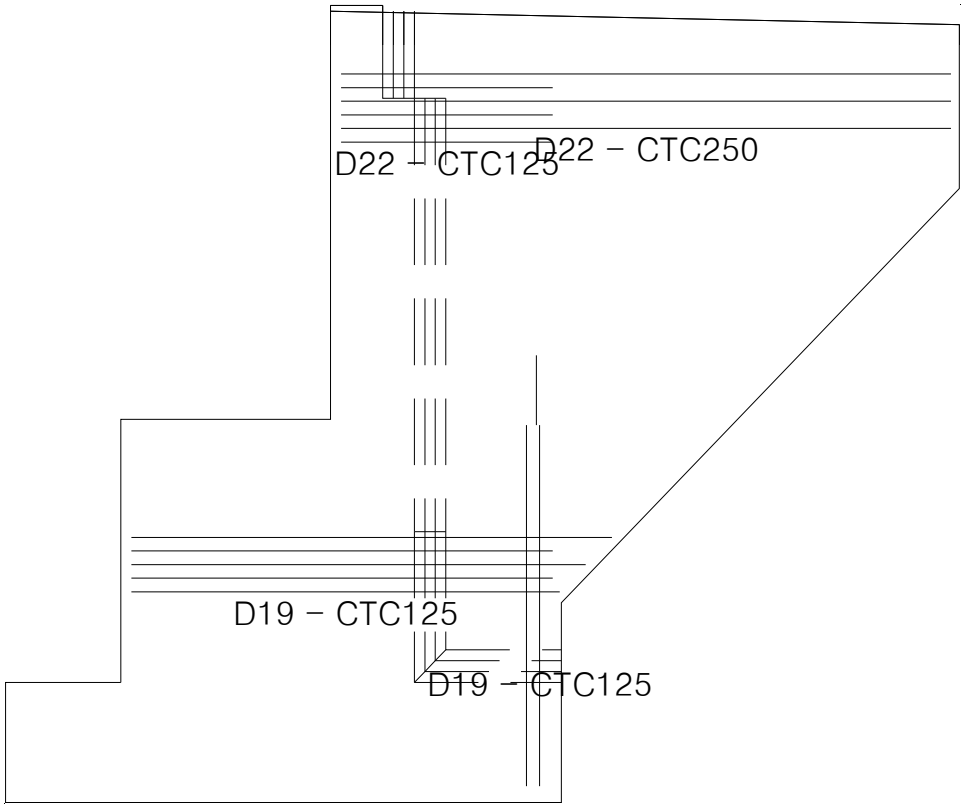


▣ 주철근 조립도

- 좌측날개벽



- 우측날개벽



1. 설 계 조 건

1) 일 반 사 항

(1) 구 조 형 식 : 역T형 교대
(2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
(3) 교 량 등 급 : 1 등교
(4) 교 대 총 폭 : B = 12.600 m
(5) 교 대 총높이 : H = 7.306 m
(6) 기 초 형 식 : 말뚝기초
(7) SKEW : 90.000 °

2) 하 중

(1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25.000 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
(2) 뒷채움재의 단위중량 : γs1 = 20.000 kN/m³ (토사) [도로설계요령 제3권 P380]
(3) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20.000 kN/m³
(4) 과 재 하 중 : ql = 10.000 kN/m
(5) 상부 고정하중 반력 : Rd = 399.500 kN/m
(6) 상부 활하중 반력 : Rl = 202.880 kN/m
(7) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.150

3) 지 반 조 건

(1) 뒷채움재의 내부마찰각 : Φ1 = 35.000 °
(2) 기초지반의 N치 : N = 15.000
(3) 기초지반의 내부마찰각 : Φ2 = 30.000 ° {Φ2 = 15 + √15N}
(4) 기초지반의 점착력 : C = 0.000 kN/m²
(5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.364 ; TAN(⅔ · Φ2) : 흙과 콘크리트
(6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : Ⅰ 등급 - 위험도 계수 : 1.400 [도로교 설계기준 6.3.1]
- 지진 구역 : Ⅰ 구역 - 지진구역 계수 : 0.110

4) 사 용 재 료 강 도

(1) 콘크리트의 설계기준 강도 : fck = 24.000 MPa
- 탄성계수 : Ec = 26986.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]
(2) 철근의 항복 강도(SD300) : fy = 300.000 MPa
- 탄성계수 : Es = 200000.000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

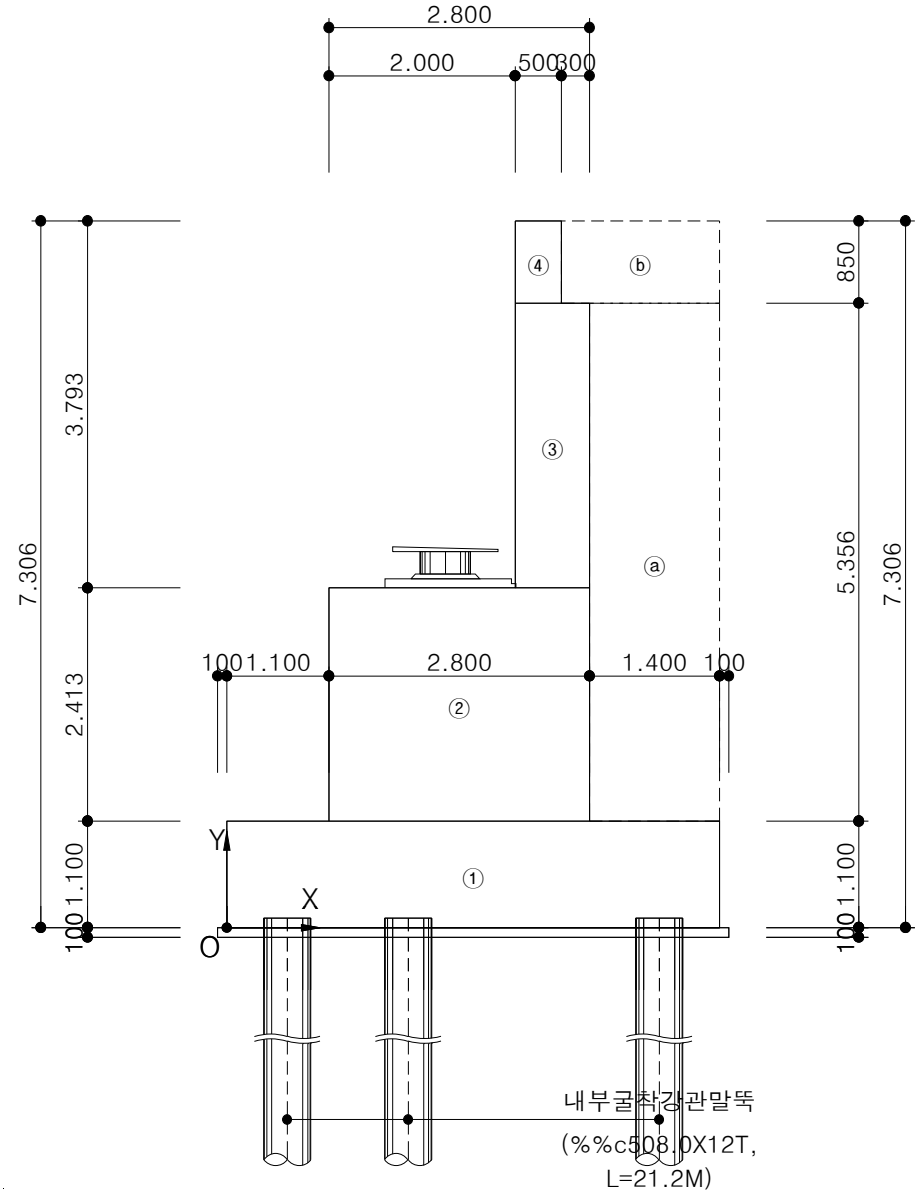
5) 설 계 방 법

(1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
(2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

6) 참 고 문 헌

(1) 콘크리트구조기준 : 한국콘크리트학회 (2012)
(2) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)

2. 단 면 가 정



※ 교량받침 반력 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
고정하중	2209.208	2824.497	5033.705
활하중	1149.710	1406.580	2556.290

※ 지진하중 집계표 (단위 : kN)

구 분	1	2	계
교축방향	201.49	257.39	458.88
직각방향	318.7	366.78	685.48

3. 하 중 계 산

1) 자중 및 관성력 (원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정 (단위 : m당)

구분	번호	체적(Ai)		단위중량(γ)	수직력(Vi)	수평력(Hi)
		m^3		kN/m^3	kN	kN
교대구체	①	5.300 × 1.100	= 5.830	25.000	145.750	11.223
	②	2.800 × 2.413	= 6.756	25.000	168.889	13.004
	③	0.800 × 2.943	= 2.355	25.000	58.866	4.533
	④	0.500 × 0.850	= 0.425	25.000	10.625	0.818
	소계		= 15.365		384.130	29.578
뒷채움재	ⓐ	1.400 × 5.356	= 7.498	20.000	149.968	11.548
	ⓑ	1.700 × 0.850	= 1.445	20.000	28.900	2.225
	소계		= 8.943		178.868	13.773
총 계					562.998	43.351

註) 수평력(지진시 관성력) Hi = Kh × Vi (Kh = A/2 = 0.077)

② 모멘트 산정

구분	번호	팔 길 이		모멘트	
		수 평	수 직	Mxi	Myi
		Xi(m)	Yi(m)	kN.m	kN.m
교대구체	①	2.650	0.550	386.238	6.173
	②	2.500	2.306	422.223	29.993
	③	3.500	4.984	206.031	22.592
	④	3.350	6.881	35.594	5.630
	소 계			1050.085	64.387
뒷채움재	ⓐ	4.600	3.778	689.853	43.627
	ⓑ	4.450	6.881	128.605	15.312
	소 계			818.458	58.939
총 계				1868.543	123.326

③ 합력의 작용위치 산정

- 교대구체 : X = 1050.085 / 384.130 = 2.734 m
  Y = 64.387 / 29.578 = 2.177 m
- 뒷채움재 : X = 818.458 / 178.868 = 4.576 m
  Y = 58.939 / 13.773 = 4.279 m

2) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

- 평상시 주동토압계수 (RANKINE) : 안정검토시 적용(상시)

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}$$

- 평상시 주동토압계수 (coulomb) : 단면설계시 적용(상시)

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \beta)}{\cos^2\beta * \cos(\beta + \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\beta + \delta) * \cos(\beta - \alpha)}}\right]^2}$$

- 지진시 주동토압계수 (Mononobe - Okabe)

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta * \cos^2\beta * \cos(\delta + \theta + \beta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) * \sin(\phi - \alpha - \theta)}{\cos(\beta + \delta + \theta) * \cos(\beta - \alpha)}}\right]^2}$$

Φ = 뒷채움 흙의 내부마찰각(도)

α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)

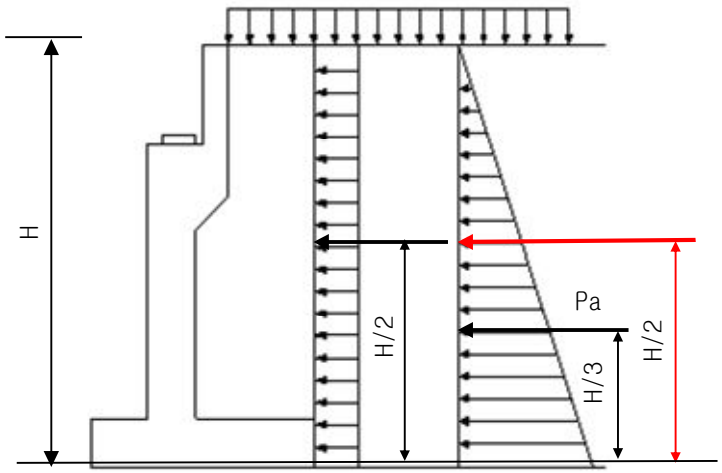
β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)

δ = 벽배면과 뒷채움흙사이의 벽면마찰각(도)

Θ = tan-1[Kh/(1-Kv)], Kv = 0

kh = 수평지진계수 = A/2 (변위를 허용한 교대), A=0.154

구분	평 상 시		지 진 시	
	안정검토	벽체설계	안정검토	벽체설계
Φ	35.000	35.000	35.000	35.000
α	0.000	0.000	0.000	0.000
β	0.000	0.000	0.000	0.000
δ	0.000	11.667	0.000	0.000
Θ	0.000	0.000	4.403	4.403
Kh	0.000	0.000	0.077	0.077
Ka,Kae	0.271	0.251	0.314	0.314



② 안정검토시 토압

- 평상시 토압 (H = 7.306 m)

Pa = 1/2 x Ka x γ x H² x cos(δ)

= 1/2 x 0.271 x 20.000 x 7.306² x cos(0.000)

= 144.653 kN

y = H / 3 = 2.435 m : 작용중심높이

- 지진시 토압 (H = 7.306 m)

Pae = 1/2 x Kae x γ x H² x cos(δ)

= 1/2 x 0.314 x 20.000 x 7.306² x cos(0.000)

= 167.606 kN

y = H / 2 = 3.653 m : 작용중심높이

③ 단면검토시 토압

- 평상시 토압 (H = 6.206 m)

Pa = 1/2 x Ka x γ x H² x cos(δ+β)

= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 6.206² x cos(11.667 + 0.000)

= 94.674 kN

y = H / 3 = 2.069 m : 작용중심높이

- 지진시 토압 (H = 6.206 m)

Pae = 1/2 x Kae x γ x H² x cos(δ+β)

= 1/2 x 0.314 x 20.000 x 6.206² x cos(0.000 + 0.000)

= 120.935 kN

y = H / 2 = 3.103 m : 작용중심높이

3) 상부구조에 의한 하중

① 상부반력에 의한 하중

- 고정하중반력

  Rd = 5033.705 ÷ 12.600 = 399.500 kN/m

- 활하중반력

  Rl = 2556.290 ÷ 12.600 = 202.880 kN/m

② 교량받침 마찰력에 의한 수평력

Ph = Rd x μs x sinθ (μs = 가동받침의 마찰계수)

= 399.500 x 0.150 x sin90.0

= 59.925 kN/m

③ 가동단 하부구조에 작용하는 지진시 수평력

- 하부구조에 작용하는 지진시 수평력

F1 = Fm1 + Fm2

Fm1 = Rd x Kh x $\cos^2$ θ

Fm2 = Rd x Kh x $\sin^2$ θ (Kh x sinθ ≤ μs 일 때)

Rd x μs x sinθ (Kh x sinθ > μs 일 때)

F1 = 399.500 x 0.154 x $\cos^2$ 90.0 + 399.500 x 0.150 x sin90.0

= 59.925 kN/m

- 교량받침에 작용하는 지진시 수평력

F2 = 54.403 x cos90.0 + 36.419 x sin90.0

= 36.419 kN/m

F1 > F2 이므로, 가동단 하부구조에 작용하는 지진시 수평력은

Fm = 59.925 kN/m

Kh : 설계수평진도 = 0.154 x 1.000 = 0.154 (가속도계수 x 지반계수)

Rd : 생각하고 있는 하부구조에 작용하는 지진시의 상부로 부터의 연직반력 (kN)

μs : 가동받침의 마찰계수

4) 뒷채움 지표면의 상재하중

① 상재하중에 의한 수직력

P1 = 10.000 x 1.700 = 17.000 kN

② 상재하중에 의한 수평력

- 안정검토시 수평토압 (H = 7.306 m)

Pa1 = Ka x dq x H x cos(δ + β)

= 0.271 x 10.000 x 7.306 x cos0.000

= 19.799 kN

y = H / 2 = 3.653 m : 작용중심높이

- 단면검토시 수평토압 (H = 6.206 m)

Pa2 = Ka x dq x H x cos(δ + β)

= 0.251 x 10.000 x 6.206 x cos11.667

= 15.255 kN

y = H / 2 = 3.103 m : 작용중심높이

4. 안 정 검 토

1) 하중집계 및 조합

① 작용하중 집계표 : 『하중계산 참조』

구 분	수직력	수평력	작용거리		모멘트	
			X(m)	Y(m)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
1. 교대구체(평상시	384.130	-	2.734	2.177	1050.085	-
2. 교대구체(지진시	384.130	29.578	2.734	2.177	1050.085	64.387
3. 뒷채움재(평상시	178.868	-	4.576	4.279	818.458	-
4. 뒷채움재(지진시	178.868	13.773	4.576	4.279	818.458	58.940
5. 배면토압(평상시	-	144.653	-	2.435	-	352.278
6. 배면토압(지진시	-	167.606	-	3.653	-	612.265
7. 뒷채움 상재하중	17.000	19.799	4.450	3.653	75.650	72.326
8. 상부 고정하중	399.500	-	2.350	-	938.825	-
9. 상부활하중	202.880	-	2.350	-	476.768	-
10. 교량받침마찰력	-	59.925	-	3.913	-	234.469
11. 상부관성력	-	59.925	-	3.913	-	234.469

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	579.998	164.452	1944.193	424.604
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	579.998	164.452	1944.193	424.604
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	562.998	210.957	1868.543	735.592
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	1182.378	164.452	3359.786	424.604
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10)	1182.378	224.377	3359.786	659.073
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)	962.498	270.882	2807.368	970.061

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.
:활하중에 의한 수평력은 1.700의 하중계수를 적용한다.

2) 전도에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

3) 활동에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

4) 지지력에 대한 안정

- 말뚝기초 이므로 불필요 : 『10. 말뚝검토』 참조

5) 말뚝도심에서의 작용하중 산정

① 말뚝도심의 작용하중 계산

∑M = ∑Mr - ∑Mo

e = 말뚝도심(= 2.417) - ∑M / ∑V

Mc = V x e

※ 말뚝도심의 계산

구 분	거 리(m)	본 수	거리 x 본수	도 심(m)
1 열	0.65	8	5.2	-
2 열	1.95	8	15.6	-
3 열	4.65	8	37.2	-
계	-	24	58	2.417

② 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)	7307.975	2072.095	-0.203	-1483.519
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)	7307.975	2072.095	-0.203	-1483.519
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	7093.775	2658.058	0.404	2865.885
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)	14897.963	2072.095	-0.066	-983.266
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10)	14897.963	2827.150	0.133	1981.429
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)	12127.475	3413.113	0.508	6160.757

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시

각 작용력은 교대의 전폭 12.600 m)을 고려한 결과값임.

▣ 확대기초 두께에 대한 강체 검토 : [도.설(2008) 5.4.5.2]

- 확대기초는 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 강체로서 취급되는 두께를 가져야함을 원칙으로 한다.
- 확대기초에 대한 강체로서의 취급여부는 지반반력 및 말뚝반력에 미치는 확대기초의 강성의 영향을 고려하여 판정하는 것으로서, 일반적으로 다음의 식을 만족할 때 강체로 취급할 수 있다.

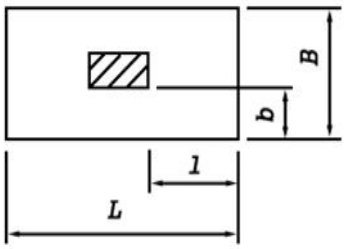
$\beta\lambda \leq 1.0$

여기서 $$\beta = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}}(m^{-1})$$

k : kv - 직접기초인 경우, kp - 말뚝기초인 경우
kp : 환산지반반력계수 (kN/m³)
= 117406.424 x 24 / (12.600 x 5.300) = 42194.582 kN/m³
L : 확대기초의 길이 (= 12.600 m)
B : 확대기초의 폭 (= 5.300 m)
n*m : 말뚝의 개수 (= 24 본)
E : 확대기초의 탄성계수 (= 26636584.056 kN/m²)
h : 확대기초의 평균두께 (= 1.100 m)
λ : 확대기초의 환산 돌출길이 (m)

$\beta = \sqrt[4]{[(3 \times 42194.582) / (26636584.056 \times 1.100^3)]} = 0.244\ (m-1)$

* 독립확대기초 및 벽확대기초의 경우
λ = MAX(l,b) = MAX(0.000, 1.400) = 1.400
다만, 벽확대기초이므로 l = 0
b ≥ B/2이면 b = B/2 = 2.650, 뒷굽기준으로 검토

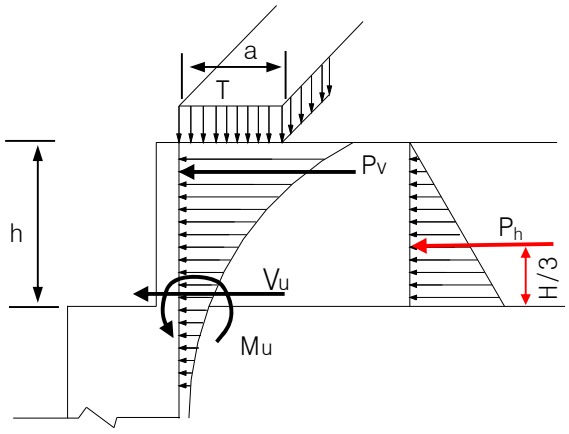


$\beta\lambda = 0.244 \times 1.400 = 0.342 \leq 1.0$, ∴ O.K

5. 단 면 설 계

1) 흉벽 설계

① 평상시 : 『도로교 설계기준 해설』p73



- 윤하중에 의한 부재력

Pv = 114.60 x Ka

= 114.60 x 0.251 = 28.765 kN

Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)

= 114.60 x 0.251 x (3.793 - 0.36) = 98.757 kN.m

- 토압에 의한 부재력

Ph = 1/2 x Ka x r x H^2 x cos δ

= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 3.793^2 x cos11.667 = 35.371 kN

Me = 1/3 x H x Ph

= 1/3 x 3.793 x 35.371 = 44.724 kN.m

- 설계 단면력 산정

Vu = 1.70 x Pv + 1.70 x Ph

= 1.70 x 28.765 + 1.70 x 35.371 = 109.030 kN

Mu = 1.70 x Mp + 1.70 x Me

= 1.70 x 98.757 + 1.70 x 44.724 = 243.918 kN.m

② 지진시

- 구체관성력

p1 = 2.943 x 0.800 x 25.000 x 0.077 = 4.533 kN

p2 = 0.850 x 0.500 x 25.000 x 0.077 = 0.818 kN

Pw = 4.533 + 0.818 = 5.351 kN

Mw = 4.533 x 2.943/2 + 0.818 x (2.943 + 0.850/2) = 9.426 kN.m

- 토압에 의한 부재력

Ph = 1/2 x Kae x r x H^2 x cos δ

= 1/2 x 0.314 x 20.000 x 3.793^2 x cos0.000 = 45.182 kN

Me = 1/2 x H x Ph

= 1/2 x 3.793 x 45.182 = 85.694 kN.m

- 설계 단면력 산정

Vu = 1.00 x Pw + 1.00 x Ph

= 1.00 x 5.351 + 1.00 x 45.182 = 50.533 kN

Mu = 1.00 x Mw + 1.00 x Me

= 1.00 x 9.426 + 1.00 x 85.694 = 95.120 kN.m

③ 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
평상시	109.030	243.918	
지진시	50.533	95.120	
설계단면력	109.030	243.918	

2) 벽체 설계

① 작용하중 집계표 : H = 6.206 m 『하중계산 참조』

구 분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			평상시	지진시		
1. 교대구체(지진시)	18.355	2.072	-	1.000	18.355	38.023
2. 배면토압(평상시)	94.674	2.069	1.700	-	160.946	332.943
3. 배면토압(지진시)	120.935	3.103	-	1.000	120.935	375.261
4. 뒷채움 상재하중	15.255	3.103	1.700	-	25.934	80.472
5. 교량받침마찰력	59.925	2.813	1.300	-	77.903	219.117
6. 상부관성력	59.925	2.813	-	1.000	59.925	168.551

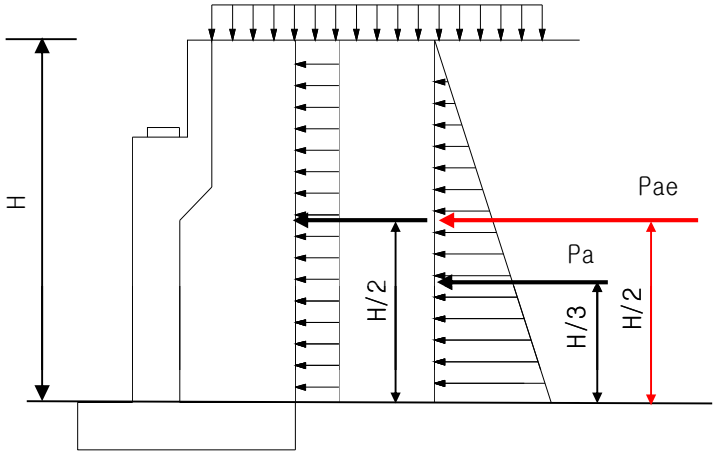
- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출

: 검토위치(H = 1.100 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.

Ho = ∑(H② ~ H④) = 18.355 kN

Mo = ∑[H② x (y② - 1.100) ~ H④ x (y④ - 1.100)] = 38.023 kN.m

y = Mo / Ho = 38.023 / 18.355 = 2.072



② 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
평상시(H = 6.206 m)	264.783	632.532	
지진시(H = 6.206 m)	199.215	581.835	
설계단면력	264.782	632.531	

3) 기초 설계

① 작용하중 집계표 : 『하중계산 참조』

구 분	수직력	수평력	작용거리		모멘트	
			X(m)	Y(m)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
1. 교대구체(평상시	384.130	-	2.734	2.177	1050.085	-
2. 교대구체(지진시	384.130	29.578	2.734	2.177	1050.085	64.387
3. 뒷채움재(평상시	178.868	-	4.576	4.279	818.458	-
4. 뒷채움재(지진시	178.868	13.773	4.576	4.279	818.458	58.940
5. 배면토압(평상시	-	144.653	-	2.435	-	352.278
6. 배면토압(지진시	-	167.606	-	3.653	-	612.265
7. 토압의 연직분력	21.106	-	4.833	-	102.012	-
8. 뒷채움 상재하중	17.000	19.799	4.450	3.653	75.650	72.326
9. 상부 고정하중	399.500	-	2.350	-	938.825	-
10. 상부활하중	202.880	-	2.350	-	476.768	-
11. 교량받침마찰력	-	59.925	-	3.913	-	234.469
12. 상부관성력	-	59.925	-	3.913	-	234.469

② 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	804.328	279.568	2765.174	721.827
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)	789.878	279.568	2700.871	721.827
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	562.998	210.957	1868.543	735.592
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	1759.870	279.568	5010.698	721.827
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10+11)	1572.972	357.471	4541.142	1026.637
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	962.498	270.882	2807.368	970.061

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.
:활하중에 의한 수평력은 1.700의 하중계수를 적용한다.
D-고정하중, L-활하중, H-토압, E-지진하중, G-온도하중
COMB 1 = 1.300D + 2.150L + 1.700H
COMB 2 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G
COMB 3 = 1.000D + 1.000H + 1.000E
COMB 4 = 1.300D + 2.150L + 1.700H
COMB 5 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G
COMB 6 = 1.000D + 1.000H + 1.000E

② 말뚝도심에서의 작용하중 계산

$\sum M = \sum Mr - \sum Mo$

e = 말뚝도심(=2.417) - $\sum M/\sum V$; 말뚝도심의 계산은 『4. 안정검토』 참조

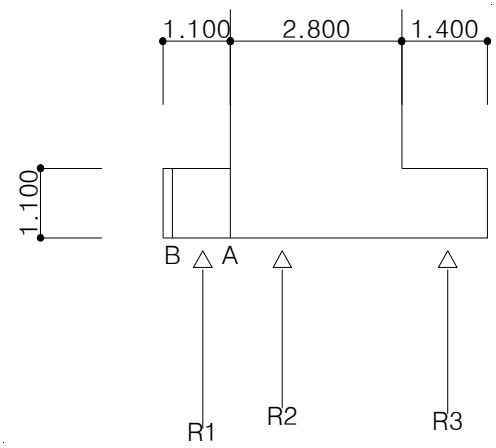
Mc = V x e

- 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	10134.528	3522.562	-0.124	-1256.681
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)	9952.458	3522.562	-0.089	-885.769
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	7093.775	2658.058	0.404	2865.885
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	22174.357	3522.562	-0.02	-443.487
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10+11)	19819.442	4504.133	0.182	3607.138
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	12127.475	3413.113	0.508	6160.757

註) COMB 1,2,3 : 상부하중 비재하시(가설시), COMB 4,5,6 : 상부하중 재하시
각 작용력은 교대의 전폭(12.600 m)를 고려한 결과값임.

③ 전면저판(앞굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 8본 / 12.600 (kN/m)
R2 = Ru2 x 8본 / 12.600 (kN/m)
R3 = Ru3 x 8본 / 12.600 (kN/m)

구 분	Ru1	Ru2	Ru3
COMB 1	512.270	446.050	464.400
COMB 2	513.590	440.810	444.380
COMB 3	436.450	332.790	199.490
COMB 4	1033.450	952.860	938.800
COMB 5	1066.050	889.270	704.870
COMB 6	744.580	568.520	298.760

- 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.100 x 0.150 x 25.000 = 4.125 kN

Ma = 1.100 x 1.100 x 25.000 x 1.100 / 2 = 16.638 kN.m

- 말뚝반력에 의한 단면력

Vb = 0.00

Ma = R1 x 0.450

- 계수단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
COMB 1	0.000	146.363	5.363	124.734
COMB 2	0.000	146.740	5.363	125.111
COMB 3	0.000	124.700	4.125	108.063
COMB 4	0.000	295.271	5.363	273.643
COMB 5	0.000	304.586	5.363	282.957
COMB 6	0.000	212.737	4.125	196.100

註) 말뚝반력산정시 하중계수가 적용되었으므로 하중계수를 적용하지 않으며,
(-)반력은 사용하지 않는다.

말뚝반력에 의한 단면력

D-고정하중, L-활하중, H-토압, E-지진하중, G-온도하중

COMB 1 = 1.300D + 2.150L + 1.700H

COMB 2 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G

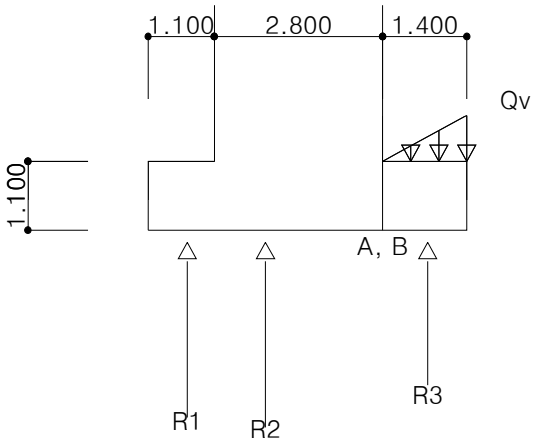
COMB 3 = 1.000D + 1.000H + 1.000E

COMB 4 = 1.300D + 2.150L + 1.700H

COMB 5 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G

COMB 6 = 1.000D + 1.000H + 1.000E

④ 후면저판(뒷굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 8본 / 12.600 (kN/m)

R2 = Ru2 x 8본 / 12.600 (kN/m)

R3 = Ru3 x 8본 / 12.600 (kN/m)

구 분	Ru1	Ru2	Ru3
COMB 1	388.940	413.470	308.500
COMB 2	391.190	408.480	289.660
COMB 3	371.580	315.650	117.490
COMB 4	912.170	920.820	785.480
COMB 5	921.480	851.080	522.110
COMB 6	668.700	548.470	202.840

- 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.100 x 1.400 x 25.000 = 38.500 kN

Ma = 1.100 x 1.400 x 25.000 x 1.400 / 2 = 26.950 kN.m

- 뒷채움 토사에 의한 단면력

Vb = 178.868 kN 『작용하중 집계표』 참조 = 178.868 kN

Ma = 178.868 x (4.576 - 3.900) = 120.873 kN.m

- 상재하중에 의한 단면력

Vb = 10.000 x 1.400 = 14.000 kN

Ma = 10.000 x 1.400 x 1.400 / 2 = 9.800 kN.m

- 토압의 연직분력에 의한 단면력 : 평상시

$Pv = 1/2 \times Ka \times r \times H^2 \times \sin\delta$

$= 1/2 \times 0.271 \times 20.000 \times 6.206^2 \times \sin 11.667$

$= 21.106$ kN

$Qv = 2 \times Pv / L$

$= 2 \times 21.106 / 1.400$

$= 30.152$ kN

Vb = 30.152 x 1.400 / 2 = 21.106 kN

Ma = 30.152 x 1.400 x 1.400 / 3 = 19.699 kN.m

- 말뚝반력에 의한 단면력

Vb = R3

Ma = R3 x 0.750

- 계수단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
COMB 1	195.873	146.905	152.686	99.823
COMB 2	183.911	137.933	152.748	100.465
COMB 3	74.597	55.948	142.771	91.875
COMB 4	498.717	374.038	150.158	-127.310
COMB 5	331.498	248.624	5.161	-10.226
COMB 6	128.787	96.590	88.581	51.232

註) 말뚝반력산정시 하중계수가 적용되었으므로 하중계수를 적용하지 않으며,
(-)반력은 사용하지 않는다.

말뚝반력에 의한 단면력

D-고정하중, L-활하중, H-토압, E-지진하중, G-온도하중

COMB 1 = 1.300D + 2.150L + 1.700H

COMB 2 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G

COMB 3 = 1.000D + 1.000H + 1.000E

COMB 4 = 1.300D + 2.150L + 1.700H

COMB 5 = 1.300D + 1.300L + 1.700H + 1.300G

COMB 6 = 1.000D + 1.000H + 1.000E

6. 철근량 검토

1) 전면저판

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	1100.00	950.00	150.00	282.96	5.36

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (950.00 - 39.654) / 39.654 = 0.06887

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1178.792 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 150.0 mm), [사용률 = 1.944]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

As,temp = 0.0015 x 1000.0 x 1100.0 = 1650.000 mm²

As,req = 1178.792 mm²

ρmin = Max(1178.792, 1650.000) / bd = 0.00174

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00241

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (950.00 - a/2) = 545.387 kN.m

≥ Mu (= 282.957 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.927]

* 전단에 대한 검토 (d = 950.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 950.00 = 620.537 kN

≥ Vu (= 5.363 kN) , 전단보강 불필요.

* 0.0015hb 『도로교설계기준 4.3.9』

단, 단위면적당 1800 ㎟ 이하

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 150 = 3820.000 ㎟

필요철근량 : 0.0015 x 1100.0 x 1000.0 = 1650.000 ㎟ < 3820.000 ㎟ ∴ O.K

* 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

단면적대비 0.0020 이상

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 150 = 3820.000 ㎟

필요철근량 : 0.0020 x 1100.0 x 1000.0 = 2200.000 ㎟ < 3820.000 ㎟

(3820.000 / 1.000) = 3820.000 ㎟ > (1800㎟)

필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

2) 후면저판

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	1100.00	1000.00	100.00	127.31	152.75

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (1000.00 - 39.654) / 39.654 = 0.07265

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 501.102 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm), [사용률 = 4.574]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

As,temp = 0.0015 x 1000.0 x 1100.0 = 1650.000 mm²

As,req = 501.102 mm²

ρmin = Max(501.102, 1650.000) / bd = 0.00165

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00229

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (1000.00 - a/2) = 574.610 kN.m

≥ Mu (= 127.310 kN.m) ∴ O.K [안전률 4.513]

* 전단에 대한 검토 (d = 1000.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 1000.00 = 653.197 kN

≥ Vu (= 152.748 kN) , 전단보강 불필요.

* 0.0015hb 『도로교설계기준 4.3.9』

단, 단위면적당 1800 ㎟ 이하

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 150 = 3820.000 ㎟

필요철근량 : 0.0015 x 1100.0 x 1000.0 = 1650.000 ㎟ < 3820.000 ㎟ ∴ O.K

* 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

단면적대비 0.0020 이상

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 150 = 3820.000 ㎟

필요철근량 : 0.0020 x 1100.0 x 1000.0 = 2200.000 ㎟ < 3820.000 ㎟

(3820.000 / 1.000) = 3820.000 ㎟ > (1800㎟)

필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

3) 벽체 (H=6.206)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	2800.00	2700.00	100.00	632.53	264.78

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (2700.00 - 39.654) / 39.654 = 0.20127

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 921.019 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm), [사용률 = 2.489]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00085

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (2700.00 - a/2) = 1568.192 kN.m

≥ Mu (= 632.531 kN.m) ∴ O.K [안전률 2.479]

* 전단에 대한 검토 (d = 2700.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 2700.00 = 1763.633 kN

≥ Vu (= 264.782 kN) , 전단보강 불필요.

* 0.0015hb 『도로교설계기준 4.3.9』

h : 부재두께 b : 부재 폭

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 300 = 2865.000 ㎟

필요철근량 : 0.0015 x 2800.0 x 1000.0 = 4200.000 ㎟ > 2865.000 ㎟

(2865.000 / 1.000) = 2865.000 ㎟ > (1800㎟)

필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

* 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

단면적대비 0.0025 이상

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 300 = 2865.000 ㎟

필요철근량 : 0.0025 x 2800.0 x 1000.0 = 7000.000 ㎟ > 2865.000 ㎟

(2865.000 / 1.000) = 2865.000 ㎟ > (1800㎟)

필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

4) 흉벽

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	800.00	720.00	80.00	243.92	109.03

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (720.00 - 39.654) / 39.654 = 0.05147

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1347.060 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.701]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00318

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (720.00 - a/2) = 410.961 kN.m

≥ Mu (= 243.918 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.685]

* 전단에 대한 검토 (d = 720.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 720.00 = 470.302 kN

≥ Vu (= 109.030 kN) , 전단보강 불필요.

* 0.0015hb 『도로교설계기준 4.3.9』

h : 부재두께 b : 부재 폭

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 300 = 2865.000 ㎟

필요철근량 : 0.0015 x 800.0 x 1000.0 = 1200.000 ㎟ < 2865.000 ㎟ ∴ O.K

* 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

단면적대비 0.0025 이상

사용철근량 : D19 - CTC 150

D19 - CTC 300 = 2865.000 ㎟

필요철근량 : 0.0025 x 800.0 x 1000.0 = 2000.000 ㎟ < 2865.000 ㎟

(2865.000 / 1.000) = 2865.000 ㎟ > (1800㎟)

필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

7. 사용성 검토

1) 흉벽 설계

① 윤하중에 의한 부재력

Pv = 114.60 x Ka

= 114.60 x 0.251 = 28.765 kN

Mp = 114.60 x Ka x (H - 0.36)

= 114.60 x 0.251 x (3.793 - 0.36) = 98.757 kN.m

② 토압에 의한 부재력

Ph = 1/2 x Ka x r x H^2 x cos δ

= 1/2 x 0.251 x 20.000 x 3.793^2 x cos11.667 = 35.371 kN

Me = 1/3 x H x Ph

= 1/3 x 3.793 x 35.371 = 44.724 kN.m

③ 설계 단면력 산정

Vs = 28.765 + 35.371 = 64.135 kN

Ms = 98.757 + 44.724 = 143.481 kN.m

2) 벽체 설계

① 작용하중 집계표 : H = 6.206 m 『하중계산 참조』

구 분	수평력	작용거리	하중계수		전단력	모멘트
			평상시	지진시		
1. 교대구체(지진시)	18.355	2.072	-	1.000	18.355	38.023
2. 배면토압(평상시)	94.674	2.069	1.000	-	94.674	195.849
3. 배면토압(지진시)	120.935	3.103	-	1.000	120.935	375.261
4. 뒷채움 상재하중	15.255	3.103	1.000	-	15.255	47.336
5. 교량받침마찰력	59.925	2.813	1.000	-	59.925	168.551
6. 상부관성력	59.925	2.813	-	1.000	59.925	168.551

- 교대구체에 작용하는 수평력 및 작용거리 산출

  : 검토위치(H = 1.100 m)를 제외한 교대구체에 대하여 다시 산정한다.

  Ho = ∑(H② ~ H④) = 18.355 kN

  Mo = ∑[H② x (y② - 1.100) ~ H④ x (y④ - 1.100)] = 38.023 kN.m

  y = Mo / Ho = 38.023 / 18.355 = 2.072

② 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN.m)	비 고
설계단면력	169.854	411.736	

3) 기초 설계

① 하중조합

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	601.104	164.452	2046.205	424.604
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)	601.104	164.452	2046.205	424.604
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	562.998	210.957	1868.542	735.592
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	1203.484	164.452	3461.798	424.604
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10+11)	1203.484	224.377	3461.798	659.073
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	962.498	270.882	2807.367	970.060

註) COMB 1,2,3 : COMB 4,5,6, 상부하중 비재하시(가설시) : 상부하중 재하시
가설시의 활하중은 다짐기계(로울러)등 건설기계의 하중을 뜻함.
:활하중에 의한 수평력은 1.700의 하중계수를 적용한다.

① 말뚝도심에서의 작용하중 계산

$\sum M = \sum Mr - \sum Mo$

e = 말뚝도심(=2.417) - $\sum M / \sum V$; 말뚝도심의 계산은 『4. 안정검토』 참조

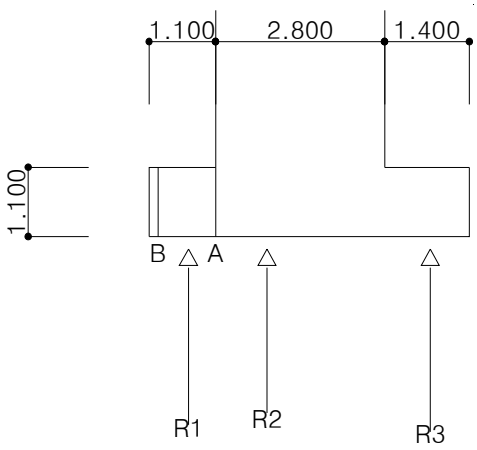
$Mc = V \times e$

- 하중조합별 작용력

구 분	구 분	V(kN)	H(kN)	e(m)	Mc(kN.m)
COMB 1	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)	7573.91	2072.095	-0.281	-2128.269
COMB 2	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)	7573.91	2072.095	-0.281	-2128.269
COMB 3	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)	7093.775	2658.058	0.404	2865.885
COMB 4	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)	15163.898	2072.095	-0.107	-1622.537
COMB 5	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10+11)	15163.898	2827.15	0.088	1334.423
COMB 6	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)	12127.475	3413.113	0.508	6160.757

각 작용력은 교대의 전폭(12.600 m)를 고려한 결과값임.

② 전면저판(앞굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 8본 / 12.600 (kN/m)
R2 = Ru2 x 8본 / 12.600 (kN/m)
R3 = Ru3 x 8본 / 12.600 (kN/m)

구 분	Ru1	Ru2	Ru3
COMB 1	339.570	313.760	354.240
COMB 2	339.570	313.760	354.240
COMB 3	436.450	332.790	199.490
COMB 4	667.830	633.190	653.710
COMB 5	764.760	658.790	554.320
COMB 6	744.580	568.520	298.760

- 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.100 x 0.150 x 25.000 = 4.125 kN

Ma = 1.100 x 1.100 x 25.000 x 1.100 / 2 = 16.638 kN.m

- 말뚝반력에 의한 단면력

Vb = 0.00

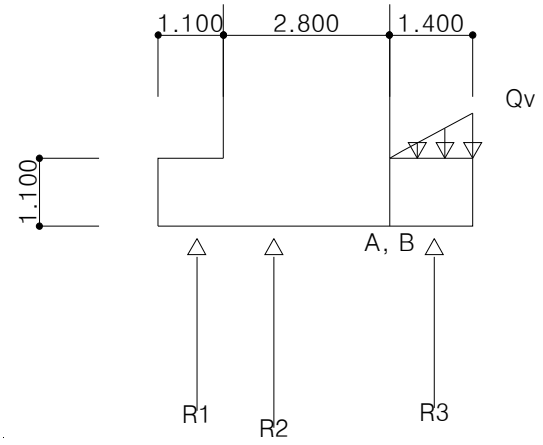
Ma = R1 x 0.450

- 설계단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	0.000	97.020	4.125	80.383
COMB 2	0.000	97.020	4.125	80.383
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	0.000	190.809	4.125	174.171
COMB 5	0.000	218.503	4.125	201.865
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

③ 후면저판(뒷굽)의 단면력 계산



R1 = Ru1 x 8본 / 12.600 (kN/m)

R2 = Ru2 x 8본 / 12.600 (kN/m)

R3 = Ru3 x 8본 / 12.600 (kN/m)

구 분	Ru1	Ru2	Ru3
COMB 1	265.150	294.110	260.160
COMB 2	265.150	294.110	260.160
COMB 3	371.580	315.650	117.490
COMB 4	594.670	613.860	561.230
COMB 5	673.300	634.630	438.700
COMB 6	668.700	548.470	202.840

- 기초자중에 의한 단면력 :『단면설계』참조

- 뒷채움 토사에 의한 단면력 :『단면설계』참조

- 상재하중에 의한 단면력 :『단면설계』참조

- 토압의 연직분력에 의한 단면력 : 평상시 -『단면설계』참조

- 말뚝반력에 의한 단면력

Vb = R3

Ma = R3 x 0.750

- 설계단면력 산정

구 분	말뚝반력에 의한 단면력		설계단면력	
	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
COMB 1	165.181	123.886	87.293	53.436
COMB 2	165.181	123.886	87.293	53.436
COMB 3	-	-	-	-
COMB 4	356.337	267.252	103.862	-89.931
COMB 5	278.540	208.905	26.065	-31.583
COMB 6	-	-	-	-

註) 사용성 검토에서 지진시 조합(3,6)은 고려하지 않는다.

4) 사용성 검토

① 전면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 201.865 x 1000000 / [2292.000 x (950.000 - 159.287/3)]
= 98.198 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x950.0/(7x2292.000)]
= 159.287 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 150.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 150.00 - 19/2 = 140.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 98.20) - 2.5 x 140.50 = 450.70 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 98.20) = 641.56 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 450.70 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 450.70 mm) ∴ O.K

② 후면저판

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 89.931 x 1000000 / [2292.000 x (1000.000 - 163.804/3)]
= 41.503 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x1000.0/(7x2292.000)]
= 163.804 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 19/2 = 90.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 41.50) - 2.5 x 90.50 = 1671.21 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 41.50) = 1517.97 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 1517.97 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 1517.97 mm) ∴ O.K

③ 벽체 (H=6.206)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 411.736 x 1000000 / [2292.000 x (2700.000 - 278.736/3)]
= 68.905 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x2700.0/(7x2292.000)]
= 278.736 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 19/2 = 90.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 68.90) - 2.5 x 90.50 = 916.63 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 68.90) = 914.31 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 914.31 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 914.31 mm) ∴ O.K

④ 흉벽

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 143.481 x 1000000 / [2292.000 x (720.000 - 136.798/3)]
= 92.824 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x720.0/(7x2292.000)]
= 136.798 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

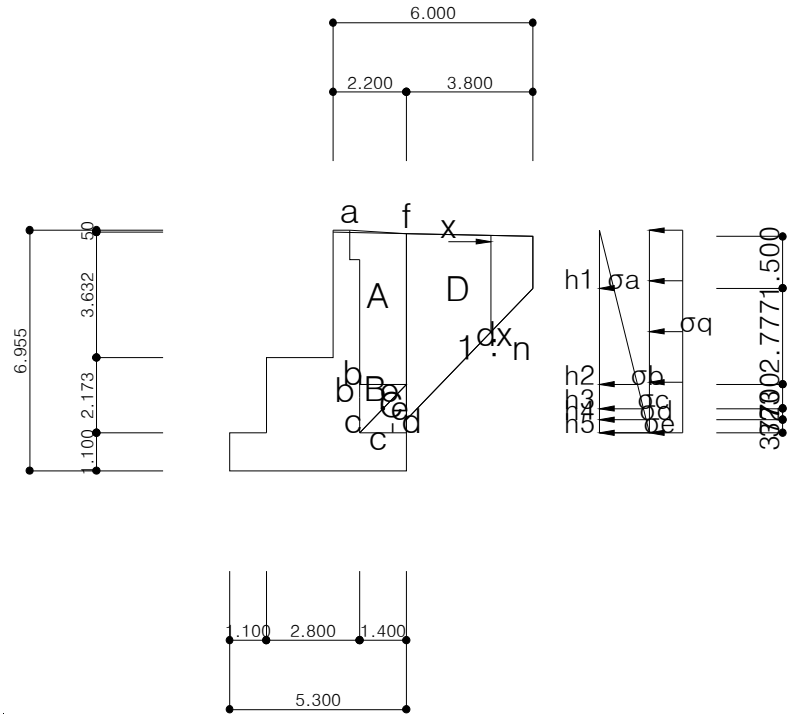
Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 92.82) - 2.5 x 70.50 = 672.13 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 92.82) = 678.70 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 672.13 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 672.13 mm) ∴ O.K

8. 날개벽 설계

1) 좌측 날개벽

(1) 단면력 산정

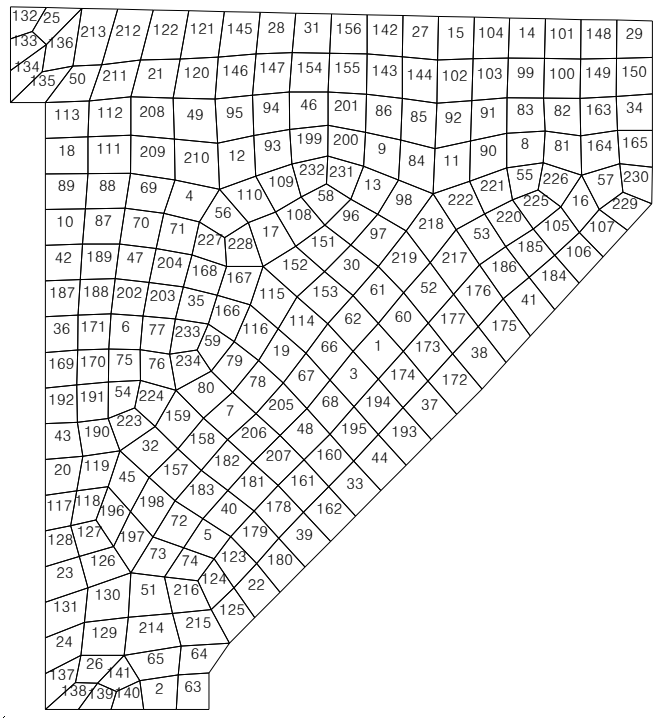


U = 1.700 · H + 1.700 · L

정지토압계수 Ko = 1 - sinΦ = 1 - sin(35.0°) = 0.426

3D Plate 해석 시 자중은 프로그램 내부에서 고려됨.

① 해석 모델



② 설계 단면력 집계

- 계수하중 단면력 집계

구 분	단면 D	단면 A	단면 B	단면 C
모멘트(kN.m)	144.027	270.959	134.173	229.6
전단력(kN)	90.053	140.382	149.553	258.28

- 사용하중 단면력 집계

구 분	단면 D	단면 A	단면 B	단면 C
모멘트(kN.m)	84.722	159.387	78.925	135.059
전단력(kN)	52.972	82.577	87.972	151.929

(2) 철근량 검토

① D(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	144.03	90.05

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 1548.400 x 300.00 = 464520.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 22.771 mm, c = 22.771 / β1 = 22.771 / 0.85 = 26.789 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 26.789) / 26.789 = 0.05523

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1103.392 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 1548.4 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.403]

1단 : D22 - 4.0 EA (= 1548.4 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00298

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 22.771 mm

ΦMn = 0.85 x 1548.400 x 300 x (520.00 - a/2) = 200.822 kN.m

≥ Mu (= 144.027 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.394]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 90.053 kN) , 전단보강 불필요.

② A(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	270.96	140.38

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 3096.800 x 300.00 = 929040.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 45.541 mm, c = 45.541 / β1 = 45.541 / 0.85 = 53.578 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 53.578) / 53.578 = 0.02612

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2106.154 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.470]

1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00596

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 45.541 mm

ΦMn = 0.85 x 3096.800 x 300 x (520.00 - a/2) = 392.654 kN.m

≥ Mu (= 270.959 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.449]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 140.382 kN) , 전단보강 불필요.

③ B(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	134.17	149.55

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 39.654) / 39.654 = 0.03634

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1026.768 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 2.232]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00441

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (520.00 - a/2) = 294.069 kN.m

≥ Mu (= 134.173 kN.m) ∴ O.K [안전률 2.192]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 149.553 kN) , 전단보강 불필요.

④ C(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	229.60	258.28

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 3096.800 x 300.00 = 929040.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 45.541 mm, c = 45.541 / β1 = 45.541 / 0.85 = 53.578 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 53.578) / 53.578 = 0.02612

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1776.135 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.744]

1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00596

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 45.541 mm

ΦMn = 0.85 x 3096.800 x 300 x (520.00 - a/2) = 392.654 kN.m

≥ Mu (= 229.600 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.710]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 258.280 kN) , 전단보강 불필요.

(3) 사용성 검토

① D(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 84.722 x 1000000 / [1548.400 x (520.000 - 95.884/3)]
= 112.113 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x1548.400/1000.0 + 7x1548.400/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x1548.400)]
= 95.884 mm

사용철근량 = 1548.4 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D22 - 4.0 EA (= 1548.4 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 22/2 = 69.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 112.11) - 2.5 x 69.00 = 529.91 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 112.11) = 561.93 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 529.91 mm 를 적용
S = 1000.00 / 4.0 EA = 250.00 ≤ Sa (= 529.91 mm) ∴ O.K

② A(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 159.387 x 1000000 / [3096.800 x (520.000 - 130.028/3)]
= 107.978 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x3096.800/1000.0 + 7x3096.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x3096.800)]
= 130.028 mm

사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 22/2 = 69.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 107.98) - 2.5 x 69.00 = 556.82 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 107.98) = 583.45 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 556.82 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 556.82 mm) ∴ O.K

③ B(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 78.925 x 1000000 / [2292.000 x (520.000 - 114.122/3)]
= 71.448 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2292.000)]
= 114.122 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 71.45) - 2.5 x 70.50 = 925.95 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 71.45) = 881.76 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 881.76 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 881.76 mm) ∴ O.K

④ C(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 135.059 x 1000000 / [3096.800 x (520.000 - 130.028/3)]
= 91.497 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x3096.800/1000.0 + 7x3096.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x3096.800)]
= 130.028 mm

사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

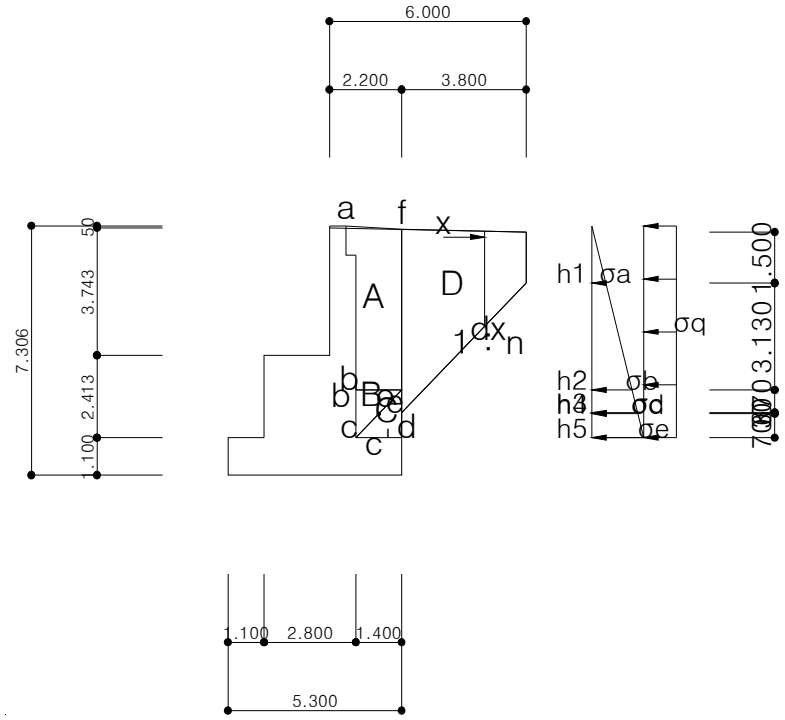
Cc = 80.00 - 22/2 = 69.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 91.50) - 2.5 x 69.00 = 688.19 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 91.50) = 688.55 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 688.19 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 688.19 mm) ∴ O.K

8. 날개벽 설계

2) 우측 날개벽

(1) 단면력 산정

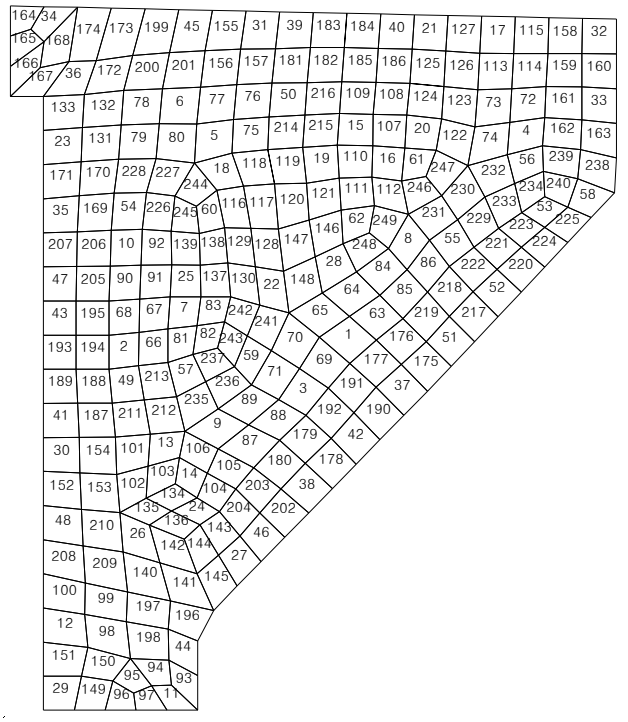


U = 1.700 · H + 1.700 · L

정지토압계수 Ko = 1 - sinΦ = 1 - sin(35.0 °) = 0.426

3D Plate 해석 시 자중은 프로그램 내부에서 고려됨.

① 해석 모델



② 설계 단면력 집계

- 계수하중 단면력 집계

구 분	단면 D	단면 A	단면 B	단면 C
모멘트(kN.m)	130.367	273.263	119.49	170.778
전단력(kN)	87.84	144.46	107.891	197.952

- 사용하중 단면력 집계

구 분	단면 D	단면 A	단면 B	단면 C
모멘트(kN.m)	76.687	160.743	70.288	100.457
전단력(kN)	51.671	84.977	63.465	116.442

(2) 철근량 검토

① D(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	130.37	87.84

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 1548.400 x 300.00 = 464520.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 22.771 mm, c = 22.771 / β1 = 22.771 / 0.85 = 26.789 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 26.789) / 26.789 = 0.05523

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 997.222 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 1548.4 mm² (철근도심 : 80.0 mm) , [사용률 = 1.553]

1단 : D22 - 4.0 EA (= 1548.4 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00298

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 22.771 mm

ΦMn = 0.85 x 1548.400 x 300 x (520.00 - a/2) = 200.822 kN.m

≥ Mu (= 130.367 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.540]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 87.840 kN) , 전단보강 불필요.

② A(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	273.26	144.46

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 3096.800 x 300.00 = 929040.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 45.541 mm, c = 45.541 / β1 = 45.541 / 0.85 = 53.578 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 53.578) / 53.578 = 0.02612

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2124.639 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.458]

1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00596

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 45.541 mm

ΦMn = 0.85 x 3096.800 x 300 x (520.00 - a/2) = 392.654 kN.m

≥ Mu (= 273.263 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.437]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 144.460 kN) , 전단보강 불필요.

③ B(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	119.49	107.89

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 39.654) / 39.654 = 0.03634

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 912.915 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 2.511]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00441

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (520.00 - a/2) = 294.069 kN.m

≥ Mu (= 119.490 kN.m) ∴ O.K [안전률 2.461]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 107.891 kN) , 전단보강 불필요.

④ C(T=600 mm)

* 단면제원 및 설계가정

fck = 24 MPa, fy = 300 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	600.00	520.00	80.00	170.78	197.95

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 2292.000 x 300.00 = 687600.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 24.00 x a x 1000.000 = 20400.000 x a

T = C 이므로, a = 33.706 mm, c = 33.706 / β1 = 33.706 / 0.85 = 39.654 mm

εy = fy / Es = 300.00 / 200000.00 = 0.0015

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (520.00 - 39.654) / 39.654 = 0.03634

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 1312.266 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.747]

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00467

0.25 √fck / fy = 0.00408 , ρmin = 0.00467 적용

ρmax = 0.643 x Pb = 0.643 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02478

ρuse = As / bd = 0.00441

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 33.706 mm

ΦMn = 0.85 x 2292.000 x 300 x (520.00 - a/2) = 294.069 kN.m

≥ Mu (= 170.778 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.722]

* 전단에 대한 검토 (d = 520.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √24 x 1000.00 x 520.00 = 339.663 kN

≥ Vu (= 197.952 kN) , 전단보강 불필요.

(3) 사용성 검토

① D(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 76.687 x 1000000 / [1548.400 x (520.000 - 95.884/3)]
= 101.480 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x1548.400/1000.0 + 7x1548.400/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x1548.400)]
= 95.884 mm

사용철근량 = 1548.4 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D22 - 4.0 EA (= 1548.4 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 22/2 = 69.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 101.48) - 2.5 x 69.00 = 603.51 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 101.48) = 620.81 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 603.51 mm 를 적용
S = 1000.00 / 4.0 EA = 250.00 ≤ Sa (= 603.51 mm) ∴ O.K

② A(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 160.743 x 1000000 / [3096.800 x (520.000 - 130.028/3)]
= 108.896 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x3096.800/1000.0 + 7x3096.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x3096.800)]
= 130.028 mm

사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm)
1단 : D22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 22/2 = 69.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 108.90) - 2.5 x 69.00 = 550.67 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 108.90) = 578.53 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 550.67 mm 를 적용
S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 550.67 mm) ∴ O.K

③ B(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 70.288 x 1000000 / [2292.000 x (520.000 - 114.122/3)]

= 63.629 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2292.000)]

= 114.122 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm)

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 63.63) - 2.5 x 70.50 = 1061.39 mm

300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 63.63) = 990.11 mm

습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 990.11 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 990.11 mm) ∴ O.K

④ C(T=600 mm)

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 100.457 x 1000000 / [2292.000 x (520.000 - 114.122/3)]

= 90.940 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x2292.000/1000.0 + 7x2292.000/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x520.0/(7x2292.000)]

= 114.122 mm

사용철근량 = 2292.0 mm² (철근도심 : 80.0 mm)

1단 : D19 - 8.0 EA (= 2292.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 19/2 = 70.50 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 90.94) - 2.5 x 70.50 = 689.70 mm

300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 90.94) = 692.76 mm

습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 689.70 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 689.70 mm) ∴ O.K

9. 접속슬래브 검토

9.1 접속슬래브 검토(좌측)

1) 지간 및 하중 산정

① 설계조건

- 접속판 길이(교축방향)의 70%를 지간으로 하는 단순보로 계산한다.

Lp = 0.70 x 7.000 = 4.9 m

- 등분포 고정하중

W1 = 23.000 x 0.050 = 1.150 kN/m ; 접속판위의 포장

W2 = 25.000 x 0.450 = 11.250 kN/m ; 접속판의 자중

Wd = 1.150 + 11.250 = 12.400 kN/m

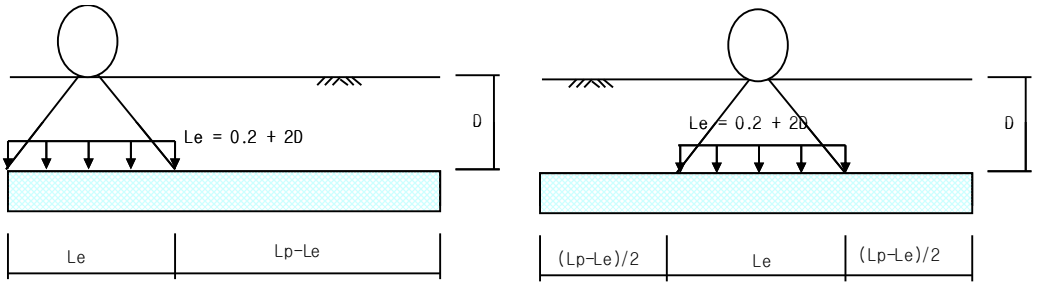
② 고정하중에 의한 부재력

Vd = 12.400 x 4.900 / 2 = 30.380 kN/m

Md = 12.400 x 4.900² / 8 = 37.215 kN.m/m

③ 활하중에 의한 부재력

활하중은 DB-24하중을 재하하기로 한다. 충격계수(i)는 0.3으로 한다.



Ps = 2 x 96.0 x (1 + i) / [3.000 x (0.200 + 2D)]

= 2 x 96.000 x (1 + 0.300) / [3.000 x (0.200 + 2 x 0.050)]

= 277.333 kN/m²

Vl = Ps x Le - (Ps x Le²) / (2 x Lp)

= 277.333 x 0.300 - (277.333 x 0.300²) / (2 x 4.900)

= 80.653 kN

Ml = Ps x Lp/2 x Le/2 - Ps x Le/2 x Le/4

= 277.333 x 4.900/2 x 0.300/2 - 277.333 x 0.300/2 x 0.300/4

= 98.800 kN.m

④ 단면력 산정

Vu = (1.30 x Vd + 2.15 x Vl)

= 1.30 x 30.380 + 2.15 x 80.653

= 212.898 kN

Mu = (1.30 x Md + 2.15 x Ml)

= 1.30 x 37 + 2.15 x 99

= 260.800 kN.m

2) 단면력 검토

* 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
1000.00	450.00	370.00	80.00	260.80	212.90

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 3096.800 x 400.00 = 1238720.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 1000.000 = 22950.000 x a

T = C 이므로, a = 53.975 mm, c = 53.975 / β1 = 53.975 / 0.85 = 63.500 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (370.00 - 63.500) / 63.500 = 0.01448

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2185.647 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 3096.8 mm² (철근도심 : 80.0 mm), [사용률 = 1.417]

1단 : H22 - 8.0 EA (= 3096.8 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350

0.25 √fck / fy = 0.00325 , ρmin = 0.00350 적용

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00837

ρmax ≥ ρuse ≥ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 53.975 mm

ΦMn = 0.85 x 3096.800 x 400 x (370.00 - a/2) = 361.162 kN.m

≥ Mu (= 260.800 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.385]

* 전단에 대한 검토 (d = 370.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 1000.00 x 370.00 = 256.344 kN

≥ Vu (= 212.898 kN) , 전단보강 불필요.

* 주철근비(주철근이 차량 진행방향에 평행) [도로교설계기준 P.359]

55/√(4.900) = 24.85% < 최대 50 % 중 작은값 이상

소요 주철근 : 2185.6 ㎟

필요 철근량 : 2185.6 x 0.248 = 543.1 ㎟ < 1910.0 ㎟ ∴ O.K

* 단면적비(온도 및 건조수축 철근) [콘크리트구조설계기준 5.7.2]

단면적대비 0.0020 이상

필요철근량 : 0.0020 x B x T

= 0.0020 x 1000 x 450 = 900.0 ㎟ < 2865.000 ㎟ ∴ O.K

3) 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 136.016 x 1000000 / [3096.800 x (370.000 - 106.819/3)]

= 131.346 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x3096.800/1000.0 + 7x3096.800/1000.0 x √[(1 + 2x1000.0x370.0/(7x3096.800)]

= 106.819 mm

사용철근량 = 3096.8 ㎟ (철근도심 : 80.0 mm)

1단 : H22 - 8.0 EA (= 3096.8 ㎟)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 80.00 - 22/2 = 69.00 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 131.35) - 2.5 x 69.00 = 427.06 mm

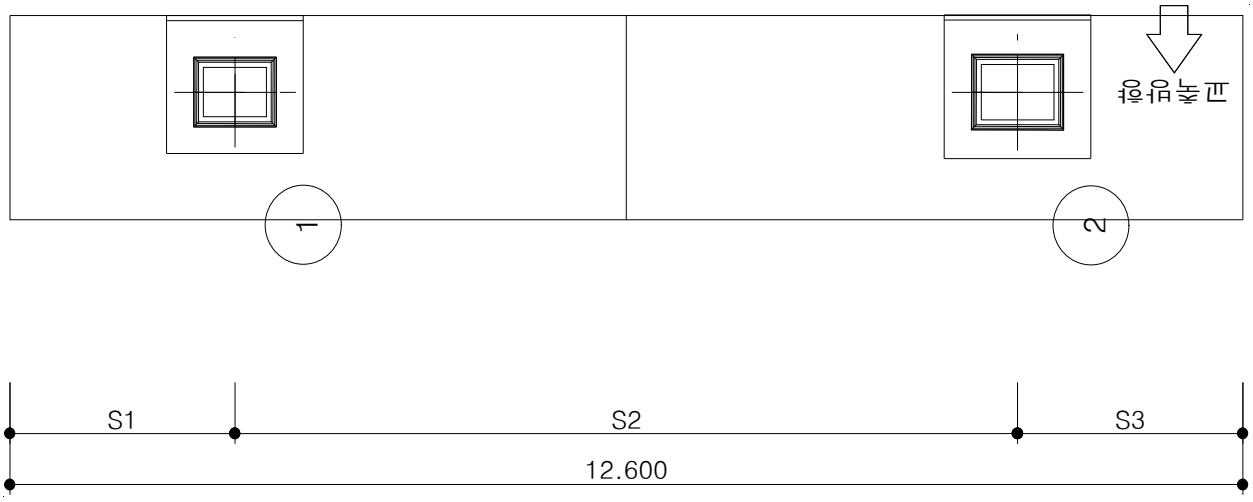
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 131.35) = 479.65 mm

습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 427.06 mm 를 적용

S = 1000.00 / 8.0 EA = 125.00 ≤ Sa (= 427.06 mm) ∴ O.K

10. 교좌부 검토



1) 받침 연단거리 검토

① 필요 연단거리

- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 S = 200 + 5.0L

S = 200 + 5.0 x 82.000 = 610.000 mm

② 실제 연단거리

구 분	필요연단	받침 규격		연단거리	비 고
		교축방향	직각방향		
1	610.000	485.000	645.000	1007.500	O.K
2	610.000	543.000	743.000	978.500	O.K

2) 최소 받침지지 길이 검토

① 최소 받침지지 길이

- 사각이 90.0° 이므로 받침선과 교축직각방향의 사잇각은 0.00°

$N = (200 + 1.67 \times L + 6.66 \times H) \times (1 + 0.000125 \times \theta^2)$ mm

$= (200 + 1.67 \times 257.000 + 6.66 \times 7.750) \times (1 + 0.000125 \times 0.00^2)$

= 680.805 mm

② 실제 받침지지 길이

N1 = 2000 - 100 - 50 = 1850 mm ≥ 681 mm ∴ O.K

3) 교량받침 수직력, 수평력 검토

구 분	수직력			수평력		
	허용값	상부반력	비 고	허용값	탄성지진력	비 고
SHOE 1	4000.000	3435.416	O.K	453.000	398.375	O.K
SHOE 2	5000.000	4310.808	O.K	477.000	458.475	O.K

- 탄성지진력은 응답수정계수(R = 0.8)를 고려한 값이며 내진장치 불필요

4) 교량받침 보강 철근 검토

① 교량받침에 작용하는 하중

구 분	수직력	수평력		보강범위(mm)		비 고
		교축방향	직각방향	교축방향	직각방향	
1	3435.416	288.158	299.530	1895.000	2642.500	
2	4310.808	368.413	344.718	1993.000	2671.500	

탄성지진력은 응답수정계수(R = 0.8)를 고려한 값

② 교량받침 하면 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	6501.605	8516.200	O.K	6577.422	8516.200	O.K
2	8080.252	9290.400	O.K	8045.864	8516.200	O.K

③ 교량받침 콘크리트 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	1921.050	6292.000	O.K	1996.867	6292.000	O.K
2	2456.084	6292.000	O.K	2298.120	6292.000	O.K

5) 교량받침 하면 보강 : 교량받침 2

① 교량받침에 작용하는 하중

- 연직하중 : 최대반력

  P = 4310.808 kN

- 교축방향 수평하중 : 탄성지진력, 온도변화의 영향

  Hx1 = 2824.497 x 0.150 / 1.15 = 368.413 kN

  Hx2 = 321.737 / 1.33 = 241.908 kN

  ☞ 수평력은 Hx1, Hx2 중 큰 값인 368.413 kN를 적용한다.

- 교축직각방향 수평하중 : 탄성지진력, 풍하중의 영향

  B/D = 12.600 / 0.000 = 0.000 [8≤B/D]

  W1 = 2.4 x 0.000 = 0.000 kN/m² < 6.0 이므로

  Hy1 = 6.000 x 82.000 / 2 / 2EA / 1.25 = 98.400 kN

  Hy2 = 458.475 / 1.33 = 344.718 kN

  ☞ 수평력은 Hy1, Hy2 중 큰 값인 344.718 kN를 적용한다.

② 연직하중에 대한 보강

b1x = 543.000 mm b1y = 743.000 mm

b2x = 1250.000 mm b2y = 2300.000 mm

bcx = 2 x b2x = 2500.000 mm < 5 x b1x = 2715.000 mm

bcy = 2 x b2y = 4600.000 mm > 5 x b1y = 3715.000 mm

Asx1 = 1/4 x (1 - b1x/bcx) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 543.000/2500.000) x 4310.808 x 10^3 /150.000

= 5624.168 mm²

Asy1 = 1/4 x (1 - b1y/bcy) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 743.000/3715.000) x 4310.808 x 10^3 /150.000

= 5747.744 mm²

③ 수평하중에 대한 보강

Asx2 = Hx/fsa

= 368.413 x 10^3 / 150.000

= 2456.084 mm²

Asy2 = Hy/fsa

= 344.718 x 10^3 / 150.000

= 2298.120 mm²

④ 철근 보강 범위

- 교축직각방향 철근보강 범위

Bxo = b1x + b2y = 543.000 + 2300.000 = 2843.000 mm

여기서, 교좌중심에서의 연단거리 1250.000 mm가 Bxo/2 = 1421.500 mm보다 작으므로 보정필요

Bxo = b2x + (b1x + b2y)/2 = 1250.000 + (543.000+2300.000)/2 = 2671.500 mm

- 교축방향 철근보강 범위

Byo = b1y + b2x = 743.000 + 1250.000 = 1993.000 mm

⑤ 철근량 산정

- 교축직각방향

Asy = Asy1 + Asy2 = 5747.744 + 2298.120 = 8045.864 mm²

Bxo = 2671.500 mm 범위내에서 D22 - 22 EA

As = 387.100 x 22 = 8516.200 mm² ∴ O.K

- 교축방향

Asx = Asx1 + Asx2 = 5624.168 + 2456.084 = 8080.252 mm²

Byo = 1993.000 mm 범위내에서 D22 - 24 EA

As = 387.100 x 24 = 9290.400 mm² ∴ O.K

(3) 받침 콘크리트 제원 산정

① 교축방향

전면길이 (받침전면에서의 길이를 기준으로 한다.) 결정값(Lbx1) = 895 mm

최대가능길이 Lbx,max1 = 895.0 mm

지압저항길이 b3x = ha x 2 + 100mm = 117 x 2 + 100 = 334 mm

* b2중 최대값을 사용하되 최대가능길이는 초과할 수 없다.

배면길이 (받침전면에서의 길이를 기준으로 한다.) 결정값(Lbx1) = 555 mm

최대가능길이 Lbx,max1 = 555.0 mm

지압저항길이 b3x = ha x 2 + 100mm = 117 x 2 + 100 = 334 mm

받침콘크리트 제원

배면길이 + 받침길이 + 전면길이 =

555 + 650 + 895.0 = 2100 mm

코핑제원 코핑폭 = 2800 mm

배면길이 + 받침길이 + 전면길이 =

555.0 + 650 + 0.0 = 1205 mm

② 교축직각방향

내측받침(받침전면에서의 길이를 기준으로 한다.) 결정값(Lbx1) = 895 mm

최대가능길이 Lbx,max1 = 1818 mm

지압저항길이 b3x = ha x 2 + 100mm = 117 x 2 + 100 = 334 mm

* b2중 최대값을 사용하되 최대가능길이는 초과할 수 없다.

받침콘크리트 제원

좌측길이 + 받침길이 + 우측길이 =

895 + 810 + 895.0 = 2600 mm

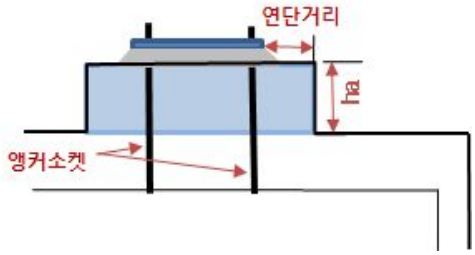
코핑제원 코핑폭 = 2800 mm

좌측길이 + 받침길이 + 우측길이(받침중심간거리)

1818.0 + 810 + 1818.0 = 4446 mm

10.9 받침콘크리트 안전검토 및 보강설계

10.9.1 받침콘크리트 검토 생략 조건



1) 지압에 대한 검토

받침 콘크리트의 연단거리가 받침 콘크리트 높이(ha)의 2배 이상이면 지압에 대한 검토는 생략한다.

받침콘크리트 높이(ha) = 117 mm

교축방향 연단거리 = Min(895 , 555) = 555 mm

> 117 x 2 = 234.0 mm **지압에 대한 검토가 필요없음**

교축직각방향 연단거리 = Min(895 , 895) = 895 mm

> 117 x 2 = 234.0 mm **지압에 대한 검토가 필요없음**

6) 교량받침 콘크리트 보강 : 교량받침 2

① 교축직각방향

As2 = Hy/fsa = 344.718 x 10^3 / 150.000 = 2298.120 mm^2

사용철근 : D19 - 22 EA

As = 286.500 x 22 = 6292.000 mm^2 ∴ O.K

② 교축방향

As1 = Hx/fsa = 368.413 x 10^3 / 150.000 = 2456.084 mm^2

사용철근 : D19 - 22 EA

As = 286.500 x 22 = 6292.000 mm^2 ∴ O.K

11. 말뚝 검토

1) 설계조건

① 말뚝의 제원

말뚝 종류	직경(mm)	두께(mm)	부식두께(mm)	길이(m)
내부굴착강관말뚝	508	12	2	21.100

※ 말뚝길이는 기초평면에 묻힌 100mm는 제외한 길이로 계산한다.

말뚝의 탄성계수 E = 205000.0 MPa

말뚝의 단면2차모멘트 I = π/64 x (0.504⁴ - 0.484⁴) = 0.0004736 m⁴

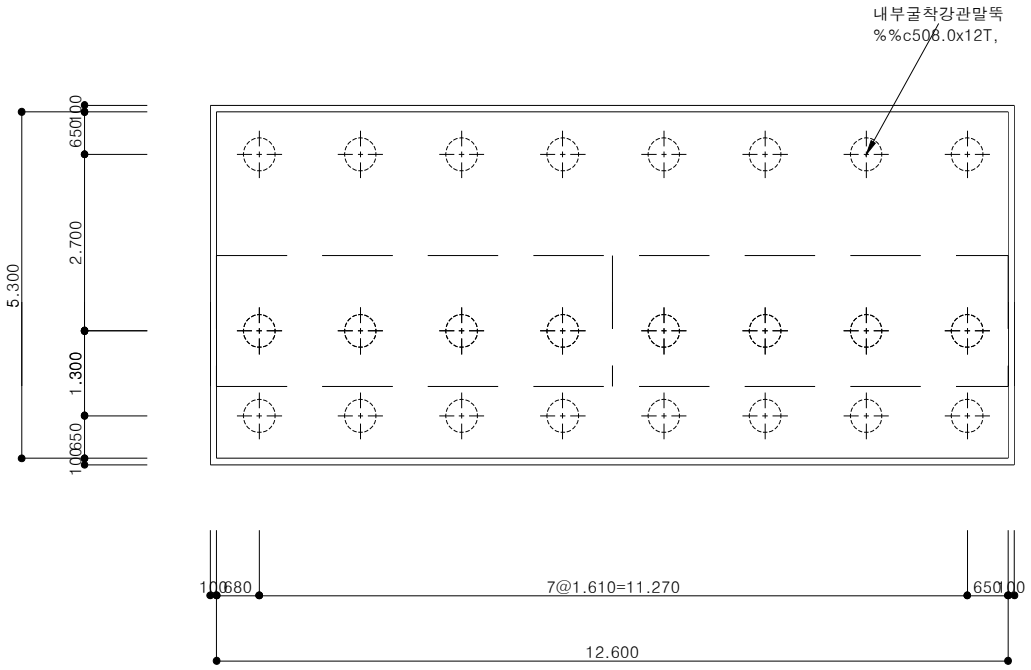
말뚝 머리의 평균 N치 N = 10

말뚝 선단의 평균 N치 N = 40

말뚝 선단의 근입깊이 Df = 1.0 m

원지반으로부터 돌출된 길이 h = 0.0 m

② 말뚝의 배치



2) 말뚝도심에서의 작용하중

구 분		Vo(kN)	Ho(kN)	Mo(kN.m)	비 고
사용하중	COMBO 1	7307.975	2072.095	-1483.519	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)
	COMBO 2	7307.975	2072.095	-1483.519	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)
	COMBO 3	7093.775	2658.058	2865.885	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)
	COMBO 4	14897.963	2072.095	-983.266	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)
	COMBO 5	14897.963	2827.150	1981.429	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10)
	COMBO 6	12127.475	3413.113	6160.757	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)
계수하중	COMBO 1	10134.528	3522.562	-1256.681	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)
	COMBO 2	9952.458	3522.562	-885.769	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)
	COMBO 3	7093.775	2658.058	2865.885	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)
	COMBO 4	22174.357	3522.562	-443.487	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)
	COMBO 5	19819.442	4504.133	3607.138	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10+11)
	COMBO 6	12127.475	3413.113	6160.757	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)

3) 말뚝의 특성치 계산

① 말뚝의 축방향 스프링정수

Ap = π/4 x (0.504² - 0.484²) = 0.0155 ㎡ ; 말뚝의 순단면적

a = 0.010 x (L/D) + 0.36 = 0.779

Kv = a x Ap x Ep / L = 117406.424 kN/m ; 말뚝의 축방향 스프링정수

② 말뚝의 축직각방향 스프링정수

: 1/β 가정된 값이 계산된 값과 일치할 때까지 반복 계산

$$B_H = \sqrt{\frac{D}{\beta}} \qquad k_{HO} = \frac{1}{0.3}\alpha E_O \qquad k_H = k_{HO}\left(\frac{B_H}{0.3}\right)^{-\frac{3}{4}}$$

α = 1 (평상시), 2 (지진시)

Eo = 1000 x N = 1000 x 10 = 10000 kN/㎡

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$$

가) 수평저항에 관여하는 지반의 깊이 : 평상시

가정된 1/β(m)	계산치 1/β(m)	Kh(kN/m³)
0.504	2.417	22588.99
2.417	2.799	12548.69
2.799	2.838	11875.83
2.838	2.842	11814.64
2.842	2.842	11808.91
2.842	2.842	11808.38
2.842	2.842	11808.33

Kh = 11808.32 kN/m³

β = 0.352 m-1

βL = 0.352 x 21.1000 = 7.424 ≥ 3 ∴ 반무한장 말뚝으로 설계한다.

나) 수평저항에 관여하는 지반의 깊이 : 지진시

가정된 1/β(m)	계산치 1/β(m)	Kh(kN/m³)
0.504	2.032	45177.98
2.032	2.316	26782.43
2.316	2.345	25501.25
2.345	2.347	25384.33
2.347	2.348	25373.39
2.348	2.348	25372.37
2.348	2.348	25372.27

Kh = 25372.26 kN/m³

β = 0.426 m-1

βL = 0.426 x 21.1000 = 8.988 ≥ 3 ∴ 반무한장 말뚝으로 설계한다.

4) 말뚝의 변위 및 부재력

① 말뚝머리 고정일 경우

가) 축직각방향 스프링정수

구 분	평상시	지진시	산출식	단 위
K1	16915.007	30019.293	$4EI\beta^3$	kN/m
K2	24037.851	35235.558	$2EI\beta^2$	kN/rad
K3	24037.851	35235.558	$2EI\beta^2$	kN/rad
K4	68320.191	82716.439	$2EI\beta$	kN.m/rad

나) 기초의 변위

말뚝원점에서의 변위		계산값	
		평상시	지진시
Axx	$\sum \left(K_1 \cos^2\theta_i + K_v \sin^2\theta_i\right)$	405960.2	720463.0
Axy,Ayx	$\sum \left(K_v - K_1\right)\sin\theta_i \cos\theta_i$	0.0	0.0
Axa,Aax	$\sum \left\{\left(K_v - K_1\right)x_i \sin\theta_i \cos\theta_i - K_2 \cos\theta_i\right\}$	-576908.4	-845653.4
Ayy	$\sum \left(K_v \cos^2\theta_i + K_1 \sin^2\theta_i\right)$	2817754.2	2817754.2
Aya,Aay	$\sum\left\{\left(K_v\cos^2\theta_i + K_1\sin^2\theta_i\right)x_i + K_2\sin\theta_i\right\}$	0.0	0.0
Aaa	$\sum\left\{\left(K_v\cos^2\theta_i + K_1\sin^2\theta_i\right)x_i^2 + \left(K_2+K_3\right)x_i\sin\theta_i + K_4\right\}$	9460517.9	9806027.8
일반식	$\begin{bmatrix}\delta_x\\ \delta_y\\ \alpha\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}A_{xx} & A_{xy} & A_{xa}\\ A_{yx} & A_{yy} & A_{ya}\\ A_{ax} & A_{ay} & A_{aa}\end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix}H_o\\ V_o\\ M_o\end{bmatrix}$		

구 분		δx(m)	δy(m)	α(rad)	비 고
사용하중	COMBO 1	0.0053445	0.0025935	0.0001691	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)
	COMBO 2	0.0053445	0.0025935	0.0001691	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)
	COMBO 3	0.0044866	0.0025175	0.0006792	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)
	COMBO 4	0.0054268	0.0052872	0.0002270	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)
	COMBO 5	0.0079508	0.0052872	0.0006943	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10)
	COMBO 6	0.0060914	0.0043040	0.0011536	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)
계수하중	COMBO 1	0.0092937	0.0035967	0.0004339	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)
	COMBO 2	0.0093547	0.0035321	0.0004768	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)
	COMBO 3	0.0044866	0.0025175	0.0006792	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)
	COMBO 4	0.0094275	0.0078695	0.0005280	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)
	COMBO 5	0.0127410	0.0070338	0.0011582	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10+11)
	COMBO 6	0.0060914	0.0043040	0.0011536	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)

* 말뚝의 수평변위 검토

말뚝의 수평변위 = 7.951 ㎜ ≤ 말뚝의 허용변위 = 15.000 ㎜ ∴ O.K

다) 말뚝의 작용력과 말뚝머리에서의 반력

▣ 말뚝머리 변위량 및 작용력 : 말뚝응력검토시

$\delta x(i) = \delta x \times \cos\theta(i) - (\delta y + \alpha \times x(i)) \times \sin\theta(i)$

$\delta y(i) = \delta x \times \sin\theta(i) + (\delta y + \alpha \times x(i)) \times \cos\theta(i)$

$Pn(i) = Kv \times \delta y(i)$

$Ph(i) = K1 \times \delta x(i) - K2 \times \alpha$

$Mt(i) = -K3 \times \delta x(i) + K4 \times \alpha$

- 사용하중 하중조합

구 분		δx(i)	δy(i)	α	Pn(i)	Ph(i)	Mt(i)
COMBO 1	1	0.0053445	0.0028923	0.0001691	339.573	86.337	-116.917
	2	0.0053445	0.0026725	0.0001691	313.764	86.337	-116.917
	3	0.0053445	0.0022159	0.0001691	260.160	86.337	-116.917
COMBO 2	1	0.0053445	0.0028923	0.0001691	339.573	86.337	-116.917
	2	0.0053445	0.0026725	0.0001691	313.764	86.337	-116.917
	3	0.0053445	0.0022159	0.0001691	260.160	86.337	-116.917
COMBO 3	1	0.0044866	0.0037174	0.0006792	436.446	110.752	-101.908
	2	0.0044866	0.0028345	0.0006792	332.785	110.752	-101.908
	3	0.0044866	0.0010007	0.0006792	117.490	110.752	-101.908
COMBO 4	1	0.0054268	0.0056882	0.0002270	667.831	86.337	-114.939
	2	0.0054268	0.0053931	0.0002270	633.185	86.337	-114.939
	3	0.0054268	0.0047802	0.0002270	561.229	86.337	-114.939
COMBO 5	1	0.0079508	0.0065137	0.0006943	764.755	117.798	-143.685
	2	0.0079508	0.0056112	0.0006943	658.788	117.798	-143.685
	3	0.0079508	0.0037366	0.0006943	438.702	117.798	-143.685
COMBO 6	1	0.0060914	0.0063419	0.0011536	744.584	142.213	-119.215
	2	0.0060914	0.0048423	0.0011536	568.515	142.213	-119.215
	3	0.0060914	0.0017276	0.0011536	202.835	142.213	-119.215

- 계수하중 하중조합

구 분		δx(i)	δy(i)	α	Pn(i)	Ph(i)	Mt(i)
COMBO 1	1	0.0092937	0.0043632	0.0004339	512.271	146.773	-193.757
	2	0.0092937	0.0037992	0.0004339	446.045	146.773	-193.757
	3	0.0092937	0.0026276	0.0004339	308.499	146.773	-193.757
COMBO 2	1	0.0093547	0.0043745	0.0004768	513.589	146.773	-192.291
	2	0.0093547	0.0037546	0.0004768	440.811	146.773	-192.291
	3	0.0093547	0.0024671	0.0004768	289.657	146.773	-192.291
COMBO 3	1	0.0044866	0.0037174	0.0006792	436.446	110.752	-101.908
	2	0.0044866	0.0028345	0.0006792	332.785	110.752	-101.908
	3	0.0044866	0.0010007	0.0006792	117.490	110.752	-101.908
COMBO 4	1	0.0094275	0.0088023	0.0005280	1033.451	146.773	-190.542
	2	0.0094275	0.0081159	0.0005280	952.861	146.773	-190.542
	3	0.0094275	0.0066903	0.0005280	785.482	146.773	-190.542
COMBO 5	1	0.0127410	0.0090800	0.0011582	1066.049	187.672	-227.135
	2	0.0127410	0.0075743	0.0011582	889.269	187.672	-227.135
	3	0.0127410	0.0044470	0.0011582	522.112	187.672	-227.135
COMBO 6	1	0.0060914	0.0063419	0.0011536	744.584	142.213	-119.215
	2	0.0060914	0.0048423	0.0011536	568.515	142.213	-119.215
	3	0.0060914	0.0017276	0.0011536	202.835	142.213	-119.215

▣ 말뚝머리 작용력 : 기초응력 검토시

$V(i) = Pn(i) \times \cos\theta(i) - Ph(i) \times \sin\theta(i)$

$H(i) = Pn(i) \times \sin\theta(i) + Ph(i) \times \cos\theta(i)$

$Ht = \sum H(i) \times N$

$Vt = \sum V(i) \times N$

$Mt = \sum (V(i) \times x(i) + M(i)) \times N$

- 사용하중 하중조합

구 분		수평거리	각도	축력	수평력	모멘트	본수
COMBO 1	1	1.767	0	339.573	86.337	-116.917	8
	2	0.467	0	313.764	86.337	-116.917	8
	3	-2.233	0	260.160	86.337	-116.917	8
	계			7307.975	2072.095	-1483.519	24
COMBO 2	1	1.767	0	339.573	86.337	-116.917	8
	2	0.467	0	313.764	86.337	-116.917	8
	3	-2.233	0	260.160	86.337	-116.917	8
	계			7307.975	2072.095	-1483.519	24
COMBO 3	1	1.767	0	436.446	110.752	-101.908	8
	2	0.467	0	332.785	110.752	-101.908	8
	3	-2.233	0	117.490	110.752	-101.908	8
	계			7093.775	2658.058	2865.885	24
COMBO 4	1	1.767	0	667.831	86.337	-114.939	8
	2	0.467	0	633.185	86.337	-114.939	8
	3	-2.233	0	561.229	86.337	-114.939	8
	계			14897.963	2072.095	-983.266	24
COMBO 5	1	1.767	0	764.755	117.798	-143.685	8
	2	0.467	0	658.788	117.798	-143.685	8
	3	-2.233	0	438.702	117.798	-143.685	8
	계			14897.963	2827.150	1981.429	24
COMBO 6	1	1.767	0	744.584	142.213	-119.215	8
	2	0.467	0	568.515	142.213	-119.215	8
	3	-2.233	0	202.835	142.213	-119.215	8
	계			12127.475	3413.113	6160.757	24

- 계수하중 하중조합

구 분		수평거리	각도	축력	수평력	모멘트	본수
COMBO 1	1	1.767	0	512.271	146.773	-193.757	8
	2	0.467	0	446.045	146.773	-193.757	8
	3	-2.233	0	308.499	146.773	-193.757	8
	계			10134.528	3522.562	-1256.681	24
COMBO 2	1	1.767	0	513.589	146.773	-192.291	8
	2	0.467	0	440.811	146.773	-192.291	8
	3	-2.233	0	289.657	146.773	-192.291	8
	계			9952.458	3522.562	-885.769	24
COMBO 3	1	1.767	0	436.446	110.752	-101.908	8
	2	0.467	0	332.785	110.752	-101.908	8
	3	-2.233	0	117.490	110.752	-101.908	8
	계			7093.775	2658.058	2865.885	24
COMBO 4	1	1.767	0	1033.451	146.773	-190.542	8
	2	0.467	0	952.861	146.773	-190.542	8
	3	-2.233	0	785.482	146.773	-190.542	8
	계			22174.357	3522.562	-443.487	24
COMBO 5	1	1.767	0	1066.049	187.672	-227.135	8
	2	0.467	0	889.269	187.672	-227.135	8
	3	-2.233	0	522.112	187.672	-227.135	8
	계			19819.442	4504.133	3607.138	24
COMBO 6	1	1.767	0	744.584	142.213	-119.215	8
	2	0.467	0	568.515	142.213	-119.215	8
	3	-2.233	0	202.835	142.213	-119.215	8
	계			12127.475	3413.113	6160.757	24

라) 말뚝의 변위 및 부재력 : 사용하중

㉮ COMBO 1 : 고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)

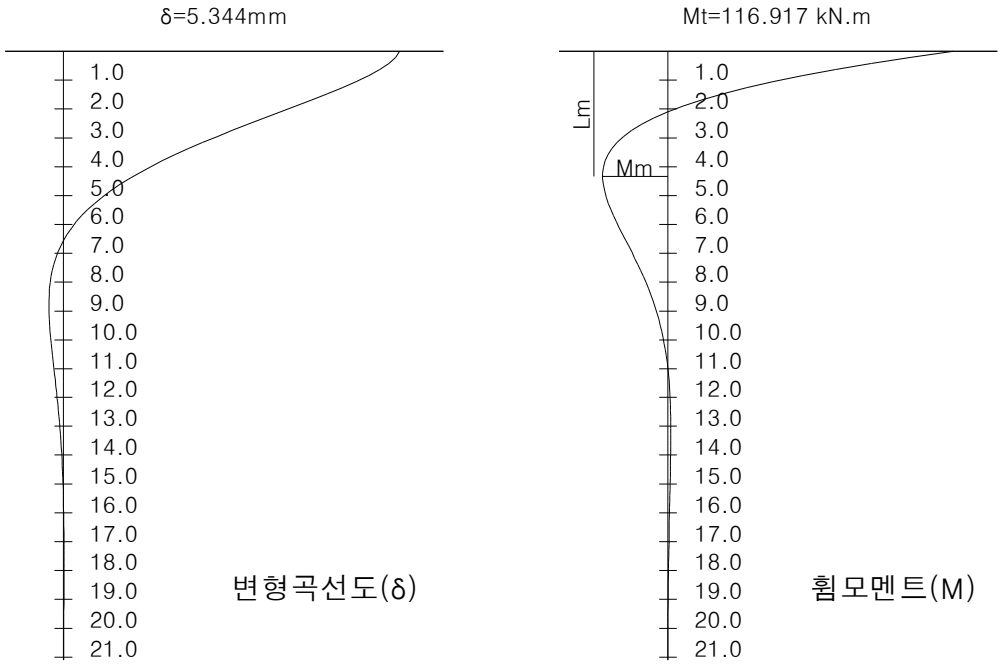
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -26.764 kN.m, 4.331 m
- 말뚝머리부의 변위 : 5.344 mm
- 지표면에서의 변위 : 5.344 mm

㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	116.917	-86.337	5.345	
1.407	25.524	-45.140	4.276	
2.813	-16.065	-16.347	2.601	
4.220	-26.722	-0.763	1.202	
5.627	-22.701	5.256	0.323	
7.033	-14.426	5.923	-0.100	
8.440	-7.041	4.402	-0.228	
9.847	-2.194	2.522	-0.207	
11.253	0.263	1.070	-0.137	
12.660	1.097	0.211	-0.071	
14.067	1.080	-0.172	-0.025	
15.473	0.751	-0.262	0.000	
16.880	0.404	-0.218	0.009	
18.287	0.155	-0.136	0.010	
19.693	0.016	-0.065	0.007	
21.100	-0.041	-0.019	0.004	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



㉯ COMBO 2 : 고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)

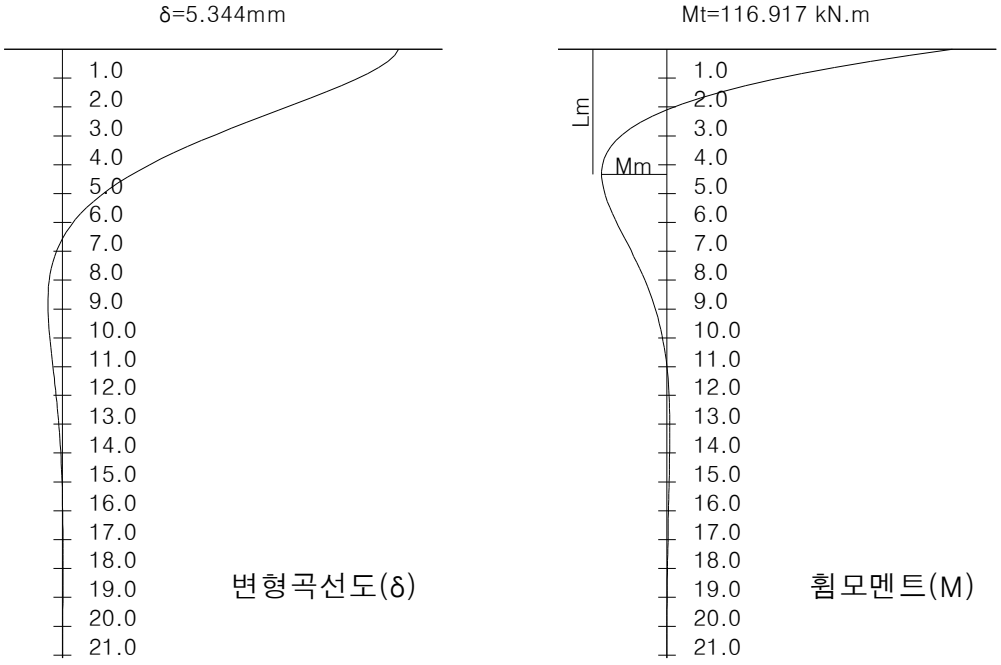
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -26.764 kN.m, 4.331 m
- 말뚝머리부의 변위 : 5.344 mm
- 지표면에서의 변위 : 5.344 mm

㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	116.917	-86.337	5.345	
1.407	25.524	-45.140	4.276	
2.813	-16.065	-16.347	2.601	
4.220	-26.722	-0.763	1.202	
5.627	-22.701	5.256	0.323	
7.033	-14.426	5.923	-0.100	
8.440	-7.041	4.402	-0.228	
9.847	-2.194	2.522	-0.207	
11.253	0.263	1.070	-0.137	
12.660	1.097	0.211	-0.071	
14.067	1.080	-0.172	-0.025	
15.473	0.751	-0.262	0.000	
16.880	0.404	-0.218	0.009	
18.287	0.155	-0.136	0.010	
19.693	0.016	-0.065	0.007	
21.100	-0.041	-0.019	0.004	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



㈐ COMBO 3 : 고정하중+토압+지진하중(2+4+6)

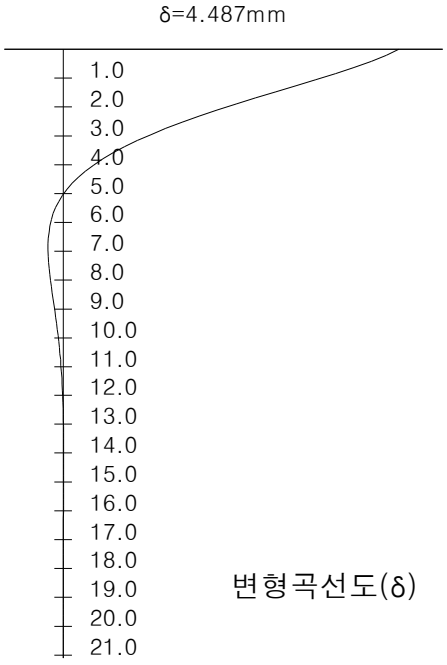
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -34.204 kN.m, 3.188 m
- 말뚝머리부의 변위 : 4.487 mm
- 지표면에서의 변위 : 4.487 mm

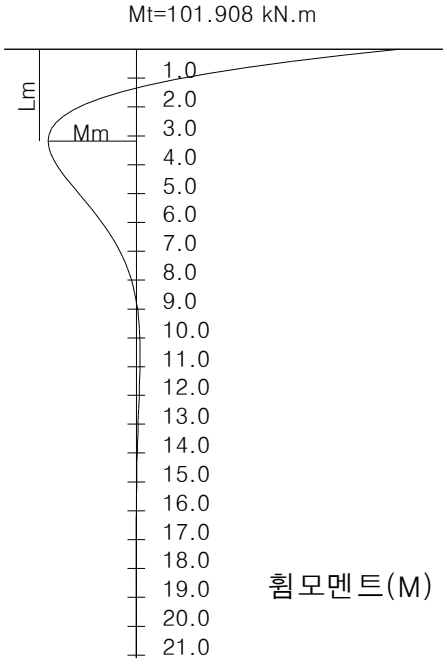
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	101.908	-110.752	4.487	
1.407	-2.749	-42.819	2.931	
2.813	-33.237	-5.431	1.305	
4.220	-29.320	7.991	0.300	
5.627	-16.570	8.887	-0.122	
7.033	-6.186	5.651	-0.201	
8.440	-0.613	2.445	-0.146	
9.847	1.310	0.513	-0.071	
11.253	1.373	-0.272	-0.021	
12.660	0.851	-0.402	0.003	
14.067	0.357	-0.282	0.009	
15.473	0.067	-0.135	0.007	
16.880	-0.047	-0.037	0.004	
18.287	-0.063	0.007	0.001	
19.693	-0.043	0.018	0.000	
21.100	-0.020	0.014	0.000	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㉮ COMBO 4 : 고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)

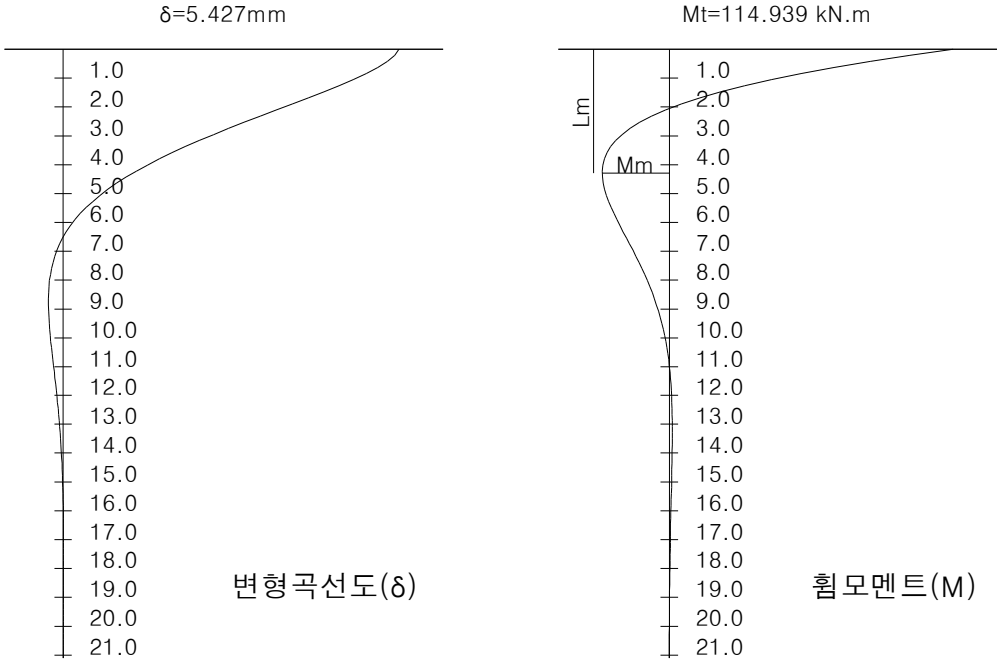
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -27.221 kN.m, 4.285 m
- 말뚝머리부의 변위 : 5.427 mm
- 지표면에서의 변위 : 5.427 mm

㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	114.939	-86.337	5.427	
1.407	23.891	-44.737	4.296	
2.813	-17.082	-15.914	2.592	
4.220	-27.207	-0.449	1.185	
5.627	-22.843	5.432	0.308	
7.033	-14.398	5.996	-0.110	
8.440	-6.959	4.414	-0.232	
9.847	-2.116	2.508	-0.209	
11.253	0.316	1.050	-0.137	
12.660	1.126	0.195	-0.070	
14.067	1.090	-0.181	-0.024	
15.473	0.751	-0.267	0.000	
16.880	0.401	-0.219	0.009	
18.287	0.151	-0.136	0.010	
19.693	0.013	-0.064	0.007	
21.100	-0.042	-0.019	0.004	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



㉮ COMBO 5 : 고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10)

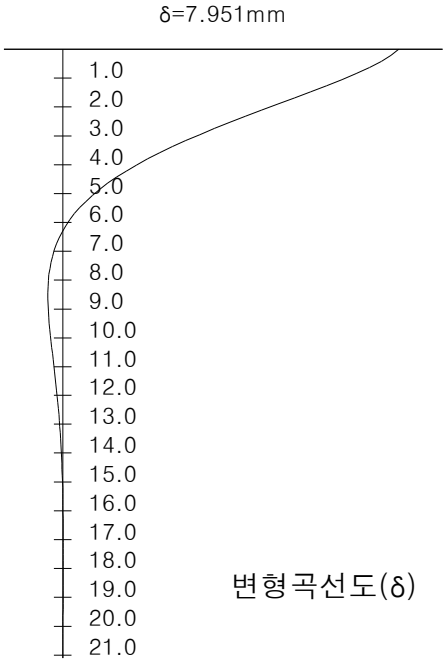
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -40.459 kN.m, 4.064 m
- 말뚝머리부의 변위 : 7.951 mm
- 지표면에서의 변위 : 7.951 mm

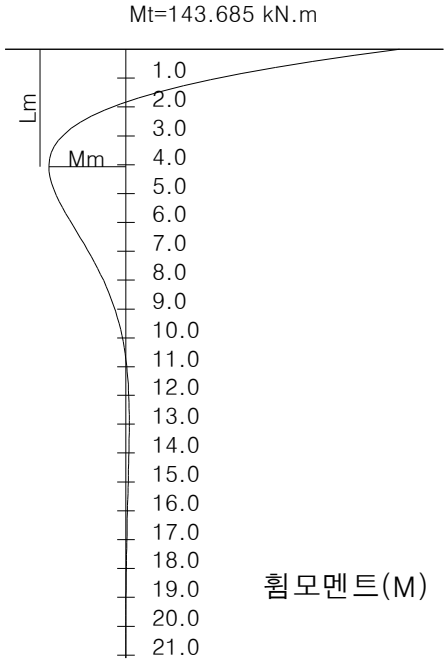
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	143.685	-117.798	7.951	
1.407	21.745	-58.362	5.996	
2.813	-30.068	-18.841	3.479	
4.220	-40.342	1.474	1.504	
5.627	-32.110	8.584	0.321	
7.033	-19.459	8.662	-0.215	
8.440	-8.946	6.104	-0.350	
9.847	-2.366	3.330	-0.295	
11.253	0.786	1.304	-0.187	
12.660	1.722	0.162	-0.091	
14.067	1.556	-0.311	-0.028	
15.473	1.029	-0.394	0.004	
16.880	0.526	-0.307	0.014	
18.287	0.182	-0.183	0.014	
19.693	0.000	-0.082	0.010	
21.100	-0.068	-0.020	0.005	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㉮ COMBO 6 : 고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)

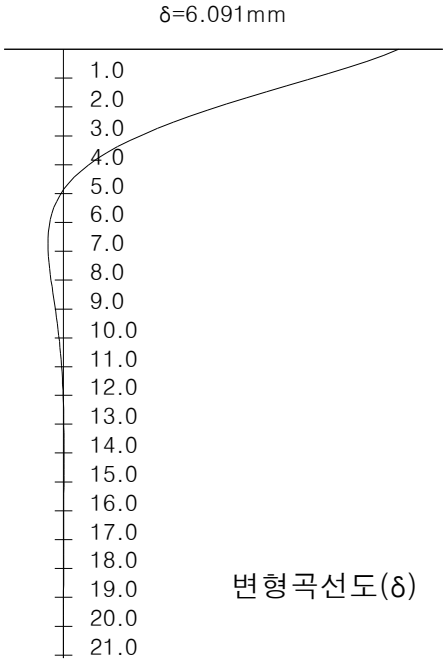
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -47.675 kN.m, 3.034 m
- 말뚝머리부의 변위 : 6.091 mm
- 지표면에서의 변위 : 6.091 mm

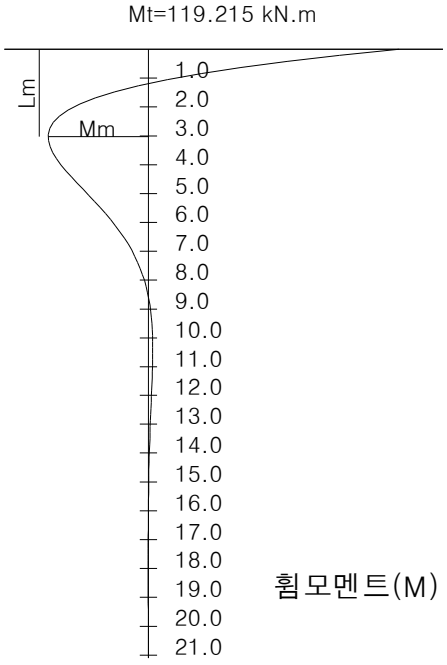
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	119.215	-142.213	6.091	
1.407	-12.417	-51.910	3.811	
2.813	-47.227	-4.187	1.619	
4.220	-39.094	11.862	0.319	
5.627	-21.216	12.023	-0.199	
7.033	-7.452	7.328	-0.277	
8.440	-0.359	3.020	-0.191	
9.847	1.922	0.529	-0.090	
11.253	1.852	-0.431	-0.024	
12.660	1.100	-0.551	0.006	
14.067	0.439	-0.369	0.012	
15.473	0.067	-0.169	0.009	
16.880	-0.072	-0.042	0.005	
18.287	-0.085	0.013	0.002	
19.693	-0.056	0.024	0.000	
21.100	-0.025	0.018	-0.001	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

마) 말뚝의 변위 및 부재력 : 계수하중

㉮ COMBO 1 : 고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)

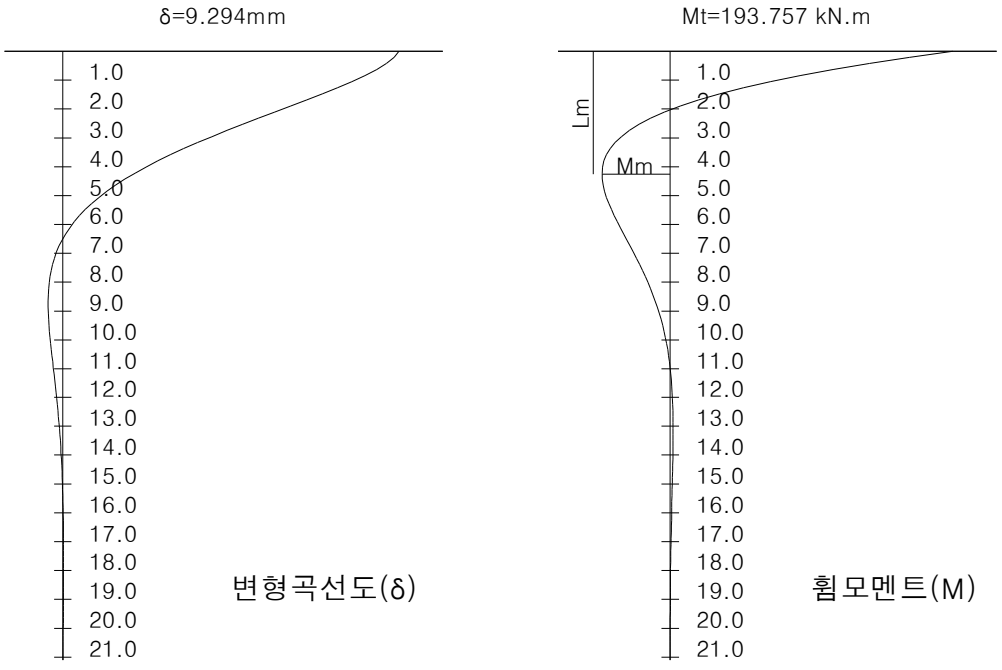
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -46.665 kN.m, 4.263 m
- 말뚝머리부의 변위 : 9.294 mm
- 지표면에서의 변위 : 9.294 mm

㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	193.757	-146.773	9.294	
1.407	39.259	-75.719	7.320	
2.813	-29.884	-26.696	4.400	
4.220	-46.654	-0.503	2.000	
5.627	-38.950	9.381	0.511	
7.033	-24.453	10.253	-0.195	
8.440	-11.761	7.514	-0.399	
9.847	-3.531	4.252	-0.356	
11.253	0.582	1.769	-0.233	
12.660	1.937	0.318	-0.118	
14.067	1.862	-0.316	-0.040	
15.473	1.278	-0.457	0.001	
16.880	0.679	-0.373	0.016	
18.287	0.254	-0.231	0.017	
19.693	0.020	-0.109	0.012	
21.100	-0.073	-0.031	0.007	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



㉯ COMBO 2 : 고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)

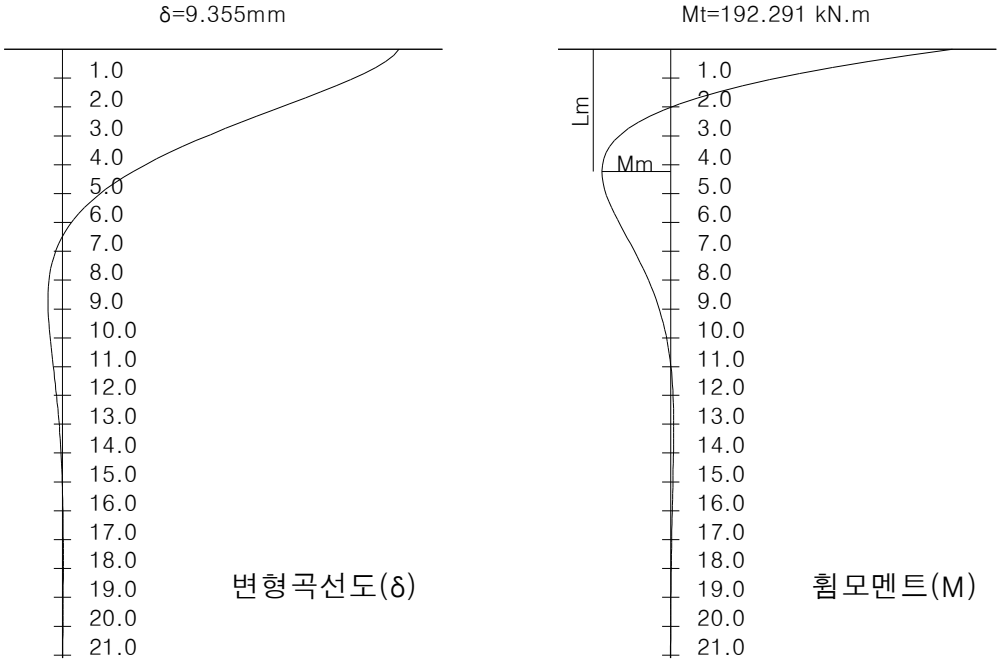
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -47.016 kN.m, 4.243 m
- 말뚝머리부의 변위 : 9.355 mm
- 지표면에서의 변위 : 9.355 mm

㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	192.291	-146.773	9.355	
1.407	38.048	-75.420	7.335	
2.813	-30.639	-26.375	4.393	
4.220	-47.013	-0.270	1.988	
5.627	-39.056	9.512	0.500	
7.033	-24.432	10.306	-0.202	
8.440	-11.700	7.523	-0.403	
9.847	-3.473	4.241	-0.357	
11.253	0.621	1.755	-0.233	
12.660	1.958	0.307	-0.118	
14.067	1.869	-0.323	-0.040	
15.473	1.278	-0.461	0.001	
16.880	0.677	-0.374	0.016	
18.287	0.251	-0.230	0.017	
19.693	0.018	-0.108	0.012	
21.100	-0.074	-0.030	0.007	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



㈐ COMBO 3 : 고정하중+토압+지진하중(2+4+6)

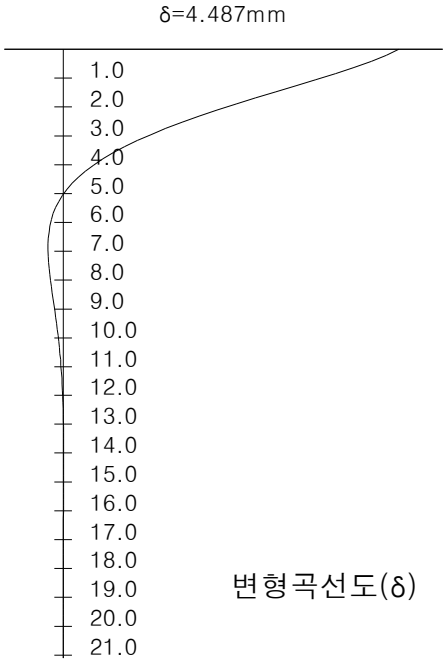
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -34.204 kN.m, 3.188 m
- 말뚝머리부의 변위 : 4.487 mm
- 지표면에서의 변위 : 4.487 mm

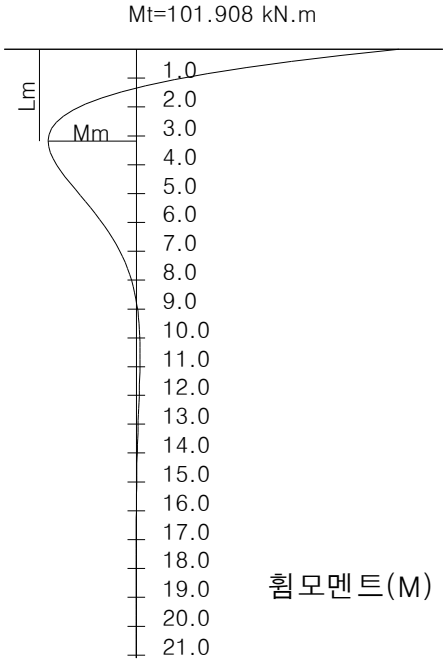
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	101.908	-110.752	4.487	
1.407	-2.749	-42.819	2.931	
2.813	-33.237	-5.431	1.305	
4.220	-29.320	7.991	0.300	
5.627	-16.570	8.887	-0.122	
7.033	-6.186	5.651	-0.201	
8.440	-0.613	2.445	-0.146	
9.847	1.310	0.513	-0.071	
11.253	1.373	-0.272	-0.021	
12.660	0.851	-0.402	0.003	
14.067	0.357	-0.282	0.009	
15.473	0.067	-0.135	0.007	
16.880	-0.047	-0.037	0.004	
18.287	-0.063	0.007	0.001	
19.693	-0.043	0.018	0.000	
21.100	-0.020	0.014	0.000	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㉮ COMBO 4 : 고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)

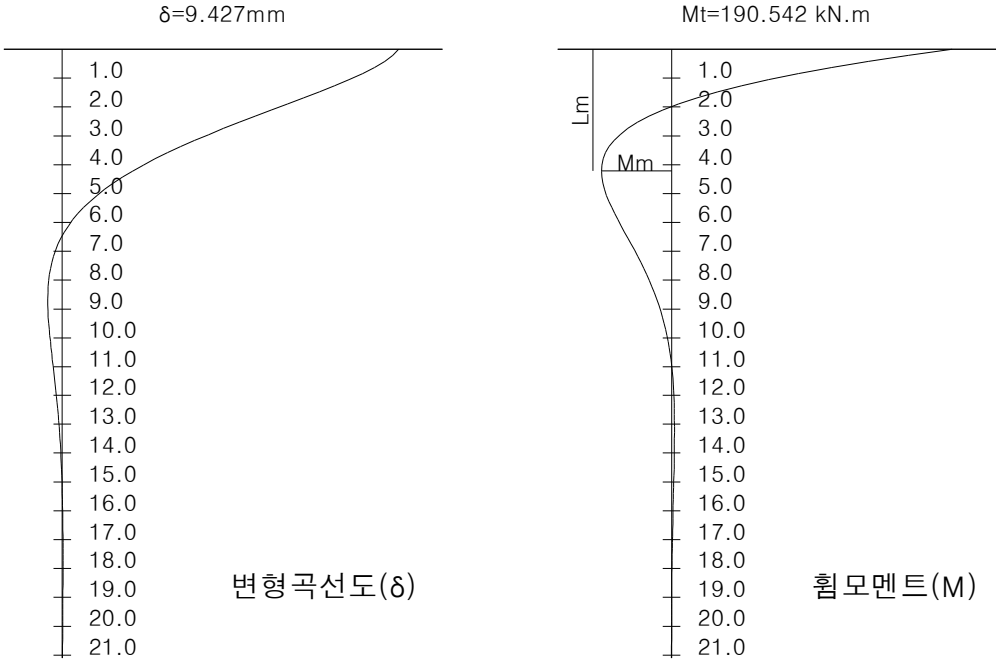
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -47.442 kN.m, 4.219 m
- 말뚝머리부의 변위 : 9.427 mm
- 지표면에서의 변위 : 9.427 mm

㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	190.542	-146.773	9.428	
1.407	36.604	-75.064	7.353	
2.813	-31.539	-25.993	4.385	
4.220	-47.442	0.008	1.973	
5.627	-39.181	9.668	0.487	
7.033	-24.408	10.370	-0.211	
8.440	-11.627	7.534	-0.407	
9.847	-3.404	4.229	-0.358	
11.253	0.669	1.738	-0.233	
12.660	1.982	0.293	-0.117	
14.067	1.879	-0.332	-0.039	
15.473	1.279	-0.465	0.002	
16.880	0.674	-0.375	0.016	
18.287	0.248	-0.230	0.017	
19.693	0.015	-0.107	0.012	
21.100	-0.076	-0.030	0.007	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



㈅ COMBO 5 : 고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10+11)

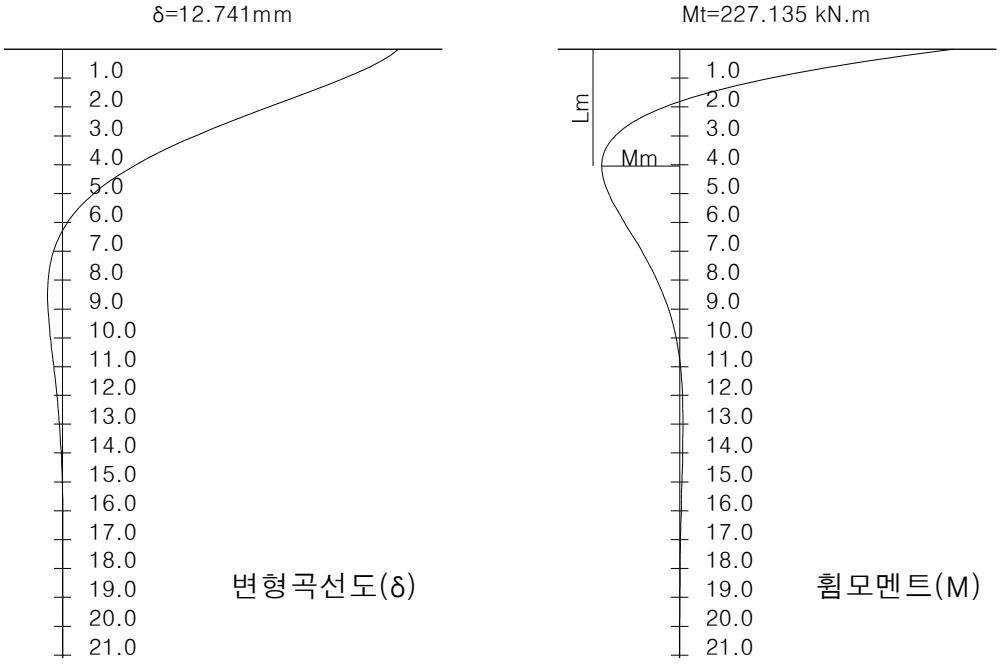
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -64.942 kN.m, 4.046 m
- 말뚝머리부의 변위 : 12.741 mm
- 지표면에서의 변위 : 12.741 mm

㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	227.135	-187.672	12.741	
1.407	33.172	-92.619	9.571	
2.813	-48.819	-29.628	5.534	
4.220	-64.708	2.631	2.381	
5.627	-51.284	13.834	0.498	
7.033	-30.977	13.865	-0.351	
8.440	-14.177	9.735	-0.561	
9.847	-3.699	5.292	-0.472	
11.253	1.300	2.061	-0.298	
12.660	2.769	0.244	-0.144	
14.067	2.488	-0.504	-0.044	
15.473	1.641	-0.631	0.006	
16.880	0.835	-0.490	0.023	
18.287	0.287	-0.291	0.023	
19.693	-0.003	-0.130	0.016	
21.100	-0.110	-0.032	0.008	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



㉮ COMBO 6 : 고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)

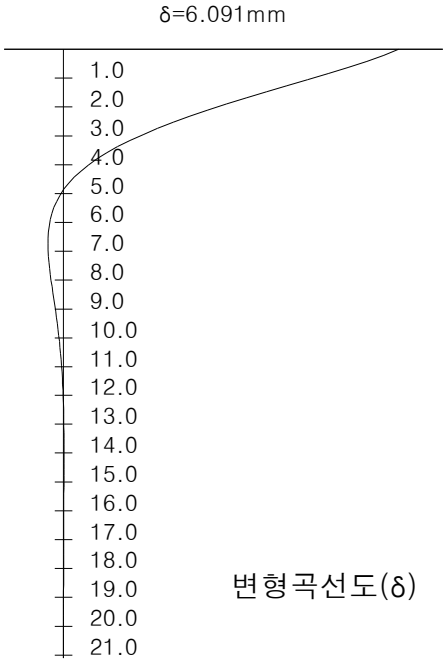
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -47.675 kN.m, 3.034 m
- 말뚝머리부의 변위 : 6.091 mm
- 지표면에서의 변위 : 6.091 mm

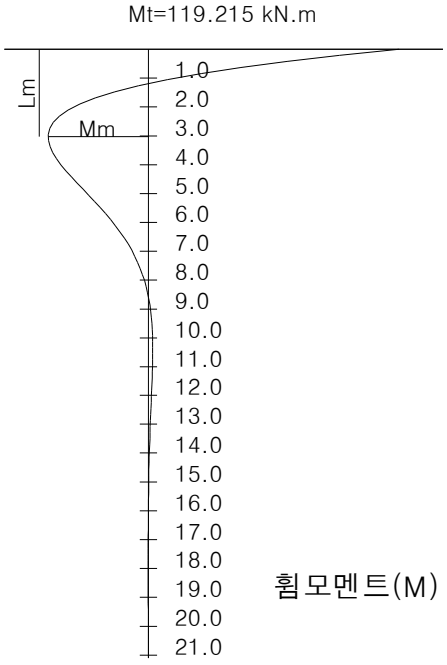
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	119.215	-142.213	6.091	
1.407	-12.417	-51.910	3.811	
2.813	-47.227	-4.187	1.619	
4.220	-39.094	11.862	0.319	
5.627	-21.216	12.023	-0.199	
7.033	-7.452	7.328	-0.277	
8.440	-0.359	3.020	-0.191	
9.847	1.922	0.529	-0.090	
11.253	1.852	-0.431	-0.024	
12.660	1.100	-0.551	0.006	
14.067	0.439	-0.369	0.012	
15.473	0.067	-0.169	0.009	
16.880	-0.072	-0.042	0.005	
18.287	-0.085	0.013	0.002	
19.693	-0.056	0.024	0.000	
21.100	-0.025	0.018	-0.001	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

② 말뚝머리 힌지일 경우

가) 축직각방향 스프링정수

구 분	평상시	지진시	산출식	단 위
K1	8457.504	15009.646	2EI β³	kN/m
K2	0.000	0.000	0.000	kN/rad
K3	0.000	0.000	0.000	kN/rad
K4	0.000	0.000	0.000	kN.m/rad

나) 기초의 변위

말뚝원점에서의 변위		계산값	
		평상시	지진시
Axx	$\sum \left(K_1 \cos^2\theta_i + K_v \sin^2\theta_i\right)$	202980.1	360231.5
Axy,Ayx	$\sum \left(K_v - K_1\right)\sin\theta_i \cos\theta_i$	0.0	0.0
Axa,Aax	$\sum \left\{\left(K_v - K_1\right)x_i \sin\theta_i \cos\theta_i - K_2 \cos\theta_i\right\}$	0.0	0.0
Ayy	$\sum \left(K_v \cos^2\theta_i + K_1 \sin^2\theta_i\right)$	2817754.2	2817754.2
Aya,Aay	$\sum \left\{\left(K_v \cos^2\theta_i + K_1 \sin^2\theta_i\right)x_i + K_2 \sin\theta_i\right\}$	0.0	0.0
Aaa	$\sum \left\{\left(K_v \cos^2\theta_i + K_1 \sin^2\theta_i\right)x_i^2 + \left(K_2 + K_3\right)x_i \sin\theta_i + K_4\right\}$	7820833.3	7820833.3
일반식	$\begin{bmatrix}\delta_x\\ \delta_y\\ \alpha\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}A_{xx} & A_{xy} & A_{xa}\\ A_{yx} & A_{yy} & A_{ya}\\ A_{ax} & A_{ay} & A_{aa}\end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix}H_o\\ V_o\\ M_o\end{bmatrix}$		

구 분		δx(m)	δy(m)	α(rad)	비 고
사용하중	COMBO 1	0.0102084	0.0025935	-0.0001897	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)
	COMBO 2	0.0102084	0.0025935	-0.0001897	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)
	COMBO 3	0.0073787	0.0025175	0.0003664	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)
	COMBO 4	0.0102084	0.0052872	-0.0001257	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)
	COMBO 5	0.0139282	0.0052872	0.0002534	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10)
	COMBO 6	0.0094748	0.0043040	0.0007877	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)
계수하중	COMBO 1	0.0173542	0.0035967	-0.0001607	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)
	COMBO 2	0.0173542	0.0035321	-0.0001133	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)
	COMBO 3	0.0073787	0.0025175	0.0003664	고정하중+토압+지진하중(2+4+6)
	COMBO 4	0.0173542	0.0078695	-0.0000567	고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)
	COMBO 5	0.0221900	0.0070338	0.0004612	고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10+11)
	COMBO 6	0.0094748	0.0043040	0.0007877	고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)

* 말뚝의 수평변위 검토

말뚝의 수평변위 = 13.928 ㎜ ≤ 말뚝의 허용변위 = 15.000 ㎜ ∴ O.K

다) 말뚝의 작용력과 말뚝머리에서의 반력

▣ 말뚝머리 변위량 및 작용력 : 말뚝응력검토시

$\delta x(i) = \delta x \times \cos\theta(i) - (\delta y + \alpha \times x(i)) \times \sin\theta(i)$

$\delta y(i) = \delta x \times \sin\theta(i) + (\delta y + \alpha \times x(i)) \times \cos\theta(i)$

$Pn(i) = Kv \times \delta y(i)$

$Ph(i) = K1 \times \delta x(i) - K2 \times \alpha$

$Mt(i) = -K3 \times \delta x(i) + K4 \times \alpha$

- 사용하중 하중조합

구 분		δx(i)	δy(i)	α	Pn(i)	Ph(i)	Mt(i)
COMBO 1	1	0.0102084	0.0022584	-0.0001897	265.154	86.337	0.000
	2	0.0102084	0.0025050	-0.0001897	294.106	86.337	0.000
	3	0.0102084	0.0030172	-0.0001897	354.237	86.337	0.000
COMBO 2	1	0.0102084	0.0022584	-0.0001897	265.154	86.337	0.000
	2	0.0102084	0.0025050	-0.0001897	294.106	86.337	0.000
	3	0.0102084	0.0030172	-0.0001897	354.237	86.337	0.000
COMBO 3	1	0.0073787	0.0031649	0.0003664	371.581	110.752	0.000
	2	0.0073787	0.0026885	0.0003664	315.651	110.752	0.000
	3	0.0073787	0.0016991	0.0003664	199.490	110.752	0.000
COMBO 4	1	0.0102084	0.0050651	-0.0001257	594.671	86.337	0.000
	2	0.0102084	0.0052285	-0.0001257	613.860	86.337	0.000
	3	0.0102084	0.0055680	-0.0001257	653.714	86.337	0.000
COMBO 5	1	0.0139282	0.0057348	0.0002534	673.298	117.798	0.000
	2	0.0139282	0.0054054	0.0002534	634.630	117.798	0.000
	3	0.0139282	0.0047214	0.0002534	554.317	117.798	0.000
COMBO 6	1	0.0094748	0.0056956	0.0007877	668.702	142.213	0.000
	2	0.0094748	0.0046716	0.0007877	548.471	142.213	0.000
	3	0.0094748	0.0025447	0.0007877	298.761	142.213	0.000

- 계수하중 하중조합

구 분		δx(i)	δy(i)	α	Pn(i)	Ph(i)	Mt(i)
COMBO 1	1	0.0173542	0.0033128	-0.0001607	388.943	146.773	0.000
	2	0.0173542	0.0035217	-0.0001607	413.468	146.773	0.000
	3	0.0173542	0.0039555	-0.0001607	464.405	146.773	0.000
COMBO 2	1	0.0173542	0.0033320	-0.0001133	391.194	146.773	0.000
	2	0.0173542	0.0034792	-0.0001133	408.480	146.773	0.000
	3	0.0173542	0.0037850	-0.0001133	444.383	146.773	0.000
COMBO 3	1	0.0073787	0.0031649	0.0003664	371.581	110.752	0.000
	2	0.0073787	0.0026885	0.0003664	315.651	110.752	0.000
	3	0.0073787	0.0016991	0.0003664	199.490	110.752	0.000
COMBO 4	1	0.0173542	0.0077693	-0.0000567	912.170	146.773	0.000
	2	0.0173542	0.0078431	-0.0000567	920.825	146.773	0.000
	3	0.0173542	0.0079962	-0.0000567	938.800	146.773	0.000
COMBO 5	1	0.0221900	0.0078486	0.0004612	921.476	187.672	0.000
	2	0.0221900	0.0072490	0.0004612	851.080	187.672	0.000
	3	0.0221900	0.0060037	0.0004612	704.874	187.672	0.000
COMBO 6	1	0.0094748	0.0056956	0.0007877	668.702	142.213	0.000
	2	0.0094748	0.0046716	0.0007877	548.471	142.213	0.000
	3	0.0094748	0.0025447	0.0007877	298.761	142.213	0.000

▣ 말뚝머리 작용력 : 기초응력 검토시

$V(i) = Pn(i) \times \cos\theta(i) - Ph(i) \times \sin\theta(i)$

$H(i) = Pn(i) \times \sin\theta(i) + Ph(i) \times \cos\theta(i)$

$Ht = \sum H(i) \times N$

$Vt = \sum V(i) \times N$

$Mt = \sum (V(i) \times x(i) + M(i)) \times N$

- 사용하중 하중조합

구 분		수평거리	각도	축력	수평력	모멘트	본수
COMBO 1	1	1.767	0	265.154	86.337	0.000	8
	2	0.467	0	294.106	86.337	0.000	8
	3	-2.233	0	354.237	86.337	0.000	8
	계			7307.975	2072.095	0.000	24
COMBO 2	1	1.767	0	265.154	86.337	0.000	8
	2	0.467	0	294.106	86.337	0.000	8
	3	-2.233	0	354.237	86.337	0.000	8
	계			7307.975	2072.095	0.000	24
COMBO 3	1	1.767	0	371.581	110.752	0.000	8
	2	0.467	0	315.651	110.752	0.000	8
	3	-2.233	0	199.490	110.752	0.000	8
	계			7093.775	2658.058	0.000	24
COMBO 4	1	1.767	0	594.671	86.337	0.000	8
	2	0.467	0	613.860	86.337	0.000	8
	3	-2.233	0	653.714	86.337	0.000	8
	계			14897.963	2072.095	0.000	24
COMBO 5	1	1.767	0	673.298	117.798	0.000	8
	2	0.467	0	634.630	117.798	0.000	8
	3	-2.233	0	554.317	117.798	0.000	8
	계			14897.963	2827.150	0.000	24
COMBO 6	1	1.767	0	668.702	142.213	0.000	8
	2	0.467	0	548.471	142.213	0.000	8
	3	-2.233	0	298.761	142.213	0.000	8
	계			12127.475	3413.113	0.000	24

- 계수하중 하중조합

구 분		수평거리	각도	축력	수평력	모멘트	본수
COMBO 1	1	1.767	0	388.943	146.773	0.000	8
	2	0.467	0	413.468	146.773	0.000	8
	3	-2.233	0	464.405	146.773	0.000	8
	계			10134.528	3522.562	0.000	24
COMBO 2	1	1.767	0	391.194	146.773	0.000	8
	2	0.467	0	408.480	146.773	0.000	8
	3	-2.233	0	444.383	146.773	0.000	8
	계			9952.458	3522.562	0.000	24
COMBO 3	1	1.767	0	371.581	110.752	0.000	8
	2	0.467	0	315.651	110.752	0.000	8
	3	-2.233	0	199.490	110.752	0.000	8
	계			7093.775	2658.058	0.000	24
COMBO 4	1	1.767	0	912.170	146.773	0.000	8
	2	0.467	0	920.825	146.773	0.000	8
	3	-2.233	0	938.800	146.773	0.000	8
	계			22174.357	3522.562	0.000	24
COMBO 5	1	1.767	0	921.476	187.672	0.000	8
	2	0.467	0	851.080	187.672	0.000	8
	3	-2.233	0	704.874	187.672	0.000	8
	계			19819.442	4504.133	0.000	24
COMBO 6	1	1.767	0	668.702	142.213	0.000	8
	2	0.467	0	548.471	142.213	0.000	8
	3	-2.233	0	298.761	142.213	0.000	8
	계			12127.475	3413.113	0.000	24

라) 말뚝의 변위 및 부재력 : 사용하중

㉮ COMBO 1 : 고정하중+활하중+토압(1+3+5+7)

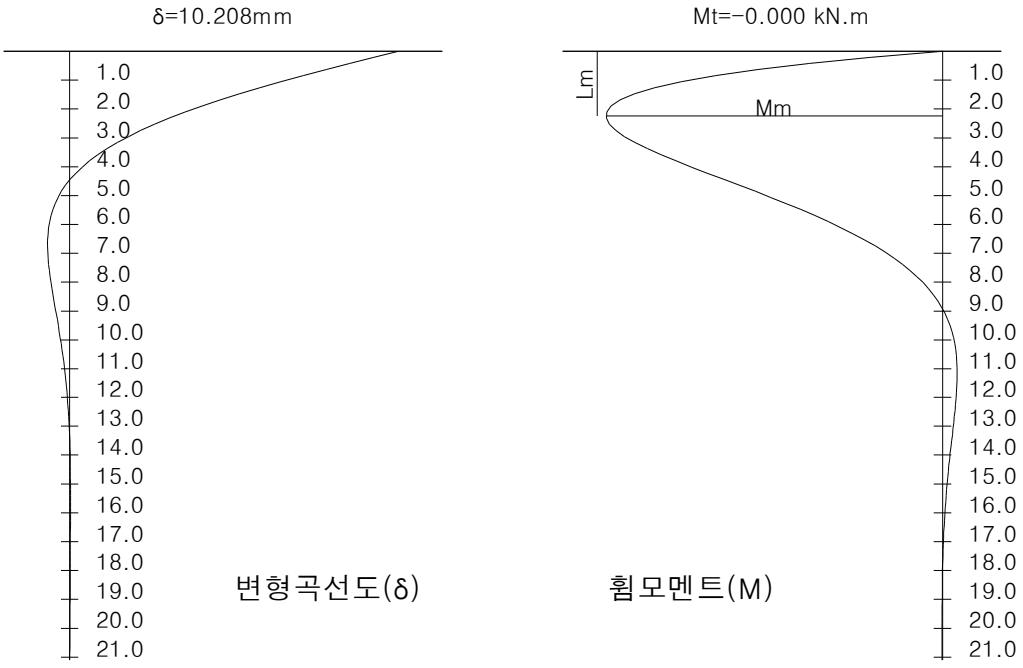
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -79.112 kN.m, 2.232 m
- 말뚝머리부의 변위 : 10.208 mm
- 지표면에서의 변위 : 10.208 mm

㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-86.337	10.208	
1.407	-71.051	-21.318	5.477	
2.813	-76.233	9.213	2.082	
4.220	-55.388	17.807	0.199	
5.627	-31.097	15.682	-0.561	
7.033	-12.781	10.208	-0.675	
8.440	-2.156	5.125	-0.516	
9.847	2.436	1.705	-0.303	
11.253	3.415	-0.075	-0.133	
12.660	2.759	-0.714	-0.030	
14.067	1.691	-0.739	0.017	
15.473	0.789	-0.527	0.030	
16.880	0.218	-0.291	0.025	
18.287	-0.059	-0.116	0.016	
19.693	-0.145	-0.017	0.008	
21.100	-0.133	0.025	0.003	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



㉯ COMBO 2 : 고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7)

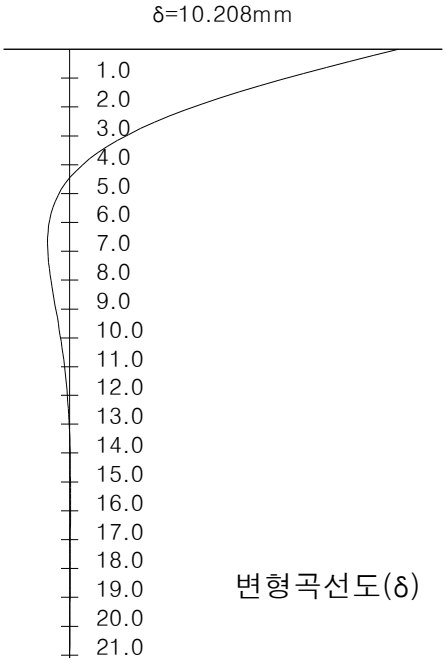
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -79.112 kN.m, 2.232 m
- 말뚝머리부의 변위 : 10.208 mm
- 지표면에서의 변위 : 10.208 mm

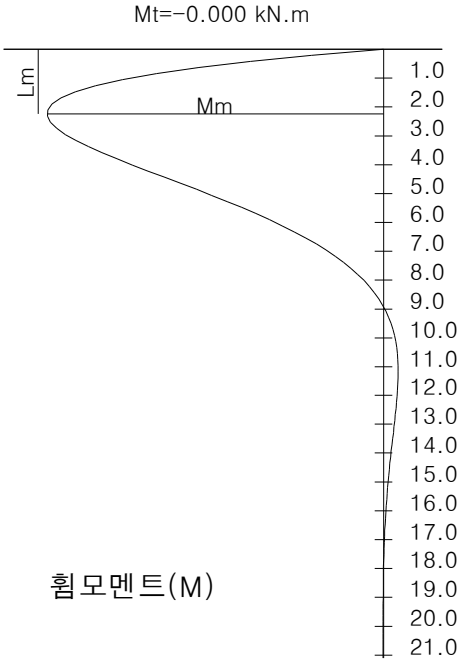
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-86.337	10.208	
1.407	-71.051	-21.318	5.477	
2.813	-76.233	9.213	2.082	
4.220	-55.388	17.807	0.199	
5.627	-31.097	15.682	-0.561	
7.033	-12.781	10.208	-0.675	
8.440	-2.156	5.125	-0.516	
9.847	2.436	1.705	-0.303	
11.253	3.415	-0.075	-0.133	
12.660	2.759	-0.714	-0.030	
14.067	1.691	-0.739	0.017	
15.473	0.789	-0.527	0.030	
16.880	0.218	-0.291	0.025	
18.287	-0.059	-0.116	0.016	
19.693	-0.145	-0.017	0.008	
21.100	-0.133	0.025	0.003	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㉰ COMBO 3 : 고정하중+토압+지진하중(2+4+6)

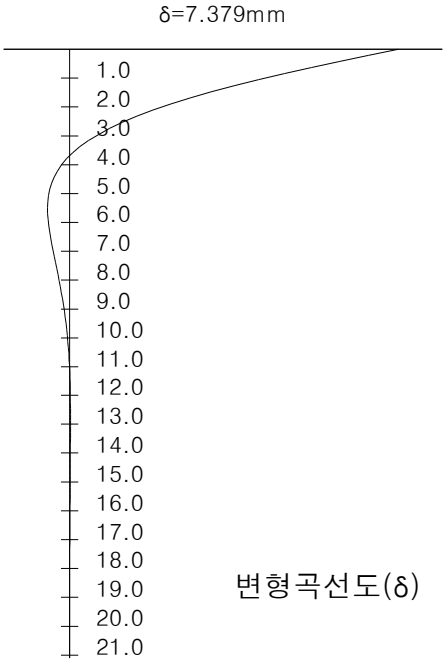
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -83.821 kN.m, 1.844 m
- 말뚝머리부의 변위 : 7.379 mm
- 지표면에서의 변위 : 7.379 mm

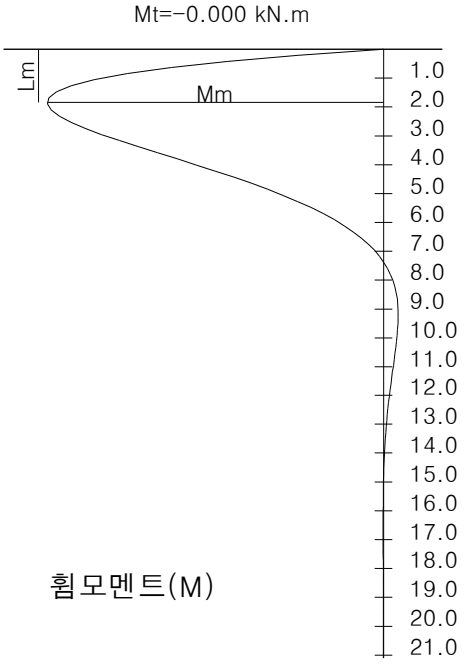
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-110.752	7.379	
1.407	-80.538	-15.925	3.347	
2.813	-73.057	18.965	0.810	
4.220	-41.975	22.008	-0.275	
5.627	-16.037	14.242	-0.494	
7.033	-1.885	6.280	-0.365	
8.440	3.128	1.400	-0.182	
9.847	3.406	-0.624	-0.055	
11.253	2.146	-0.989	0.005	
12.660	0.919	-0.709	0.021	
14.067	0.186	-0.344	0.018	
15.473	-0.108	-0.099	0.010	
16.880	-0.154	0.014	0.003	
18.287	-0.107	0.043	0.000	
19.693	-0.051	0.035	-0.001	
21.100	-0.014	0.018	-0.001	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㉮ COMBO 4 : 고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9)

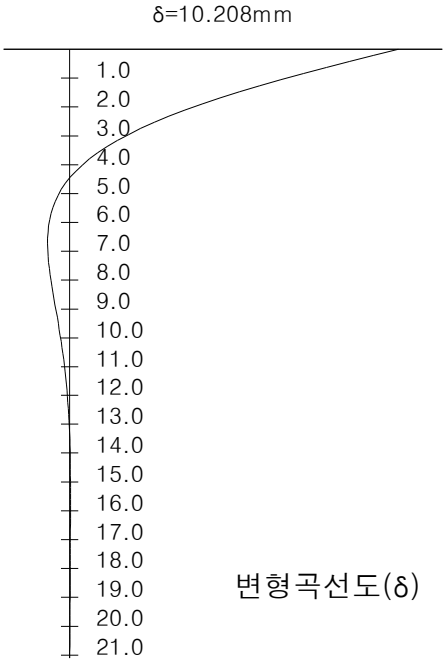
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -79.112 kN.m, 2.232 m
- 말뚝머리부의 변위 : 10.208 mm
- 지표면에서의 변위 : 10.208 mm

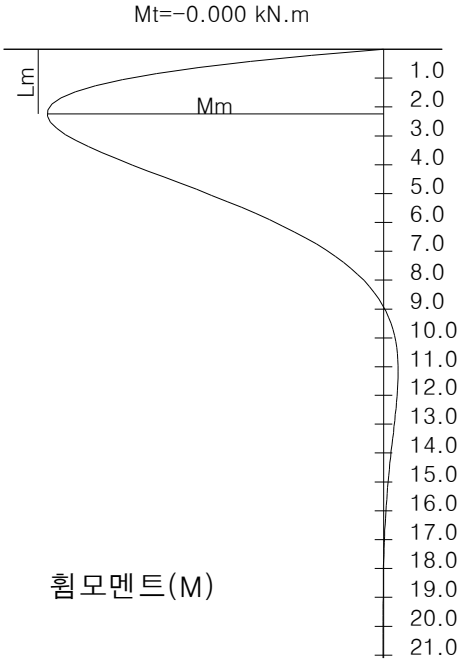
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-86.337	10.208	
1.407	-71.051	-21.318	5.477	
2.813	-76.233	9.213	2.082	
4.220	-55.388	17.807	0.199	
5.627	-31.097	15.682	-0.561	
7.033	-12.781	10.208	-0.675	
8.440	-2.156	5.125	-0.516	
9.847	2.436	1.705	-0.303	
11.253	3.415	-0.075	-0.133	
12.660	2.759	-0.714	-0.030	
14.067	1.691	-0.739	0.017	
15.473	0.789	-0.527	0.030	
16.880	0.218	-0.291	0.025	
18.287	-0.059	-0.116	0.016	
19.693	-0.145	-0.017	0.008	
21.100	-0.133	0.025	0.003	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㉮ COMBO 5 : 고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10)

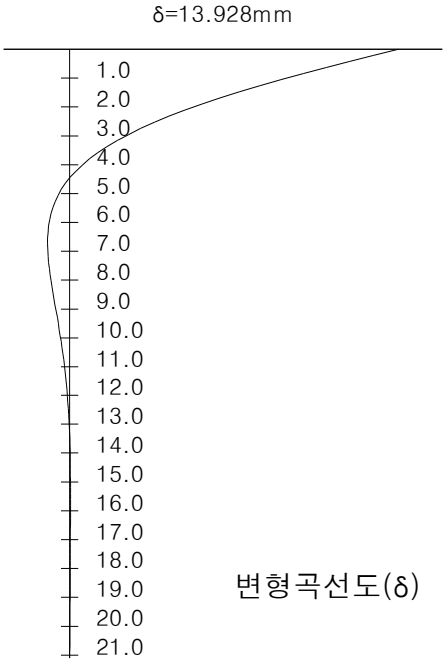
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -107.940 kN.m, 2.232 m
- 말뚝머리부의 변위 : 13.928 mm
- 지표면에서의 변위 : 13.928 mm

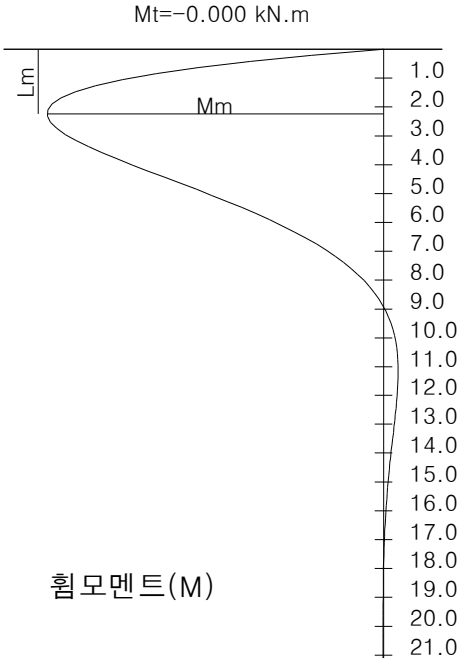
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-117.798	13.928	
1.407	-96.941	-29.087	7.472	
2.813	-104.012	12.570	2.841	
4.220	-75.571	24.296	0.271	
5.627	-42.428	21.397	-0.765	
7.033	-17.438	13.928	-0.921	
8.440	-2.942	6.992	-0.704	
9.847	3.324	2.326	-0.413	
11.253	4.660	-0.103	-0.182	
12.660	3.764	-0.975	-0.041	
14.067	2.307	-1.008	0.023	
15.473	1.076	-0.719	0.040	
16.880	0.298	-0.397	0.035	
18.287	-0.081	-0.159	0.022	
19.693	-0.197	-0.023	0.011	
21.100	-0.182	0.035	0.004	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㉮ COMBO 6 : 고정하중+토압+지진하중(2+4+6+8+11)

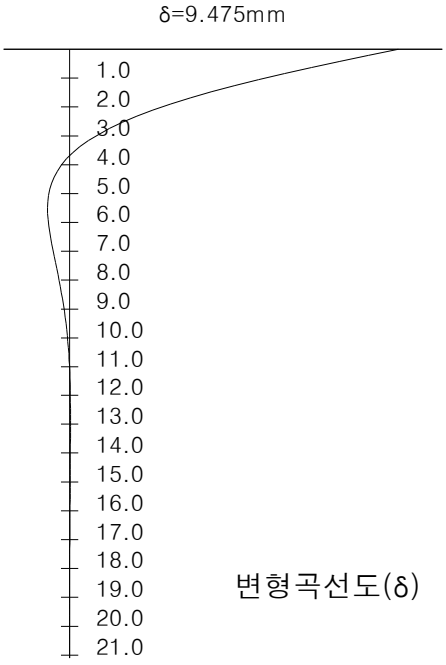
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -107.632 kN.m, 1.844 m
- 말뚝머리부의 변위 : 9.475 mm
- 지표면에서의 변위 : 9.475 mm

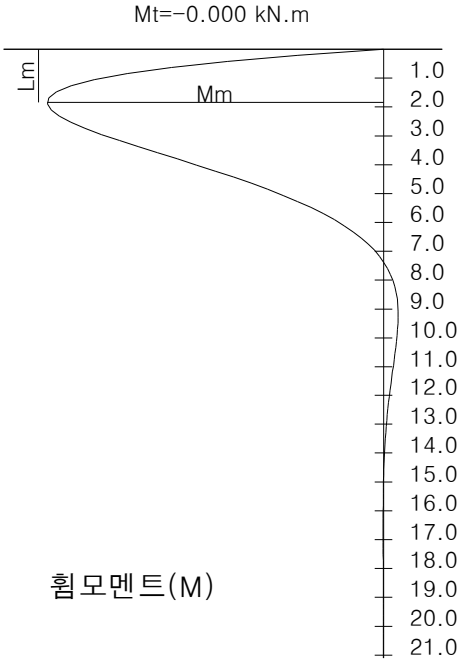
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-142.213	9.475	
1.407	-103.416	-20.448	4.297	
2.813	-93.810	24.353	1.040	
4.220	-53.898	28.259	-0.353	
5.627	-20.592	18.288	-0.634	
7.033	-2.420	8.064	-0.469	
8.440	4.017	1.798	-0.234	
9.847	4.374	-0.802	-0.071	
11.253	2.756	-1.270	0.006	
12.660	1.180	-0.910	0.027	
14.067	0.239	-0.442	0.023	
15.473	-0.139	-0.127	0.012	
16.880	-0.198	0.018	0.004	
18.287	-0.138	0.055	0.000	
19.693	-0.065	0.044	-0.001	
21.100	-0.018	0.024	-0.001	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

마) 말뚝의 변위 및 부재력 : 계수하중

㉮ COMBO 1 : 고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8)

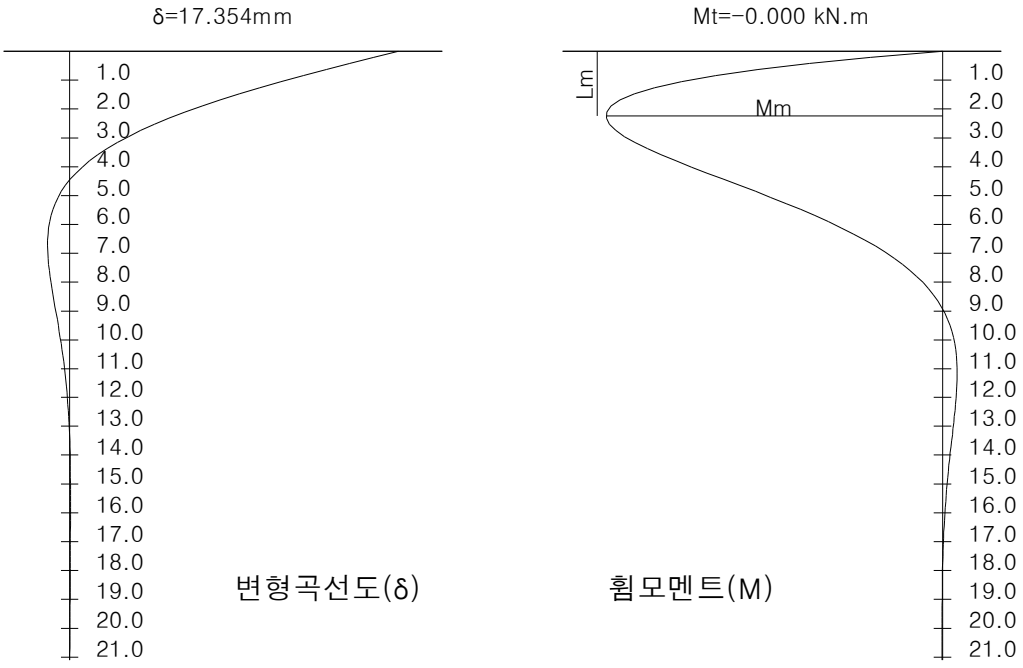
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -134.491 kN.m, 2.232 m
- 말뚝머리부의 변위 : 17.354 mm
- 지표면에서의 변위 : 17.354 mm

㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-146.773	17.354	
1.407	-120.787	-36.241	9.310	
2.813	-129.596	15.661	3.540	
4.220	-94.160	30.272	0.338	
5.627	-52.865	26.660	-0.953	
7.033	-21.727	17.354	-1.148	
8.440	-3.666	8.712	-0.878	
9.847	4.142	2.898	-0.515	
11.253	5.806	-0.128	-0.226	
12.660	4.690	-1.215	-0.052	
14.067	2.875	-1.256	0.029	
15.473	1.341	-0.896	0.050	
16.880	0.371	-0.494	0.043	
18.287	-0.101	-0.198	0.028	
19.693	-0.246	-0.028	0.014	
21.100	-0.226	0.043	0.004	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



㉯ COMBO 2 : 고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8)

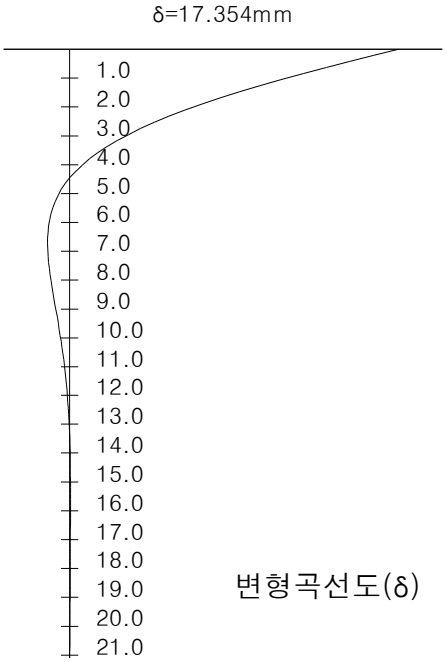
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -134.491 kN.m, 2.232 m
- 말뚝머리부의 변위 : 17.354 mm
- 지표면에서의 변위 : 17.354 mm

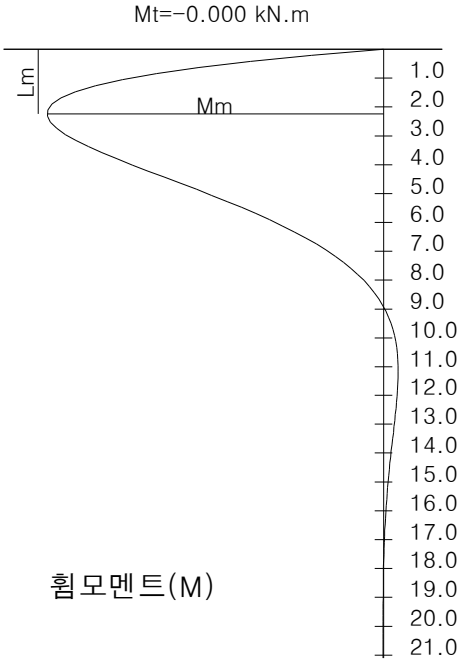
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-146.773	17.354	
1.407	-120.787	-36.241	9.310	
2.813	-129.596	15.661	3.540	
4.220	-94.160	30.272	0.338	
5.627	-52.865	26.660	-0.953	
7.033	-21.727	17.354	-1.148	
8.440	-3.666	8.712	-0.878	
9.847	4.142	2.898	-0.515	
11.253	5.806	-0.128	-0.226	
12.660	4.690	-1.215	-0.052	
14.067	2.875	-1.256	0.029	
15.473	1.341	-0.896	0.050	
16.880	0.371	-0.494	0.043	
18.287	-0.101	-0.198	0.028	
19.693	-0.246	-0.028	0.014	
21.100	-0.226	0.043	0.004	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㉰ COMBO 3 : 고정하중+토압+지진하중(2+4+6)

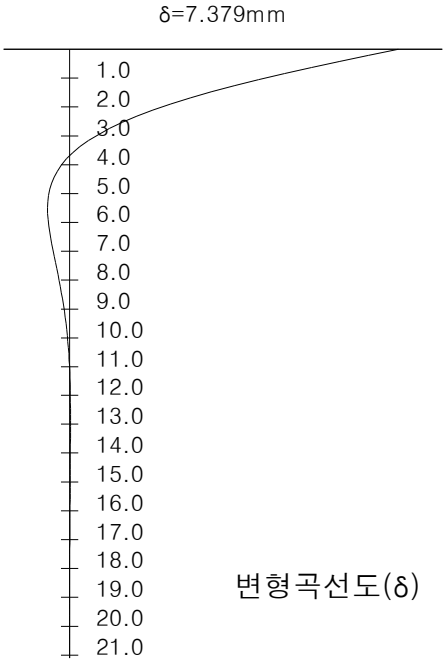
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -83.821 kN.m, 1.844 m
- 말뚝머리부의 변위 : 7.379 mm
- 지표면에서의 변위 : 7.379 mm

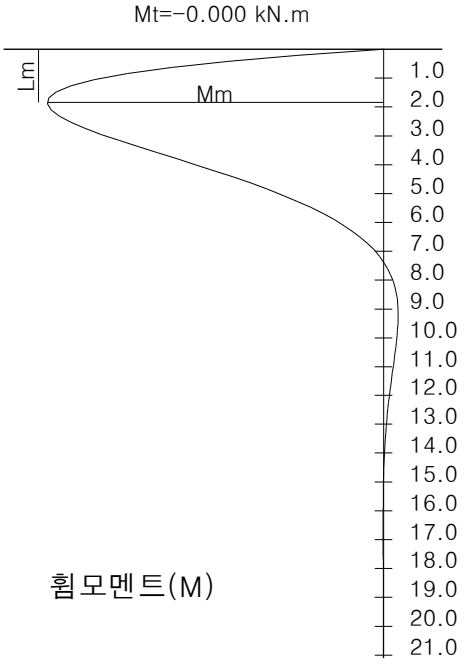
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-110.752	7.379	
1.407	-80.538	-15.925	3.347	
2.813	-73.057	18.965	0.810	
4.220	-41.975	22.008	-0.275	
5.627	-16.037	14.242	-0.494	
7.033	-1.885	6.280	-0.365	
8.440	3.128	1.400	-0.182	
9.847	3.406	-0.624	-0.055	
11.253	2.146	-0.989	0.005	
12.660	0.919	-0.709	0.021	
14.067	0.186	-0.344	0.018	
15.473	-0.108	-0.099	0.010	
16.880	-0.154	0.014	0.003	
18.287	-0.107	0.043	0.000	
19.693	-0.051	0.035	-0.001	
21.100	-0.014	0.018	-0.001	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㉮ COMBO 4 : 고정하중+활하중+토압(1+3+5+7+8+9+10)

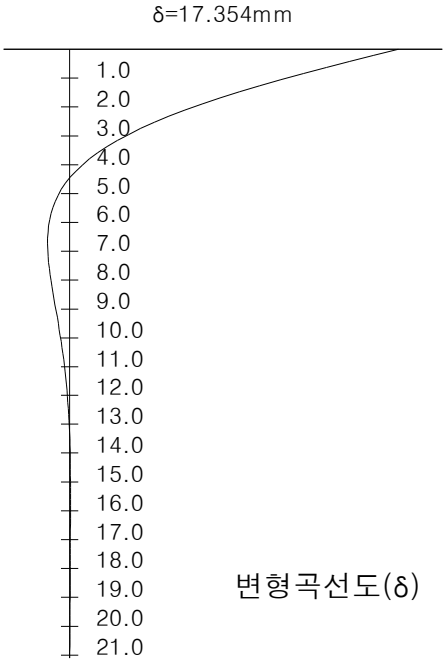
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -134.491 kN.m, 2.232 m
- 말뚝머리부의 변위 : 17.354 mm
- 지표면에서의 변위 : 17.354 mm

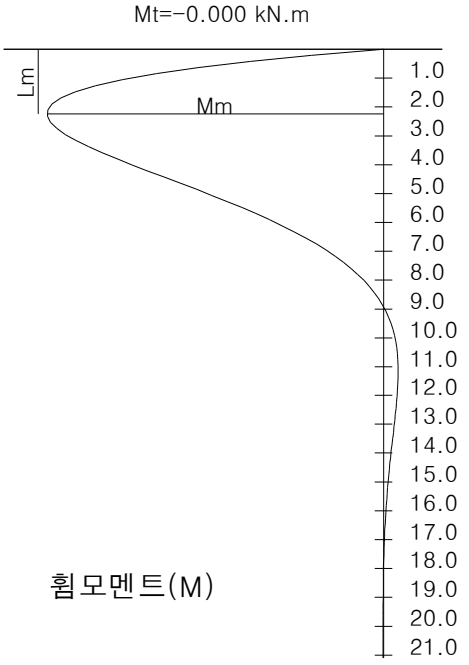
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-146.773	17.354	
1.407	-120.787	-36.241	9.310	
2.813	-129.596	15.661	3.540	
4.220	-94.160	30.272	0.338	
5.627	-52.865	26.660	-0.953	
7.033	-21.727	17.354	-1.148	
8.440	-3.666	8.712	-0.878	
9.847	4.142	2.898	-0.515	
11.253	5.806	-0.128	-0.226	
12.660	4.690	-1.215	-0.052	
14.067	2.875	-1.256	0.029	
15.473	1.341	-0.896	0.050	
16.880	0.371	-0.494	0.043	
18.287	-0.101	-0.198	0.028	
19.693	-0.246	-0.028	0.014	
21.100	-0.226	0.043	0.004	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㈐ COMBO 5 : 고정하중+활하중+토압+온도하중(1+3+5+7+8+9+10+11)

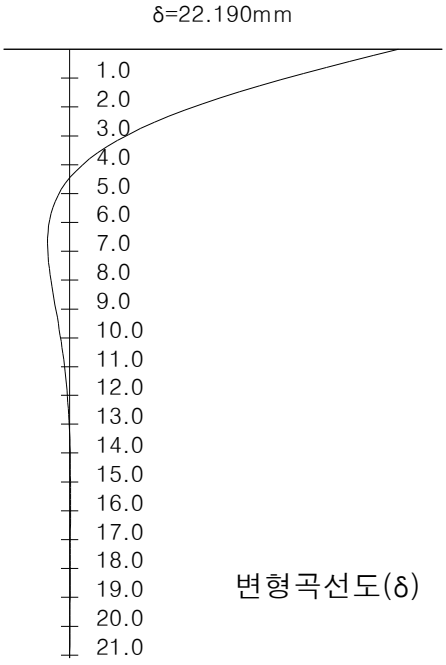
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -171.967 kN.m, 2.232 m
- 말뚝머리부의 변위 : 22.190 mm
- 지표면에서의 변위 : 22.190 mm

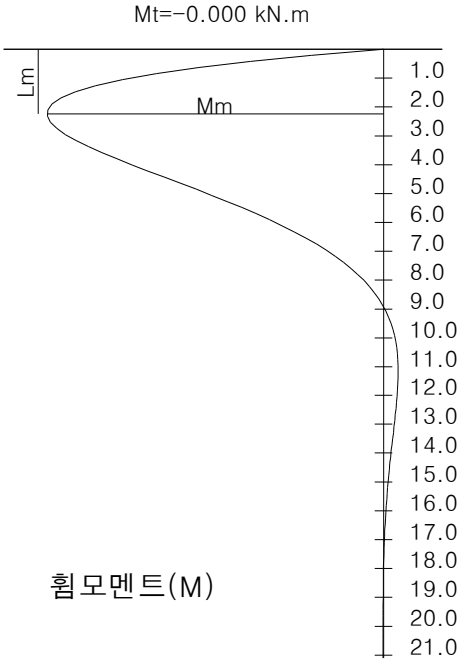
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-187.672	22.190	
1.407	-154.444	-46.340	11.904	
2.813	-165.708	20.026	4.526	
4.220	-120.397	38.708	0.432	
5.627	-67.596	34.089	-1.219	
7.033	-27.782	22.190	-1.468	
8.440	-4.687	11.140	-1.122	
9.847	5.296	3.706	-0.658	
11.253	7.424	-0.164	-0.289	
12.660	5.997	-1.553	-0.066	
14.067	3.676	-1.605	0.037	
15.473	1.715	-1.145	0.064	
16.880	0.474	-0.632	0.055	
18.287	-0.129	-0.253	0.035	
19.693	-0.314	-0.036	0.017	
21.100	-0.289	0.055	0.006	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

㉥ COMBO 6 : 고정하중+토압+지진하중(2+4+6+9+12)

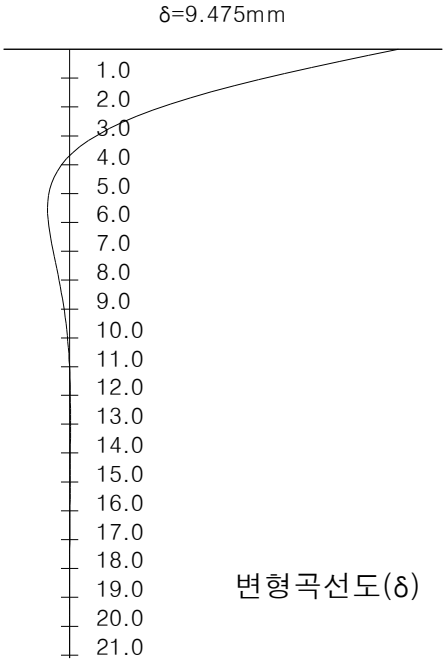
㉠ 말뚝의 최대모멘트 및 변위

- 최대모멘트 및 깊이 : -107.632 kN.m, 1.844 m
- 말뚝머리부의 변위 : 9.475 mm
- 지표면에서의 변위 : 9.475 mm

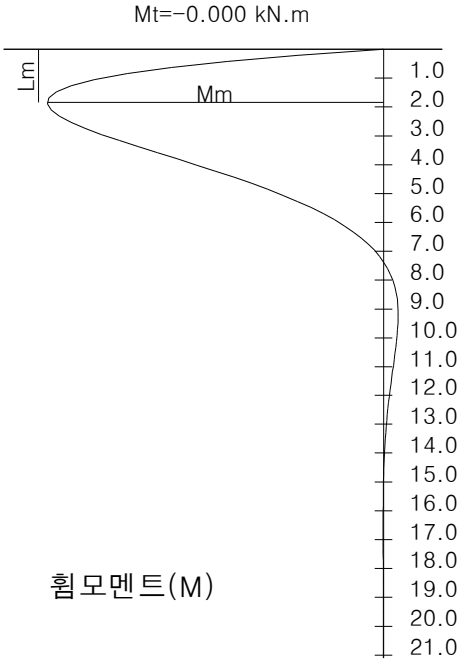
㉡ 말뚝의 깊이별 모멘트 및 변위

깊이(m)	모멘트(kN.m)	전단력(kN)	변위(mm)	비 고
0.000	0.000	-142.213	9.475	
1.407	-103.416	-20.448	4.297	
2.813	-93.810	24.353	1.040	
4.220	-53.898	28.259	-0.353	
5.627	-20.592	18.288	-0.634	
7.033	-2.420	8.064	-0.469	
8.440	4.017	1.798	-0.234	
9.847	4.374	-0.802	-0.071	
11.253	2.756	-1.270	0.006	
12.660	1.180	-0.910	0.027	
14.067	0.239	-0.442	0.023	
15.473	-0.139	-0.127	0.012	
16.880	-0.198	0.018	0.004	
18.287	-0.138	0.055	0.000	
19.693	-0.065	0.044	-0.001	
21.100	-0.018	0.024	-0.001	

㉢ 변형곡선도 및 휨모멘트도



변형곡선도(δ)



휨모멘트(M)

5) 말뚝의 안정성 검토

① 말뚝의 허용지지력 검토

가) 말뚝의 허용지지력 : 선단지지 + 마찰지지 말뚝

말뚝의 선단면적 $Ap = \pi \times (0.508)^2 / 4 = 0.1995\ m^2$

$Ra = r/n \times (Ru - Ws) + Ws - W$

$Ru = qd \times Ap + U \times \sum(Li \times fi)$; $qd = 300 \times N$

$= 300 \times 40 \times 0.1995 + 1237.649$

$= 3631.693\ kN$

말뚝의 주면장 $U = \pi \times 0.504 = 1.583\ m^2$

U	N-치	토질분류	토층심도	f(kN/m²)	주면마찰력(U*f*L)
1.583	15.000	사질토	3.800	30.000	180.503
1.583	10.000	사질토	5.200	20.000	164.670
1.583	50.000	사질토	4.600	100.000	728.347
1.583	50.000	사질토	1.036	100.000	164.100
계	-	-	-	-	1237.649

사질토 : $f = 2.0 \times N$ ($\leq$ 100.0)

점성토 : $f = 8.0 \times N$ ($\leq$ 100.0)

$N \leq 2$ 의 지반에는 주면 마찰력을 고려하지 않는다.

Ra1 = 1/3.0 x 3631.693 = 1210.564 kN (평상시)

Ra2 = 1/2.0 x 3631.693 = 1815.847 kN (지진시)

나) 말뚝의 허용 수평변위 검토

평상시 말뚝의 허용 수평변위 $\delta a = 15.000 > \delta = 13.9282$ mm 0.K

지진시 말뚝의 허용 수평변위 $\delta a = 15.000 > \delta = 9.4748$ mm 0.K

다) 말뚝의 허용인발력

Pa = 1/n x Pu + W ; Pu : 주면마찰력(kN), W : 수중말뚝의 중량

Pa1 = 1 / 3 x 1237.649 + 0.00 = 412.550 kN (평상시)

Pa2 = 1 / 2 x 1237.649 + 0.00 = 618.825 kN (지진시)

라) 하중조합별 검토

구 분		V(max)	V(min)	Pa(kN)	비 고
COMBO 1	FIX	339.573	260.160	412.550	
	HINGE	354.237	265.154	412.550	
COMBO 2	FIX	339.573	260.160	412.550	
	HINGE	354.237	265.154	412.550	
COMBO 3	FIX	436.446	117.490	618.825	
	HINGE	371.581	199.490	618.825	
COMBO 4	FIX	667.831	561.229	412.550	
	HINGE	653.714	594.671	412.550	
COMBO 5	FIX	764.755	438.702	412.550	
	HINGE	673.298	554.317	412.550	
COMBO 6	FIX	744.584	202.835	618.825	
	HINGE	668.702	298.761	618.825	

② 말뚝의 응력 검토

가) 말뚝의 이음과 장경비에 따른 허용응력의 감소율 검토

:『도로교설계기준 해설(하부구조편)』 P223 참조

사용 PILE 본당 길이 : 15.00 m / 본

PILE 길이 : 21.20 m

이음개소수 : 1 개소

말뚝이음에 의한 허용응력 감소율 : 5.00%

장경비 (L/D) = 21.10/0.508 = 41.535 < 100 이므로 장경비에 따른 감소 없음.

따라서 허용응력의 총 감소율은 5.00% 적용

나) 말뚝의 휨응력 검토

fsa = 133.000 MPa (평상시)

= 199.500 MPa (지진시)

f = V/Ap ± M x y/Io

= V/0.016 ± M x 0.508/2 / 0.00047

구 분		V(kN)	M(kN.m)	fmax	fsa	비 고
COMBO 1	FIX	339.573	116.917	84.584	133.000	O.K
	HINGE	354.237	79.112	65.254	133.000	O.K
COMBO 2	FIX	339.573	116.917	84.584	133.000	O.K
	HINGE	354.237	79.112	65.254	133.000	O.K
COMBO 3	FIX	436.446	101.908	82.777	199.500	O.K
	HINGE	371.581	83.821	68.897	199.500	O.K
COMBO 4	FIX	667.831	114.939	104.675	133.000	O.K
	HINGE	653.714	79.112	84.551	133.000	O.K
COMBO 5	FIX	764.755	143.685	126.337	133.000	O.K
	HINGE	673.298	107.940	101.273	133.000	O.K
COMBO 6	FIX	744.584	119.215	111.913	199.500	O.K
	HINGE	668.702	107.632	100.812	199.500	O.K

다) 말뚝의 전단응력 검토

τsa = 76.00 MPa (평상시)

= 114.00 MPa (지진시)

τ = α x Ho / Ap

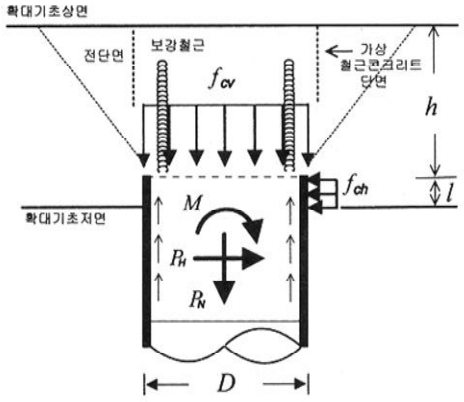
α = 4 x (D^2 + D×d + d^2) / (3 x (D^2 + d^2))

= 4 x (504.0^2 + 504.0×484.0 + 484.0^2) / (3 x (504.0^2 + 484.0^2))

= 1.999 : 전단형상계수

구 분		H(kN)	τ	τsa	비 고
COMBO 1	FIX	86.337	11.123	76.000	O.K
	HINGE	86.337	11.123	76.000	O.K
COMBO 2	FIX	86.337	11.123	76.000	O.K
	HINGE	86.337	11.123	76.000	O.K
COMBO 3	FIX	110.752	14.269	114.000	O.K
	HINGE	110.752	14.269	114.000	O.K
COMBO 4	FIX	86.337	11.123	76.000	O.K
	HINGE	86.337	11.123	76.000	O.K
COMBO 5	FIX	117.798	15.177	76.000	O.K
	HINGE	117.798	15.177	76.000	O.K
COMBO 6	FIX	142.213	18.322	114.000	O.K
	HINGE	142.213	18.322	114.000	O.K

6) 말뚝과 확대기초의 결합부 검토



① 압입력에 대한 검토

a. 확대기초 콘크리트의 수직지압응력

$$f_{cv} = \frac{P_{N\max}}{\frac{\pi}{4}D^2} \le f_{ca}$$

fck : 콘크리트의 설계기준강도(MPa)
PNmax : 상시와 지진시, 말뚝 머리에 작용하는 가장 큰 수직력(N)
D : 말뚝의 외경(mm)
fca : 상시,콘크리트의 허용지압응력 = 0.25fck (MPa), (해설표 참고)
fca' : 지진시, 콘크리트의 허용지압응력 = 1.33 × (0.25fck) (MPa)

-해설 표. 확대기초의 허용지압응력, fca(MPa)

설계기준강도 (fck,MPa)		21	24	27	30
허용지압응력 (fca,MPa)	상시 (fca)	5.25	6.00	6.75	7.50
	지진시 (fca')	6.98	7.98	8.98	9.98

* 수직지압응력(fcv) 검토 (상시)
fcv = 764755.4 / (π/4 x 508 ²)
= 3.773 MPa ≤ fca = 6.000 MPa ∴ O.K
* 수직지압응력(fcv) 검토 (지진시)
fcv = 744583.5 / (π/4 x 508 ²)
= 3.674 MPa ≤ fca' = 7.980 MPa ∴ O.K

b. 확대기초 콘크리트의 압발전단응력

$$\tau_v = \frac{P_{N\max}}{\pi(D+h)h} \le \tau_{a3}$$

τa3 : 상시, 콘크리트의 허용수직압발전단응력 (MPa) ,(해설표 참조)
τa3' : 지진시, 콘크리트의 허용수직압발전단응력 (MPa) ,(해설표 참조)
h : 확대기초의 유효두께 (mm)

-해설 표. 확대기초의 허용수직압발전단응력, τa3(MPa)

콘크리트의 설계기준강도 fck		21	24	27	30
허용압발 전단응력	상시 (τa3)	0.85	0.90	0.95	1.00
	지진시 (τa3')	1.131	1.197	1.264	1.330

* 압발전단응력(τv) 검토 (상시)
τv = 764755.4 / {π x (508 + 1000) x 1000 }
= 0.161 MPa ≤ τa3 = 0.900 MPa ∴ O.K
* 압발전단응력(τv) 검토 (지진시)
τv = 744583.5 / {π x (508 + 1000) x 1000 }
= 0.157 MPa ≤ τa3' = 1.197 MPa ∴ O.K

② 인발력에 대한 검토
원칙적으로 인발력에 대한 검토는 하지 않아도 된다. [도로교 설계기준 해설(하부구조편) P292]

③ 수평력에 대한 검토

a. 확대기초 콘크리트의 수평지압응력

$$f_{ch} = \frac{P_{H\max}}{D \cdot l} \le f_{ca}$$

PHmax : 상시와 지진시, 말뚝머리에 작용하는 최대 말뚝축직각방향력 (N)
l : 말뚝의 매입길이 = 100 mm

* 수평지압응력(fch) 검토 (상시)
fch = 117797.925 / (508 x 100)
= 2.319 MPa ≤ fca = 6.000 MPa ∴ O.K
* 수평지압응력(fch) 검토 (지진시)
fch = 142213.050 / (508 x 100)
= 2.799 MPa ≤ fca' = 7.980 MPa ∴ O.K

b. 확대기초 단부 말뚝에 대한 수평압발전단응력

$$\tau_h = \frac{P_{H\max}}{h'(2l + D + 2h')} \leq \tau_{a3}$$

h' : 수평방향의 압발전단에 저항하는 확대기초의 유효두께 (m)

* 수평압발전단응력(fch) 검토 (상시)

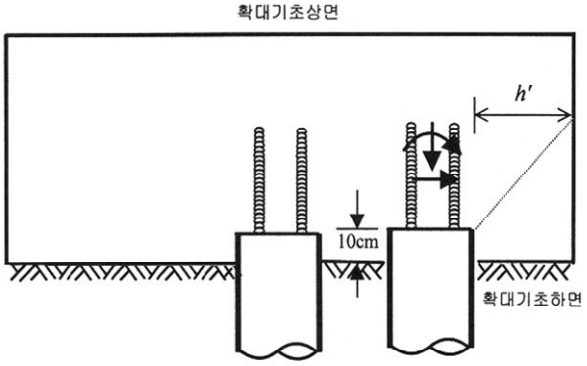
τh = 117797.925 / {396 x (200 + 508 + 792)}

= 0.198 MPa ≤ τa3 = 0.900 MPa ∴ O.K

* 수평압발전단응력(fch) 검토 (지진시)

τh = 142213.050 / {396 x (200 + 508 + 792)}

= 0.239 MPa ≤ τa3' = 1.197 MPa ∴ O.K



④ 철근정착

$$L_o = \frac{f_{sa\ 1} A_{st}}{\tau_{oa} U}$$

fsa1 : 이형철근의 허용인장응력 (MPa) ,(해설표 참조)
Ast : 이형철근의 공칭단면적 (㎟) ,(해설표 참조)
U : 이형철근의 공칭둘레길이 (mm)
τoa : 콘크리트의 허용부착응력 (MPa) ,(해설표 참조)
d1 : 이형철근의 공칭지름 (mm)

- 해설 표. 이형철근의 허용응력, fsa1 (MPa)

철근의 종류	SD30	SD35	SD40
인장 및 압축응력	150	175	180

- 해설 표. 이형철근의 표준치수

철근의 종류, D(mm)	D19	D22	D25	D29	D32
공칭지름, d1(mm)	19.1	22.2	25.4	28.6	31.8
공칭단면적, Ast(㎟)	286.5	387.1	506.7	642.4	794.2
공칭둘레, U(mm)	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0

- 해설 표. 콘크리트의 허용부착응력, τoa (MPa)

콘크리트의 설계기준강도 (fck)	21.0	24.0	27.0	30.0
이형철근과 콘크리트의 허용부착응력 (τoa)	1.4	1.6	1.7	1.8

* 철근의 정착길이
일반적으로, Lo ≥ Lomin = 35d1 로 하는 것이 좋다. Lomin = 35 x 19.1 = 668.5 mm
Lo = 150.000 x 286.500 / (1.600 x 60.000) = 447.656 (≤ 668.500)
= 668.5 (mm)
이때, 정착길이는 다음을 만족하여야 한다.
L ≥ Lo + D/2 = 668.5 + 508/2 = 922.5 mm

⑤ 확대기초 속에 말뚝머리부분의 매입길이는 최소한 100 mm로 한다.

⑥ 연직 지압강도에 대한 검토 (콘·설·해 6.8 지압강도)

$$\phi V_n = \phi(0.85\, f_{ck}\, A_1)$$

A1 : 재하면적 (㎟)

A2 : 지지면적 (㎟)

* 연직지압강도

ϕVn = 0.700 x (0.85 x 24.0 x 202683.0)

= 2894313.121 N ≥ PNmax = 1066049.181 N ∴ O.K

⑦ PUNCHING 전단강도에 대한 검토 (콘·설·해 7.12.2 2방향 거동에 대한 전단강도)

$$\phi V_n = \phi\left(\frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}}\cdot b_p \cdot d\right)$$

d : 유효깊이 (말뚝위치의 단면두께 - 저판에서의 철근덮개)

bp : π × (말뚝직경 + d)

* PUNCHING 전단강도

ϕVn = 0.800 x (⅓ x √24.0 x 4580.4 x 950)

= 5684671.263 N ≥ PNmax = 1066049.181 N ∴ O.K

교각 P1

목 차

1. 설 계 흐 름 도

2. 해석결과 요약
   * 안정성검토 및 응력검토
   * 기둥의 단면 설계
   * 단면 설계
   * 사용성 검토

3. 설 계 조 건
   3.1 일반사항
   3.2 하중
   3.3 지반조건
   3.4 사용재료 강도
   3.5 설계방법
   3.6 참고문헌

4. 단 면 가 정

5. 하 중 계 산

6. 구 조 해 석
   6.1 해석모델링
   6.2 절점좌표
   6.3 단면제원
   6.4 하중재하도

7. 해 석 결 과 집 계
   7.1 하중별 부재력 집계
   7.2 사용하중 조합시 부재력 집계
   7.3 계수하중 조합시 부재력 집계

8. 두 부 보 설 계
   8.1 내민보의 설계 : 좌측
   8.2 내민보의 설계 : 우측
   8.3 교량받침 위치 검토

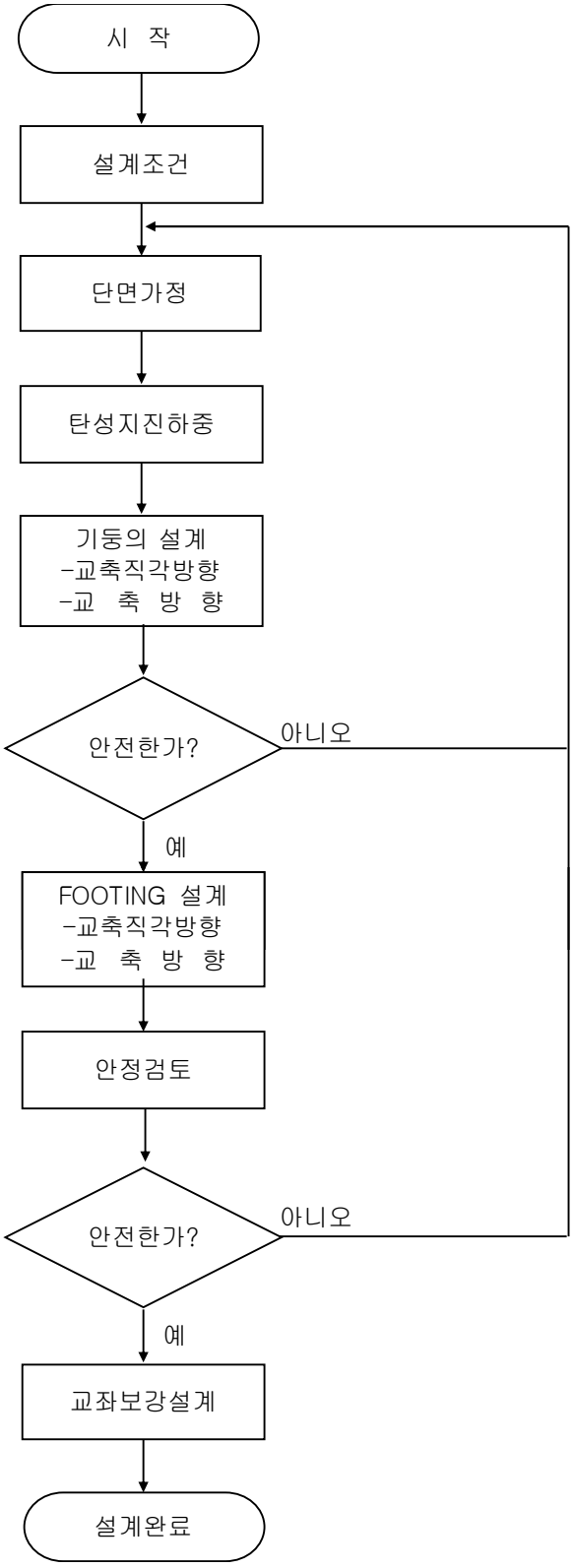
9. 기 둥 설 계
9.1 교축직각 방향
9.2 교축 방향
9.3 합성 부재력
9.4 기둥의 전단설계

10. 기 초 설 계
10.1 교축직각 방향
10.2 교축방향

11. 기초 2방향전단(뚫림) 검토

12. 교 량 받 침 부 검 토
12.1 받침 연단거리 검토
12.2 최소 받침지지 길이 검토
12.3 교량받침 수직력, 수평력 검토
12.4 교량받침 보강 철근 검토
12.5 교량받침 하면 보강
12.6 교량받침 콘크리트 보강

1. 설계흐름도


시 작
설계조건
단면가정
탄성지진하중
기둥의 설계
-교축직각방향
-교 축 방 향
안전한가?
아니오
예
FOOTING 설계
-교축직각방향
-교 축 방 향
안정검토
안전한가?
아니오
예
교좌보강설계
설계완료

2. 해석결과 요약

▣ 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	안전율	허용안전율	비 고
교축방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	118885.075	11595.914	10.25	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	17188.204	2957.947	5.81	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	700.000	605.329	1.16	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	118885.075	23968.000	4.96	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	17188.204	2549.000	6.74	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	1050.000	667.343	1.57	1.00	O.K
교축직각방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	138594.545	12526.160	11.06	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	20050.978	750.690	26.71	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	700.000	616.219	1.14	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	118885.075	19873.830	5.98	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	17188.204	1931.100	8.90	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	1050.000	624.381	1.68	1.00	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.005	40558.713	98334.643	2.425	O.K
	모멘트최대	0.005	36503.117	60028.680	1.644	O.K
	탄성설계	0.005	23308.031	88448.558	3.795	O.K
	편심최대	0.005	22142.629	38304.321	1.730	O.K
교축직각방향	축력최대	0.005	40558.713	98334.643	2.425	O.K
	모멘트최대	0.005	40511.370	71784.970	1.772	O.K
	탄성설계	0.005	23308.031	98681.358	4.234	O.K
	편심최대	0.005	20977.228	64154.282	3.058	O.K
합성부재력	축력최대	0.005	40558.713	98334.643	2.425	O.K
	모멘트최대	0.005	36503.117	59852.859	1.640	O.K
	탄성설계	0.005	23308.031	82844.426	3.554	O.K
	편심최대	0.005	22142.629	35767.263	1.615	O.K
	모멘트최대	0.005	40511.370	71784.970	1.772	O.K
	편심최대	0.005	20977.228	62785.755	2.993	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3600.0	100.0	69466.349	72765.000	-	-	1.047	O.K
	우측내민보	3600.0	100.0	60248.426	72765.000	-	-	1.208	O.K
	좌측내민보수	3600.0	100.0	2937.276	13151.600	3488.258	15508.046	4.446	O.K
	우측내민보수	3600.0	100.0	2599.887	13151.600	3088.302	15508.046	5.022	O.K
	교량받침1	2618.2	100.0	588.469	72765.000	485.004	55648.887	114.739	O.K
	교량받침2	3098.2	580.0	724.848	72765.000	597.324	55648.887	93.164	O.K
기초	교축방향	3100.0	100.0	21180.417	25935.700	21443.878	26214.285	1.222	O.K
	교직-지점부	3100.0	100.0	25251.641	32935.500	25529.045	33206.973	1.301	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	168.820	180.000	102.857	256.474	O.K
	우측내민보	154.332	180.000	102.857	300.262	O.K
	좌측내민보수평	78.769	180.000	180.000	789.756	O.K
	우측내민보수평	69.738	180.000	180.000	903.385	O.K
	교량받침1	6.864	180.000	102.857	9178.585	O.K
	교량받침2	12.082	180.000	102.857	5107.738	O.K
기초	교축방향	220.847	180.000	123.881	134.082	O.K
	교직-지점부	177.639	180.000	127.692	224.565	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : 직접기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 50
2) 기초지반의 내부마찰각 : ϕ2 = 42.386 ° ; 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 700 kN/m²
5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.6 ; tanΦb = 0.60, Cb = 0:암과 콘크리트
6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도 계수 x 지진구역계수
   - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
   - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 27 MPa
   기둥: 27 MPa
   기초: 27 MPa
   - 탄성계수 : Ec = 두부보: 27804 MPa
   기둥: 27804 MPa
   기초: 27804 MPa
   [도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
   기둥: 400 MPa
   기초: 400 MPa
   기둥(전단철근) 400 MPa
   기초(전단철근) 400 MPa
   - 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

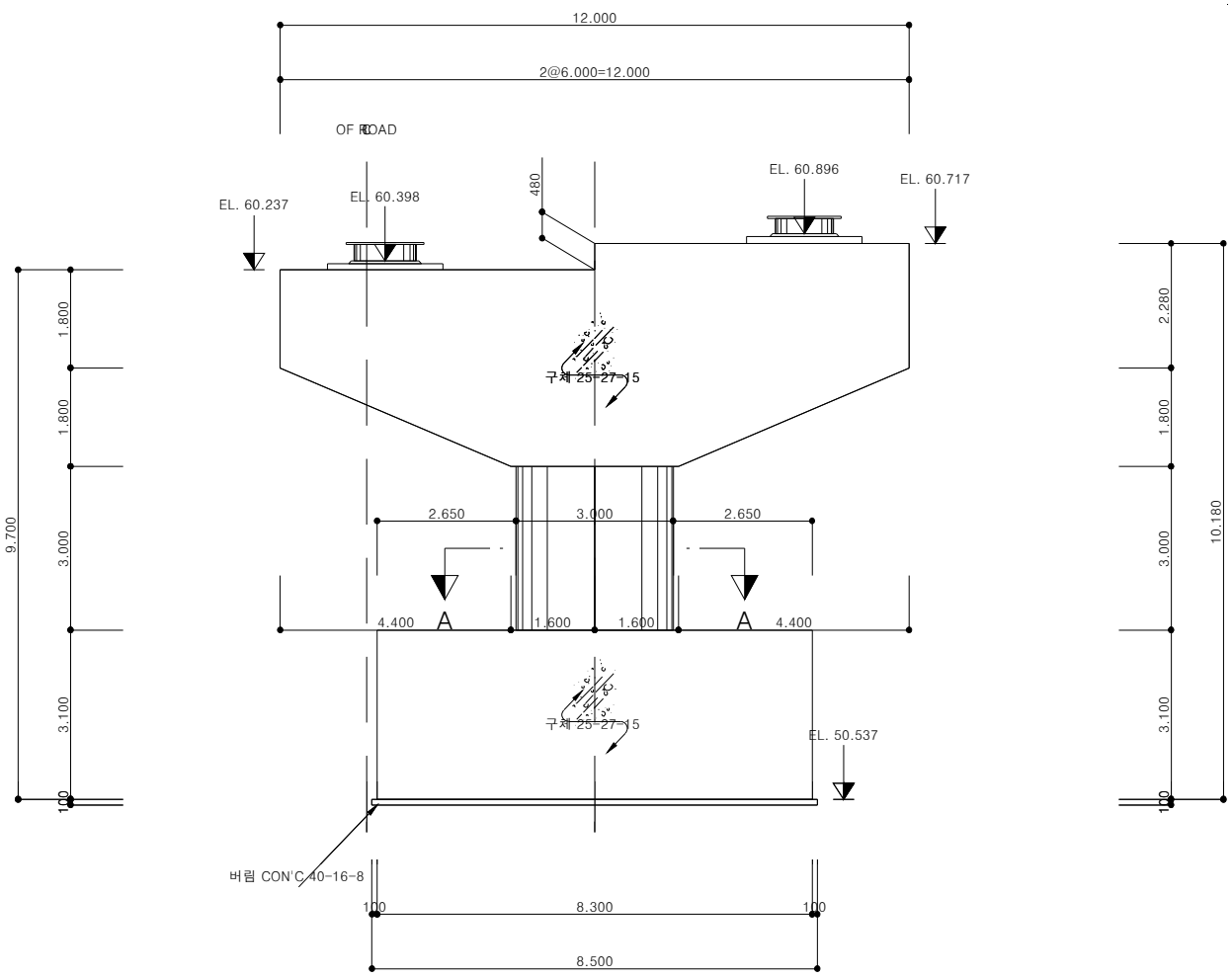
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
2) 콘크리트구조기준 : 한국콘크리트학회 (2012)

4. 단 면 가 정


12.000
2@6.000=12.000
OF ROAD
EL. 60.237
EL. 60.398
480
EL. 60.896
EL. 60.717
구체 25-27-15
2.650
3.000
2.650
4.400
A
1.600
1.600
A
4.400
구체 25-27-15
EL. 50.537
버림 CON'C 40-16-8
100
8.300
100
8.500
9.700
1.800
1.800
3.000
3.100
100
2.280
1.800
3.000
3.100
100
10.180

5. 하 중 계 산

5.1 상부반력 및 교각자중

교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		만재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
1	10139.730	1986.160	3331.120	1986.160
2	8726.726	2785.130	1418.150	2785.130
계	18866.456	4771.290	4749.270	4771.290

※ 교각자중은 25.000 kN/m³ 의 값을 프로그램에서 자동재하

5.2 풍 하 중

1) 교축직각방향 (W-TR)

① 상부구조에 작용하는 풍하중

B/D = 12.600 / 4.020 = 3.134 [1≤ B/D< 8]

W1 = [4.0 - 0.2 x (12.600 / 4.020)] x 4.020 = 13.560 kN/m ≥ 6.0 이므로

= 13.56 kN/m

P1 = 13.560 x (82.000 + 93.000) / 2 x sin90.0

= 1186.5 kN

작용위치 h = 4.020/2 + 0.500 + 0.900 = 3.41 m

작용모멘트 My = Ph x h = 1186.500 x 3.410 = 4045.965 kN.m

② 하부구조에 작용하는 풍하중

W'copping = 3.000 x 3.600 x 3.600 = 38.88 kN

W'column = 1.500 x 3.000 = 4.5 kN/m (풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

2) 교축방향 (W-LO)

① 하부구조에 작용하는 풍하중

W'copping = 114.478 kN (Copping 높이에 따라 재하)

W'column = 1.500 x 3.000 = 4.5 kN/m

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

5.3 활하중에 작용하는 풍하중

활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1500.000 N/m의
풍하중이 재하되는 것으로 한다. [도로설계기준 P19]

Ph = 1.500 x (82.000 + 93.000)/2 x sin90.0 = 131.25 kN

작용위치 h = 4.558 + 1.500 + 0.900 = 6.958 m

작용모멘트 My = Ph x h = 131.250 x 6.958 = 913.237 kN.m

5.4 온도하중 산정

1) 교축직각방향 (G-TR)

연평균 온도변화차 ΔT = 10℃ 적용

2) 교축방향 (G-LO)

① 교각의 종방향 변위를 유발하는 수평력

δ = α x ΔT x L 0.000012 x 25.0 x 46.500 = 0.01395 m

$$\delta = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \qquad P_h = \frac{3 \times E \times I \times \delta}{L^3}$$

Ph = 3 x 27804000 x 3.97608 x 1EA x 0.01395 / 6.600³ x sin90.0

= 16092.587 kN

② 교량받침에 의한 수평력

상부고정하중 : Vd = 18866.456 kN

교량받침마찰계수 : μ = 0.150

Ph = μ x W = 18866.456 x 0.150 x sin90.0

= 2829.968 kN

☞ 수평력은 ①,②중 작은값 2829.968 kN를 적용한다.

③ 작용 모멘트

Mh = 2829.968 x (0.500 + 1.800/2) = 3961.956 kN.m

5.5 교각 충돌하중

1) 교축직각방향 (CO-TR)

P = 1000.000 kN의 하중이 지면상 1.8m 에서 수평으로 작용 하는것으로 한다.

작용위치 h = 4.126 m (기초상단으로 부터)

2) 교축방향 (CO-LO)

P = 500.000 kN의 하중이 지면상 1.8m 에서 수평으로 작용 하는것으로 한다.

작용위치 h = 4.126 m (기초상단으로 부터)

5.6 지진에 의한 하중 : 내진해석 참조

(Ig 적용)

구 분			교축 방향			교축직각방향		
위치	하중경우	기둥	전단력	모멘트	변위(m)	전단력	모멘트	변위(m)
기둥 상단	경우 1	기둥 1	2756.500	9933.400	0.0063	1219.200	7526.000	0.004
	경우 2	기둥 1	1823.500	6332.500	0.0038	2024.000	14042.200	0.0078
기둥 하단	경우 1	기둥 1	2549.000	16066.100	0	1164.400	10258.900	0
	경우 2	기둥 1	1689.600	10422.900	0	1931.100	18761.700	0

5.7 하중조합 : 사용하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	E	CO	Q
SVB01	1.00	1.00									1.00
SVB02	1.00		1.00								1.00
SVB03	1.00			1.00							1.00
SVB04	1.00				1.00						1.00
SVB05	1.00	1.00			0.50	1.00					1.00
SVB06	1.00		1.00		0.50	1.00					1.00
SVB07	1.00			1.00	0.50	1.00					1.00
SVB08	1.00	1.00					1.00	1.00			1.00
SVB09	1.00	1.00					-1.00	1.00			1.00
SVB10	1.00		1.00				1.00	1.00			1.00
SVB11	1.00		1.00				-1.00	1.00			1.00
SVB12	1.00			1.00			1.00	1.00			1.00
SVB13	1.00			1.00			-1.00	1.00			1.00
SVB14	1.00				1.00		1.00	1.00			1.00
SVB15	1.00				1.00		-1.00	1.00			1.00
SVB16	1.00	1.00			0.50	1.00	1.00	1.00			1.00
SVB17	1.00	1.00			0.50	1.00	-1.00	1.00			1.00
SVB18	1.00		1.00		0.50	1.00	1.00	1.00			1.00
SVB19	1.00		1.00		0.50	1.00	-1.00	1.00			1.00
SVB20	1.00			1.00	0.50	1.00	1.00	1.00			1.00
SVB21	1.00			1.00	0.50	1.00	-1.00	1.00			1.00
SVB22	1.00								1.00		1.00
SVB23	1.00	1.00								1.00	1.00
SVB24	1.00		1.00							1.00	1.00
SVB25	1.00			1.00						1.00	1.00
SVB26	1.00				1.00					1.00	1.00

D = 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L = 활하중 또는 이에 따른 단면력

W = 풍하중 또는 이에 따른 단면력

WL = 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력

E = 지진하중 또는 이에 따른 단면력

CO = 충돌하중 또는 이에 따른 단면력

G = 부등침하,크리프,건조수축(GS),제작 또는 시공시 치수착오,습도변화
또는 온도변화등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

Q = 부력 또는 양압력,수압,파압 등의 하중 또는 이에 따른 단면력

※ 위 테이블에 표시된 SVB는 교축방향이며, 모델링상의 SVO 는 교직방향을 나타냅니다.
SVB 와 SVO 는 동일한 하중조합의 교축, 교직방향 성분들입니다.

5.8 하중조합 : 계수하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	E	CO	Q
ULB01	1.30	2.15									1.30
ULB02	1.30		2.15								1.30
ULB03	1.30			2.15							1.30
ULB04	1.30				1.30						1.30
ULB05	1.30	1.30			0.65	1.30					1.30
ULB06	1.30		1.30		0.65	1.30					1.30
ULB07	1.30			1.30	0.65	1.30					1.30
ULB08	1.30	1.30					1.30	1.30			1.30
ULB09	1.30	1.30					-1.30	1.30			1.30
ULB10	1.30		1.30				1.30	1.30			1.30
ULB11	1.30		1.30				-1.30	1.30			1.30
ULB12	1.30			1.30			1.30	1.30			1.30
ULB13	1.30			1.30			-1.30	1.30			1.30
ULB14	1.25				1.25		1.25	1.25			1.25
ULB15	1.25				1.25		-1.25	1.25			1.25
ULB16	1.25	1.25			0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
ULB17	1.25	1.25			0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
ULB18	1.25		1.25		0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
ULB19	1.25		1.25		0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
ULB20	1.25			1.25	0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
ULB21	1.25			1.25	0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
ULB22	1.00								1.00		1.00
ULB23	1.30	1.30								1.30	1.30
ULB24	1.30		1.30							1.30	1.30
ULB25	1.30			1.30						1.30	1.30
ULB26	1.20				1.20					1.20	1.20

※ 위 테이블에 표시된 ULB는 교축방향이며, 모델링상의 ULO 는 교직방향을 나타냅니다.
ULB 와 ULO 는 동일한 하중조합의 교축, 교직방향 성분들입니다.

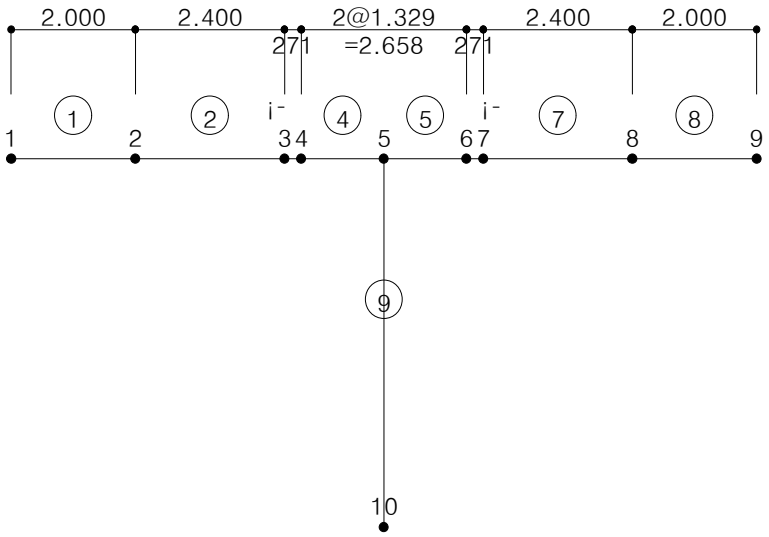
5.9 하중조합 : 계수하중 검토시 (최대편심)

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	E	CO	Q
UEB01	1.00	2.15									1.30
UEB02	1.00		2.15								1.30
UEB03	1.00			2.15							1.30
UEB04	1.00				1.30						1.30
UEB05	1.00	1.30			0.65	1.30					1.30
UEB06	1.00		1.30		0.65	1.30					1.30
UEB07	1.00			1.30	0.65	1.30					1.30
UEB08	1.00	1.30					1.30	1.30			1.30
UEB09	1.00	1.30					-1.30	1.30			1.30
UEB10	1.00		1.30				1.30	1.30			1.30
UEB11	1.00		1.30				-1.30	1.30			1.30
UEB12	1.00			1.30			1.30	1.30			1.30
UEB13	1.00			1.30			-1.30	1.30			1.30
UEB14	0.95				1.25		1.25	1.25			1.25
UEB15	0.95				1.25		-1.25	1.25			1.25
UEB16	0.95	1.25			0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
UEB17	0.95	1.25			0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
UEB18	0.95		1.25		0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
UEB19	0.95		1.25		0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
UEB20	0.95			1.25	0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
UEB21	0.95			1.25	0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
UEB22	1.00								1.00		1.00
UEB23	1.00	1.30								1.30	1.30
UEB24	1.00		1.30							1.30	1.30
UEB25	1.00			1.30						1.30	1.30
UEB26	0.90				1.20					1.20	1.20

※ 위 테이블에 표시된 UEB는 교축방향이며, 모델링상의 UE0 는 교직방향을 나타냅니다.
UEB 와 UE0 는 동일한 하중조합의 교축, 교직방향 성분들입니다.

6. 구 조 해 석

6.1 해석 모델링



6.2 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z
1	0	5.7	6	7.329	5.7
2	2	5.7	7	7.6	5.7
3	4.4	5.7	8	10	5.7
4	4.671	5.7	9	12	5.7
5	6	5.7	10	6	0

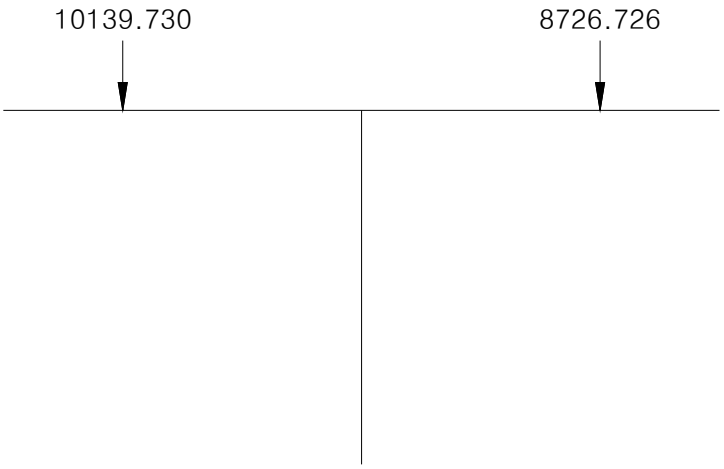
6.3 단면 제원

구 분	B(m)	H(m)	A(m²)	I22(m⁴)	I33(m⁴)	적용절점
①	3.600	1.800	6.480	6.998400	1.749600	1
②	3.600	2.280	8.208	8.864640	3.555706	9
③	3.600	2.618	9.425	10.178784	5.383072	2
④	3.600	3.098	11.153	12.045024	8.920013	8
⑤	3.600	3.600	12.960	13.996800	13.996800	3, 4
⑥	3.600	4.080	14.688	15.863040	20.375194	5~7
⑦	3.000	0.000	7.069	3.976078	3.976078	기둥상단
⑧	3.000	0.000	7.069	3.976078	3.976078	기둥하단

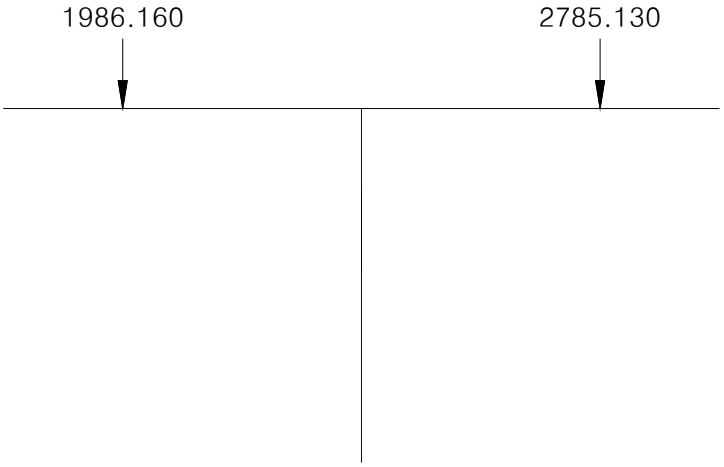
6.4 하중재하도

1) 연직하중

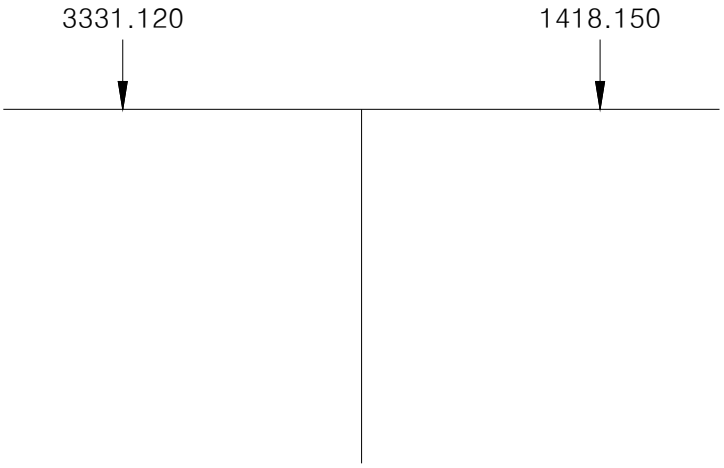
① 고정하중 (D)



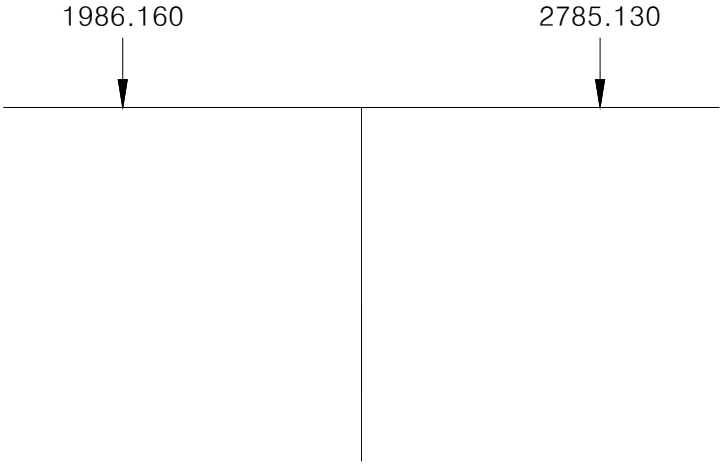
② 활하중 : 만재하시 (L1)



③ 활하중 : 좌측 편재하시 (L2)



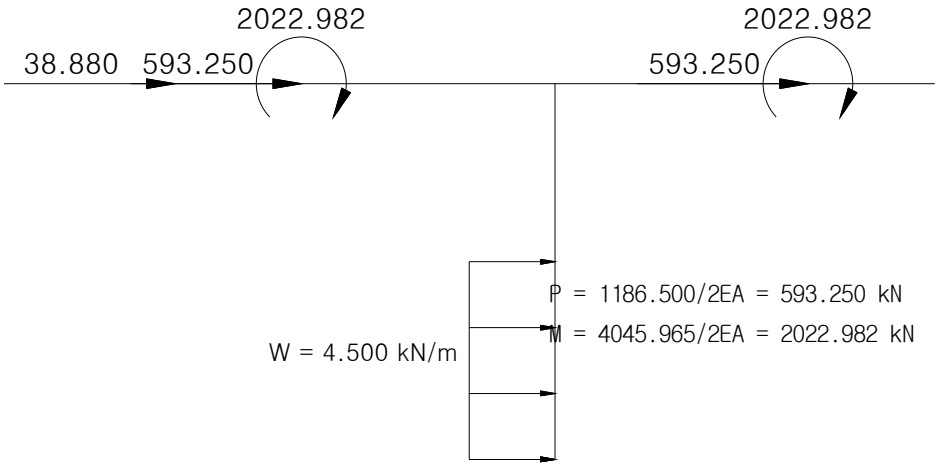
④ 활하중 : 우측 편재하시 (L3)



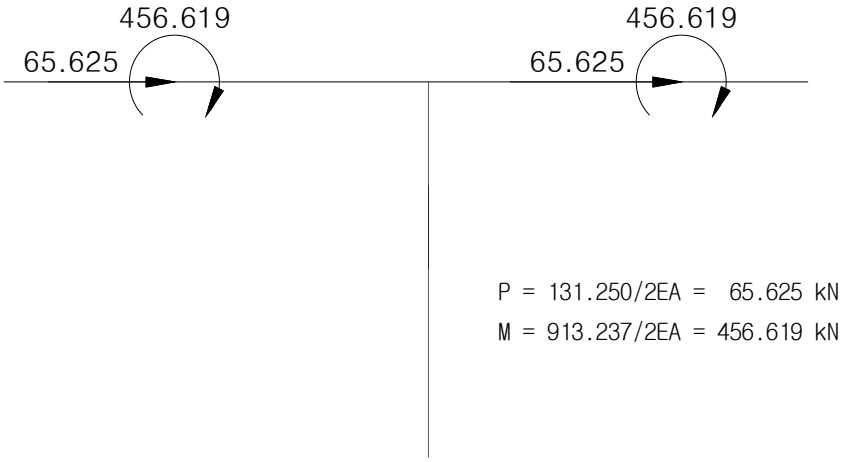
2) 수평하중

① 교축직각 방향

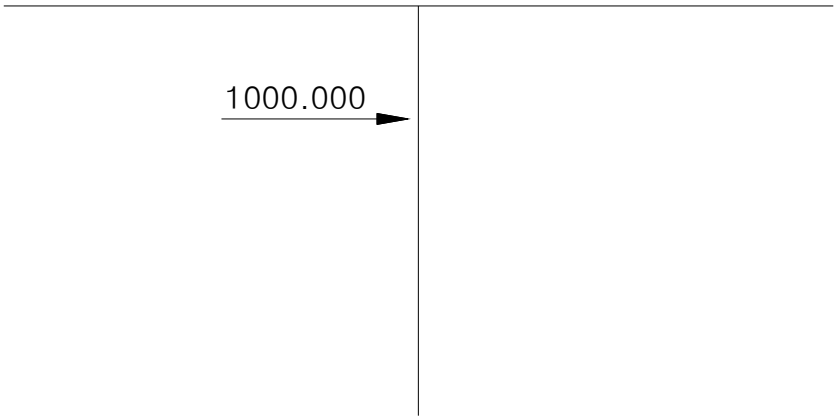
㉮ 풍하중 : 구조물에 재하되는 풍하중 (W-TR)



㉯ 풍하중 : 활하중에 재하되는 풍하중 (WL)

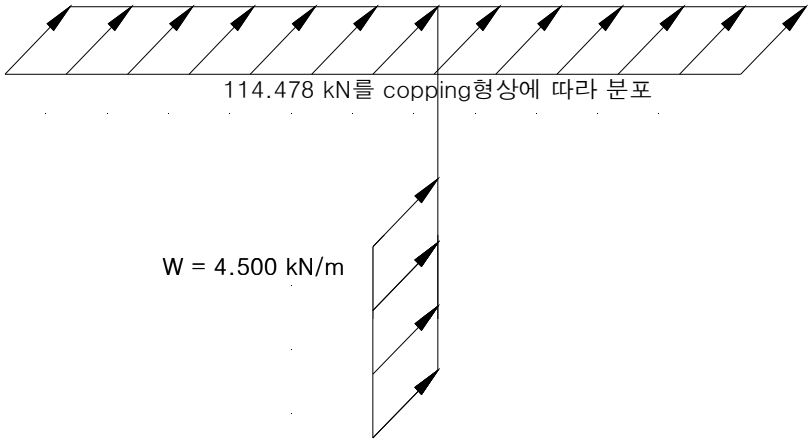


㉰ 교각 충돌하중 (CO-TR)

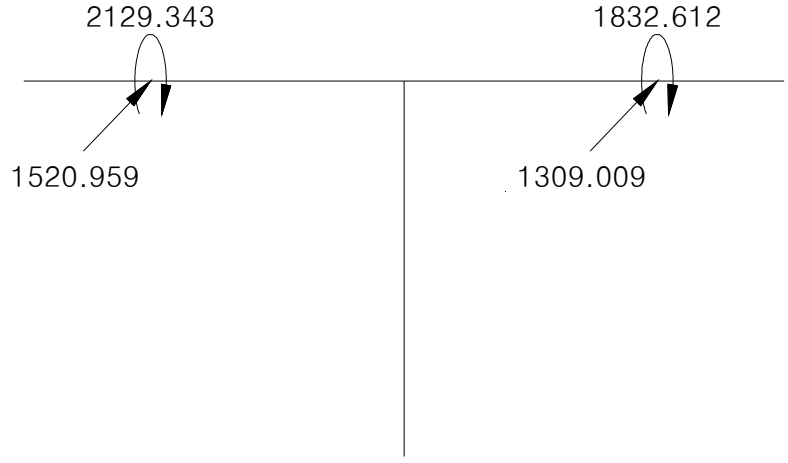


② 교축 방향

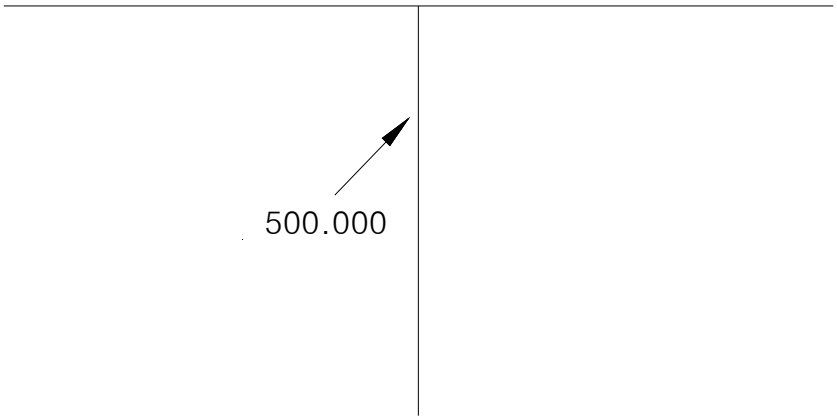
㉮ 풍하중 : 구조물에 재하되는 풍하중 (W-LO)



㉯ 온도하중 (G-L01) : P = 2829.968 / 2EA = 1414.984 kN M = 3961.956 / 2EA = 1980.978 kN.m



㉰ 교각 충돌하중 (CO-LO)



7. 해석결과 집계

7.1 하중별 부재력 집계

① 기둥 : 부재번호 9 (교직방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-22777.887	-4874.280	0.000	-23308.031	-4874.280	0.000	
L1	-4771.290	3195.880	0.000	-4771.290	3195.880	0.000	
L2	-4749.270	-7651.880	0.000	-4749.270	-7651.880	0.000	
L3	-4771.290	3195.880	0.000	-4771.290	3195.880	0.000	
W-TR	0.000	7354.486	-1225.380	0.000	11050.875	-1238.880	
WL	0.000	1267.613	-131.250	0.000	1661.363	-131.250	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	14042.200	2024.000	0.000	18761.700	1931.100	
CO-TR	0.000	1126.230	-1000.000	0.000	4126.230	-1000.000	

(교축방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-22777.887	0.000	0.000	-23308.031	0.000	0.000	
L1	-4771.290	0.000	0.000	-4771.290	0.000	0.000	
L2	-4749.270	0.000	0.000	-4749.270	0.000	0.000	
L3	-4771.290	0.000	0.000	-4771.290	0.000	0.000	
W-LO	0.000	-309.090	114.478	0.000	-672.771	127.977	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-LO2	0.000	-11602.869	2829.970	0.000	-20092.779	2829.970	
E-LO	0.000	9933.400	2756.500	0.000	16066.100	2549.000	
CO-LO	0.000	-563.115	500.000	0.000	-2063.115	500.000	

② 두부보 : 내민보

하중	좌측 (부재4, 절점4)		우측 (부재5, 절점6)		비고
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-29475.578	11296.668	-26172.809	-10085.485	
L1	-5305.033	1986.160	-7439.082	-2785.130	
L2	-8897.422	3331.120	-3787.879	-1418.150	
L3	-5305.033	1986.160	-7439.082	-2785.130	
W-LO	0.000	0.000	0.000	0.000	
W-TR	2022.980	0.000	-2022.980	0.000	
WL	456.619	0.000	-456.619	0.000	
G-LO2	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-LO	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	
CO-LO	0.000	0.000	0.000	0.000	
CO-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	

③ 두부보 : 교량 받침부 전단력

구 분	S1(절점2)		S2(절점8)	
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)
D	-373.080	10537.320	-459.480	-9210.750
L1	0.000	1986.160	0.000	-2785.130
L2	0.000	3331.120	0.000	-1418.150
L3	0.000	1986.160	0.000	-2785.130
W-LO	0.000	0.000	0.000	0.000
W-TR	2022.980	0.000	-2022.980	0.000
WL	456.619	0.000	-456.619	0.000
G-LO2	0.000	0.000	0.000	0.000
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000
E-LO	0.000	0.000	0.000	0.000
E-TR	0.000	0.000	0.000	0.000
CO-LO	0.000	0.000	0.000	0.000
CO-TR	0.000	0.000	0.000	0.000

7.2 사용하중 조합시 부재력 집계

1) 교축직각방향

① 기둥 : 부재번호 9 (교직방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
SV001	-27549.177	-1678.400	0.000	-28079.321	-1678.400	0.000	
SV002	-27527.157	-12526.160	0.000	-28057.301	-12526.160	0.000	
SV003	-27549.177	-1678.400	0.000	-28079.321	-1678.400	0.000	
SV004	-22777.887	2480.206	-1225.380	-23308.031	6176.595	-1238.880	
SV005	-27549.177	3266.456	-743.940	-28079.321	5508.400	-750.690	
SV006	-27527.157	-7581.304	-743.940	-28057.301	-5339.360	-750.690	
SV007	-27549.177	3266.456	-743.940	-28079.321	5508.400	-750.690	
SV008	-27549.177	-1678.400	0.000	-28079.321	-1678.400	0.000	
SV009	-27549.177	-1678.400	0.000	-28079.321	-1678.400	0.000	
SV010	-27527.157	-12526.160	0.000	-28057.301	-12526.160	0.000	
SV011	-27527.157	-12526.160	0.000	-28057.301	-12526.160	0.000	
SV012	-27549.177	-1678.400	0.000	-28079.321	-1678.400	0.000	
SV013	-27549.177	-1678.400	0.000	-28079.321	-1678.400	0.000	
SV014	-22777.887	2480.206	-1225.380	-23308.031	6176.595	-1238.880	
SV015	-22777.887	2480.206	-1225.380	-23308.031	6176.595	-1238.880	
SV016	-27549.177	3266.456	-743.940	-28079.321	5508.400	-750.690	
SV017	-27549.177	3266.456	-743.940	-28079.321	5508.400	-750.690	
SV018	-27527.157	-7581.304	-743.940	-28057.301	-5339.360	-750.690	
SV019	-27527.157	-7581.304	-743.940	-28057.301	-5339.360	-750.690	
SV020	-27549.177	3266.456	-743.940	-28079.321	5508.400	-750.690	
SV021	-27549.177	3266.456	-743.940	-28079.321	5508.400	-750.690	
SV022	-22777.887	9167.920	2024.000	-23308.031	13887.420	1931.100	
SV023	-27549.177	-552.170	-1000.000	-28079.321	2447.830	-1000.000	
SV024	-27527.157	-11399.930	-1000.000	-28057.301	-8399.930	-1000.000	
SV025	-27549.177	-552.170	-1000.000	-28079.321	2447.830	-1000.000	
SV026	-22777.887	3606.436	-2225.380	-23308.031	10302.825	-2238.880	

2) 교축방향 (교축방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
SVB01	-27549.177	0.000	0.000	-28079.321	0.000	0.000	
SVB02	-27527.157	0.000	0.000	-28057.301	0.000	0.000	
SVB03	-27549.177	0.000	0.000	-28079.321	0.000	0.000	
SVB04	-22777.887	-309.090	114.478	-23308.031	-672.771	127.977	
SVB05	-27549.177	-154.545	57.239	-28079.321	-336.386	63.989	
SVB06	-27527.157	-154.545	57.239	-28057.301	-336.386	63.989	
SVB07	-27549.177	-154.545	57.239	-28079.321	-336.386	63.989	
SVB08	-27549.177	-11602.869	2829.970	-28079.321	-20092.779	2829.970	
SVB09	-27549.177	11602.869	-2829.970	-28079.321	20092.779	-2829.970	
SVB10	-27527.157	-11602.869	2829.970	-28057.301	-20092.779	2829.970	
SVB11	-27527.157	11602.869	-2829.970	-28057.301	20092.779	-2829.970	
SVB12	-27549.177	-11602.869	2829.970	-28079.321	-20092.779	2829.970	
SVB13	-27549.177	11602.869	-2829.970	-28079.321	20092.779	-2829.970	
SVB14	-22777.887	-11911.959	2944.448	-23308.031	-20765.550	2957.947	
SVB15	-22777.887	11293.779	-2715.492	-23308.031	19420.008	-2701.993	
SVB16	-27549.177	-11757.414	2887.209	-28079.321	-20429.165	2893.959	
SVB17	-27549.177	11448.324	-2772.731	-28079.321	19756.393	-2765.981	
SVB18	-27527.157	-11757.414	2887.209	-28057.301	-20429.165	2893.959	
SVB19	-27527.157	11448.324	-2772.731	-28057.301	19756.393	-2765.981	
SVB20	-27549.177	-11757.414	2887.209	-28079.321	-20429.165	2893.959	
SVB21	-27549.177	11448.324	-2772.731	-28079.321	19756.393	-2765.981	
SVB22	-22777.887	9933.400	2756.500	-23308.031	16066.100	2549.000	
SVB23	-27549.177	-563.115	500.000	-28079.321	-2063.115	500.000	
SVB24	-27527.157	-563.115	500.000	-28057.301	-2063.115	500.000	
SVB25	-27549.177	-563.115	500.000	-28079.321	-2063.115	500.000	
SVB26	-22777.887	-872.205	614.478	-23308.031	-2735.886	627.977	

3) 두부보

① 두부보 : 내민보

하중	좌측 (부재4, 절점4)		우측 (부재5, 절점6)		비고
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
SV001	-34780.611	13282.828	-33611.891	-12870.615	
SV002	-38373.000	14627.788	-29960.688	-11503.635	
SV003	-34780.611	13282.828	-33611.891	-12870.615	
SV004	-27452.598	11296.668	-28195.789	-10085.485	
SV005	-33312.502	13282.828	-35080.000	-12870.615	
SV006	-36904.891	14627.788	-31428.797	-11503.635	
SV007	-33312.502	13282.828	-35080.000	-12870.615	
SV008	-34780.611	13282.828	-33611.891	-12870.615	
SV009	-34780.611	13282.828	-33611.891	-12870.615	
SV010	-38373.000	14627.788	-29960.688	-11503.635	
SV011	-38373.000	14627.788	-29960.688	-11503.635	
SV012	-34780.611	13282.828	-33611.891	-12870.615	
SV013	-34780.611	13282.828	-33611.891	-12870.615	
SV014	-27452.598	11296.668	-28195.789	-10085.485	
SV015	-27452.598	11296.668	-28195.789	-10085.485	
SV016	-33312.502	13282.828	-35080.000	-12870.615	
SV017	-33312.502	13282.828	-35080.000	-12870.615	
SV018	-36904.891	14627.788	-31428.797	-11503.635	
SV019	-36904.891	14627.788	-31428.797	-11503.635	
SV020	-33312.502	13282.828	-35080.000	-12870.615	
SV021	-33312.502	13282.828	-35080.000	-12870.615	
SV022	-29475.578	11296.668	-26172.809	-10085.485	
SV023	-34780.611	13282.828	-33611.891	-12870.615	
SV024	-38373.000	14627.788	-29960.688	-11503.635	
SV025	-34780.611	13282.828	-33611.891	-12870.615	
SV026	-27452.598	11296.668	-28195.789	-10085.485	

② 두부보 : 교량 받침부 전단력

구 분	S1(절점2)		S2(절점8)	
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)
SV001	-373.080	12523.480	-459.480	-11995.880
SV002	-373.080	13868.440	-459.480	-10628.900
SV003	-373.080	12523.480	-459.480	-11995.880
SV004	1649.900	10537.320	-2482.460	-9210.750
SV005	1095.029	12523.480	-1927.589	-11995.880
SV006	1095.029	13868.440	-1927.589	-10628.900
SV007	1095.029	12523.480	-1927.589	-11995.880
SV008	-373.080	12523.480	-459.480	-11995.880
SV009	-373.080	12523.480	-459.480	-11995.880
SV010	-373.080	13868.440	-459.480	-10628.900
SV011	-373.080	13868.440	-459.480	-10628.900
SV012	-373.080	12523.480	-459.480	-11995.880
SV013	-373.080	12523.480	-459.480	-11995.880
SV014	1649.900	10537.320	-2482.460	-9210.750
SV015	1649.900	10537.320	-2482.460	-9210.750
SV016	1095.029	12523.480	-1927.589	-11995.880
SV017	1095.029	12523.480	-1927.589	-11995.880
SV018	1095.029	13868.440	-1927.589	-10628.900
SV019	1095.029	13868.440	-1927.589	-10628.900
SV020	1095.029	12523.480	-1927.589	-11995.880
SV021	1095.029	12523.480	-1927.589	-11995.880
SV022	-373.080	10537.320	-459.480	-9210.750
SV023	-373.080	12523.480	-459.480	-11995.880
SV024	-373.080	13868.440	-459.480	-10628.900
SV025	-373.080	12523.480	-459.480	-11995.880
SV026	1649.900	10537.320	-2482.460	-9210.750

7.3 계수하중 조합시 부재력 집계

1) 교축직각방향

① 기둥 : 부재번호 9 (교직방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
UL001	-39869.527	534.578	0.000	-40558.713	534.578	0.000	
UL002	-39822.184	-22788.106	0.000	-40511.370	-22788.106	0.000	
UL003	-39869.527	534.578	0.000	-40558.713	534.578	0.000	
UL004	-29611.253	3224.268	-1592.994	-30300.440	8029.573	-1610.543	
UL005	-35813.930	4246.393	-967.122	-36503.117	7160.921	-975.897	
UL006	-35785.304	-9855.695	-967.122	-36474.491	-6941.167	-975.897	
UL007	-35813.930	4246.393	-967.122	-36503.117	7160.921	-975.897	
UL008	-35813.930	-2181.920	0.000	-36503.117	-2181.920	0.000	
UL009	-35813.930	-2181.920	0.000	-36503.117	-2181.920	0.000	
UL010	-35785.304	-16284.008	0.000	-36474.491	-16284.008	0.000	
UL011	-35785.304	-16284.008	0.000	-36474.491	-16284.008	0.000	
UL012	-35813.930	-2181.920	0.000	-36503.117	-2181.920	0.000	
UL013	-35813.930	-2181.920	0.000	-36503.117	-2181.920	0.000	
UL014	-28472.359	3100.258	-1531.725	-29135.038	7720.743	-1548.599	
UL015	-28472.359	3100.258	-1531.725	-29135.038	7720.743	-1548.599	
UL016	-34436.471	4083.070	-929.925	-35099.151	6885.500	-938.362	
UL017	-34436.471	4083.070	-929.925	-35099.151	6885.500	-938.362	
UL018	-34408.946	-9476.630	-929.925	-35071.626	-6674.200	-938.362	
UL019	-34408.946	-9476.630	-929.925	-35071.626	-6674.200	-938.362	
UL020	-34436.471	4083.070	-929.925	-35099.151	6885.500	-938.362	
UL021	-34436.471	4083.070	-929.925	-35099.151	6885.500	-938.362	
UL022	-22777.887	9167.920	2024.000	-23308.031	13887.420	1931.100	
UL023	-35813.930	-717.821	-1300.000	-36503.117	3182.179	-1300.000	
UL024	-35785.304	-14819.909	-1300.000	-36474.491	-10919.909	-1300.000	
UL025	-35813.930	-717.821	-1300.000	-36503.117	3182.179	-1300.000	
UL026	-27333.465	4327.723	-2670.456	-27969.637	12363.390	-2686.656	

2) 교축직각방향(편심최대)

① 기둥 : 부재번호 9 (교직방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
UE001	-33036.161	1996.862	0.000	-33566.304	1996.862	0.000	
UE002	-32988.818	-21325.822	0.000	-33518.961	-21325.822	0.000	
UE003	-33036.161	1996.862	0.000	-33566.304	1996.862	0.000	
UE004	-22777.887	4686.552	-1592.994	-23308.031	9491.857	-1610.543	
UE005	-28980.564	5708.677	-967.122	-29510.708	8623.205	-975.897	
UE006	-28951.938	-8393.411	-967.122	-29482.082	-5478.883	-975.897	
UE007	-28980.564	5708.677	-967.122	-29510.708	8623.205	-975.897	
UE008	-28980.564	-719.636	0.000	-29510.708	-719.636	0.000	
UE009	-28980.564	-719.636	0.000	-29510.708	-719.636	0.000	
UE010	-28951.938	-14821.724	0.000	-29482.082	-14821.724	0.000	
UE011	-28951.938	-14821.724	0.000	-29482.082	-14821.724	0.000	
UE012	-28980.564	-719.636	0.000	-29510.708	-719.636	0.000	
UE013	-28980.564	-719.636	0.000	-29510.708	-719.636	0.000	
UE014	-21638.993	4562.542	-1531.725	-22142.629	9183.027	-1548.599	
UE015	-21638.993	4562.542	-1531.725	-22142.629	9183.027	-1548.599	
UE016	-27603.105	5545.354	-929.925	-28106.742	8347.784	-938.362	
UE017	-27603.105	5545.354	-929.925	-28106.742	8347.784	-938.362	
UE018	-27575.580	-8014.346	-929.925	-28079.217	-5211.916	-938.362	
UE019	-27575.580	-8014.346	-929.925	-28079.217	-5211.916	-938.362	
UE020	-27603.105	5545.354	-929.925	-28106.742	8347.784	-938.362	
UE021	-27603.105	5545.354	-929.925	-28106.742	8347.784	-938.362	
UE022	-22777.887	9167.920	2024.000	-23308.031	13887.420	1931.100	
UE023	-28980.564	744.463	-1300.000	-29510.708	4644.463	-1300.000	
UE024	-28951.938	-13357.625	-1300.000	-29482.082	-9457.625	-1300.000	
UE025	-28980.564	744.463	-1300.000	-29510.708	4644.463	-1300.000	
UE026	-20500.098	5790.007	-2670.456	-20977.228	13825.674	-2686.656	

3) 교축방향 (교축방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
ULB01	-39869.527	0.000	0.000	-40558.713	0.000	0.000	
ULB02	-39822.184	0.000	0.000	-40511.370	0.000	0.000	
ULB03	-39869.527	0.000	0.000	-40558.713	0.000	0.000	
ULB04	-29611.253	-401.816	148.821	-30300.440	-874.602	166.370	
ULB05	-35813.930	-200.908	74.410	-36503.117	-437.301	83.185	
ULB06	-35785.304	-200.908	74.410	-36474.491	-437.301	83.185	
ULB07	-35813.930	-200.908	74.410	-36503.117	-437.301	83.185	
ULB08	-35813.930	-15083.730	3678.961	-36503.117	-26120.613	3678.961	
ULB09	-35813.930	15083.730	-3678.961	-36503.117	26120.613	-3678.961	
ULB10	-35785.304	-15083.730	3678.961	-36474.491	-26120.613	3678.961	
ULB11	-35785.304	15083.730	-3678.961	-36474.491	26120.613	-3678.961	
ULB12	-35813.930	-15083.730	3678.961	-36503.117	-26120.613	3678.961	
ULB13	-35813.930	15083.730	-3678.961	-36503.117	26120.613	-3678.961	
ULB14	-28472.359	-14889.948	3680.560	-29135.038	-25956.938	3697.434	
ULB15	-28472.359	14117.224	-3394.366	-29135.038	24275.010	-3377.491	
ULB16	-34436.471	-14696.767	3609.011	-35099.151	-25536.456	3617.448	
ULB17	-34436.471	14310.405	-3465.914	-35099.151	24695.492	-3457.477	
ULB18	-34408.946	-14696.767	3609.011	-35071.626	-25536.456	3617.448	
ULB19	-34408.946	14310.405	-3465.914	-35071.626	24695.492	-3457.477	
ULB20	-34436.471	-14696.767	3609.011	-35099.151	-25536.456	3617.448	
ULB21	-34436.471	14310.405	-3465.914	-35099.151	24695.492	-3457.477	
ULB22	-22777.887	9933.400	2756.500	-23308.031	16066.100	2549.000	
ULB23	-35813.930	-732.049	650.000	-36503.117	-2682.050	650.000	
ULB24	-35785.304	-732.049	650.000	-36474.491	-2682.050	650.000	
ULB25	-35813.930	-732.049	650.000	-36503.117	-2682.050	650.000	
ULB26	-27333.465	-1046.645	737.373	-27969.637	-3283.063	753.573	

4) 교축방향(편심최대) (교축방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
UEB01	-33036.161	0.000	0.000	-33566.304	0.000	0.000	
UEB02	-32988.818	0.000	0.000	-33518.961	0.000	0.000	
UEB03	-33036.161	0.000	0.000	-33566.304	0.000	0.000	
UEB04	-22777.887	-401.816	148.821	-23308.031	-874.602	166.370	
UEB05	-28980.564	-200.908	74.410	-29510.708	-437.301	83.185	
UEB06	-28951.938	-200.908	74.410	-29482.082	-437.301	83.185	
UEB07	-28980.564	-200.908	74.410	-29510.708	-437.301	83.185	
UEB08	-28980.564	-15083.730	3678.961	-29510.708	-26120.613	3678.961	
UEB09	-28980.564	15083.730	-3678.961	-29510.708	26120.613	-3678.961	
UEB10	-28951.938	-15083.730	3678.961	-29482.082	-26120.613	3678.961	
UEB11	-28951.938	15083.730	-3678.961	-29482.082	26120.613	-3678.961	
UEB12	-28980.564	-15083.730	3678.961	-29510.708	-26120.613	3678.961	
UEB13	-28980.564	15083.730	-3678.961	-29510.708	26120.613	-3678.961	
UEB14	-21638.993	-14889.948	3680.560	-22142.629	-25956.938	3697.434	
UEB15	-21638.993	14117.224	-3394.366	-22142.629	24275.010	-3377.491	
UEB16	-27603.105	-14696.767	3609.011	-28106.742	-25536.456	3617.448	
UEB17	-27603.105	14310.405	-3465.914	-28106.742	24695.492	-3457.477	
UEB18	-27575.580	-14696.767	3609.011	-28079.217	-25536.456	3617.448	
UEB19	-27575.580	14310.405	-3465.914	-28079.217	24695.492	-3457.477	
UEB20	-27603.105	-14696.767	3609.011	-28106.742	-25536.456	3617.448	
UEB21	-27603.105	14310.405	-3465.914	-28106.742	24695.492	-3457.477	
UEB22	-22777.887	9933.400	2756.500	-23308.031	16066.100	2549.000	
UEB23	-28980.564	-732.049	650.000	-29510.708	-2682.050	650.000	
UEB24	-28951.938	-732.049	650.000	-29482.082	-2682.050	650.000	
UEB25	-28980.564	-732.049	650.000	-29510.708	-2682.050	650.000	
UEB26	-20500.098	-1046.645	737.373	-20977.228	-3283.063	753.573	

5) 두부보

① 두부보 : 내민보

하중	좌측 (부재4, 절점4)		우측 (부재5, 절점6)		비고
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
UL001	-49724.073	18955.912	-50018.679	-19099.160	
UL002	-57447.708	21847.576	-42168.591	-16160.153	
UL003	-49724.073	18955.912	-50018.679	-19099.160	
UL004	-35688.377	14685.668	-36654.526	-13111.131	
UL005	-43306.253	17267.676	-45604.000	-16731.800	
UL006	-47976.358	19016.124	-40857.436	-14954.726	
UL007	-43306.253	17267.676	-45604.000	-16731.800	
UL008	-45214.795	17267.676	-43695.459	-16731.800	
UL009	-45214.795	17267.676	-43695.459	-16731.800	
UL010	-49884.899	19016.124	-38948.894	-14954.726	
UL011	-49884.899	19016.124	-38948.894	-14954.726	
UL012	-45214.795	17267.676	-43695.459	-16731.800	
UL013	-45214.795	17267.676	-43695.459	-16731.800	
UL014	-34315.747	14120.835	-35244.736	-12606.856	
UL015	-34315.747	14120.835	-35244.736	-12606.856	
UL016	-41640.628	16603.535	-43850.000	-16088.269	
UL017	-41640.628	16603.535	-43850.000	-16088.269	
UL018	-46131.113	18284.735	-39285.996	-14379.544	
UL019	-46131.113	18284.735	-39285.996	-14379.544	
UL020	-41640.628	16603.535	-43850.000	-16088.269	
UL021	-41640.628	16603.535	-43850.000	-16088.269	
UL022	-29475.578	11296.668	-26172.809	-10085.485	
UL023	-45214.795	17267.676	-43695.459	-16731.800	
UL024	-49884.899	19016.124	-38948.894	-14954.726	
UL025	-45214.795	17267.676	-43695.459	-16731.800	
UL026	-32943.118	13556.002	-33834.947	-12102.582	

② 두부보 : 교량 받침부 전단력

구 분	S1(절점2)		S2(절점8)	
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)
UL001	-485.004	17968.760	-597.324	-17962.005
UL002	-485.004	20860.424	-597.324	-15022.998
UL003	-485.004	17968.760	-597.324	-17962.005
UL004	2144.870	13698.516	-3227.198	-11973.975
UL005	1423.538	16280.524	-2505.866	-15594.644
UL006	1423.538	18028.972	-2505.866	-13817.570
UL007	1423.538	16280.524	-2505.866	-15594.644
UL008	-485.004	16280.524	-597.324	-15594.644
UL009	-485.004	16280.524	-597.324	-15594.644
UL010	-485.004	18028.972	-597.324	-13817.570
UL011	-485.004	18028.972	-597.324	-13817.570
UL012	-485.004	16280.524	-597.324	-15594.644
UL013	-485.004	16280.524	-597.324	-15594.644
UL014	2062.375	13171.650	-3103.075	-11513.437
UL015	2062.375	13171.650	-3103.075	-11513.437
UL016	1368.786	15654.350	-2409.486	-14994.850
UL017	1368.786	15654.350	-2409.486	-14994.850
UL018	1368.786	17335.550	-2409.486	-13286.125
UL019	1368.786	17335.550	-2409.486	-13286.125
UL020	1368.786	15654.350	-2409.486	-14994.850
UL021	1368.786	15654.350	-2409.486	-14994.850
UL022	-373.080	10537.320	-459.480	-9210.750
UL023	-485.004	16280.524	-597.324	-15594.644
UL024	-485.004	18028.972	-597.324	-13817.570
UL025	-485.004	16280.524	-597.324	-15594.644
UL026	1979.880	12644.784	-2978.952	-11052.900

8. 두부보 설계

8.1 내민보의 설계 : 좌측 (절점 4)

1) 내민길이의 산정

: 원형이나 정다각형 기둥인 경우 내민 길이는 정사각형 기둥단면으로 치환하여 구한다.
[도로교 설계기준 5.4.4.1]

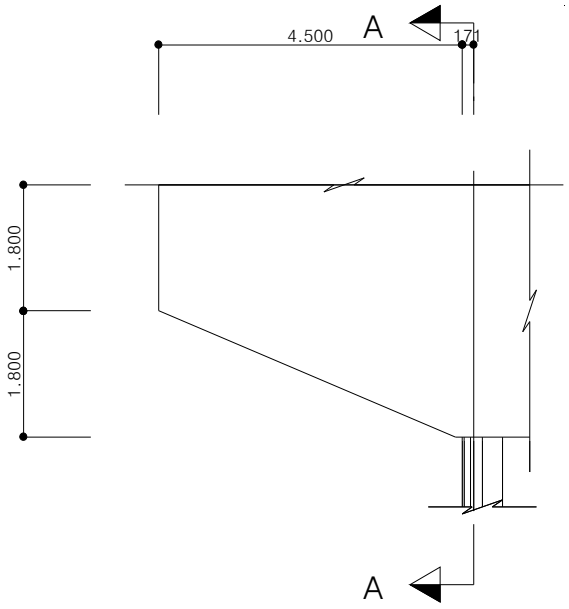
① 기둥의 단면적

$A = \pi \times 3.000^2 / 4 = 7.069\ m^2$

② 치환단면의 한변길이

$L = \sqrt{7.069} = 2.658\ m$

☞ 위험단면은 기둥끝단으로부터 0.171m(= 1.500 - 2.658/2)에 위치한다.



2) 브래킷 판정

① 위험단면에서의 작용력 : 『단면력 집계』 참조

Vu = 21847.576 kN - "ULO-02"

Mu = 57447.708 kN.m

Nu = 0.000 kN

② 브래킷 판정

a = 57447.708 / 21847.576 = 2.629 m

d = 3.600 - 0.193 = 3.407 m

a/d = 2.629 / 3.407 = 0.772 ≤ 1.0 ∴ 브래킷으로 검토

3) 브래킷 검토

* 단면제원 및 설계가정

fck=27MPa, fy=400MPa, Φ=0.80, Φf=0.80, Φv=0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	외단깊이(mm)	Vu(kN)
3600.0	3600.0	3407.3	100.0	2635.2	21847.6

a = 2629.477 mm, d = 3407.302 mm

a / d (= 0.772) ≤ 1 → Bracket으로 설계. [콘크리트 구조설계기준] 7.9.2

지압면의 외단깊이 ≥ 0.5d , 2635.168 mm ≥ 0.5 x 3407.302 mm ∴ O.K

① 설계 단면력 산정

Vu = 21847.576 kN

Nuc = 0.20 x 21847.576 = 4369.515 kN

Mu = Mu' + Nuc x (h - d)

= 57447.708 + 4369.515 x (3.600 - 3.407)

= 58289.707 kN.m

② 전단마찰철근(Avf)의 설계

: 전단마찰철근이 전단면에 수직인 경우 , [도로교 설계기준] 4.4.6.4

Vn_max ≤ 0.2 x fck x bo x d , 5.6 x bo x d

≤ 0.2 x 27 x 3600.000 x 3407.302 = 66237.943 kN

≤ 5.6 x 3600.000 x 3407.302 = 68691.200 kN

ΦVn_max = 0.80 x 66237.943 = 52990.354 kN ≥ Vu (=21847.576 kN) ∴ O.K

$$Avf = \frac{Vu}{\Phi v \times fy \times \mu}$$ (Φv=0.80, μ=1.4λ, λ=1.0 ; 일체로 친 보통 콘크리트)

= 21847576.000 / (0.80 x 400 x 1.4)

= 48766.911 mm²

③ 휨모멘트 철근(Af)의 설계

Mu = 57447.708 + 4369.515 x (3.600 - 3.407) = 58289.707 kN.m

$$a = \frac{Af \times fy}{0.85 \times fck \times B}$$

Mn = Mu / Φ = Af x fy x (d - a/2) → 위의 a를 대입하여 Af를 이차방정식으로 푼다.

$$Af = \frac{d - \sqrt{[d^2 - 4 \times Mu / (1.7 \times fck \times B \times \Phi)]}}{2 \times fy / (1.7 \times fck \times B)}$$

= 55811.614 mm²

④ 수평인장 철근(An)의 설계

Nuc = 0.20 x 21847.576 = 4369.515 kN

An = Nuc / (Φ x fy) = 13654.735 mm²

⑤ 주인장철근(As)의 산정

주인장철근의 단면적은 (Af + An)과 (2/3 Avf + An) 중 큰값을 취한다.

→ As = 69466.349 ㎟

As(min) = 0.04 x (fck / fy) x B x d

= 0.04 x (27 / 400) x 3600.000 x 3407.302

= 33118.971 ㎟

Use As = 72765.000 ㎟ (철근도심 192.70 ㎜)

1단 : H32-18.0EA + H32-17.0EA , d1 = 100.00 ㎜

2단 : H29-18.0EA + H29-17.0EA , d2 = 200.00 ㎜

3단 : H29-18.0EA + H29-17.0EA , d3 = 300.00 ㎜

Use As ≥ 69466.349 ㎟ , 33118.971 ㎟ ∴ O.K

⑥ 폐쇄 스터럽,띠철근(Ah)의 산정

Ah = 0.5 x (As - An) = 0.5 x (69466.349 - 13654.735)

= 27905.807 ㎟

사용철근량 (1단) : H29 - 6.0 EA = 3854.400 ㎟

철근의 배치 범위 : 2/3 d = 2/3 x 3407.30 = 2271.53 ㎜구간에 11.0 단 설치

▶ 사용철근량(11.0단) : H29 - 66.00 EA = 42398.400 ㎟ ≥ 27905.807 ㎟ ∴ O.K

4) 외측빔 검토 : 깊은보로 검토

: Ln이 부재깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재깊이의 2배거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어서 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용한다.

[콘크리트 구조설계기준 7.8.1.(1)]

a = 2.6 < 2d(=7.000) ∴ 깊은 보로 전단설계

- a/2 = 1.315 m (< d = 3.500 m) L 위험단면 위치
- Vu = 21353.768 kN - "UL0-02

부재번호 : 2 (I단 : 절점2, J단 : 절점3) 부재길이(L) : 2.400 m

Vui = 20860.424 kN (I단), Vuj = 21733.431 kN (J단)

검토위치(Lc) = 3.356 m (두부보 좌측단에서의 거리)

Vu = Vui + (Vuj - Vui)/L x (Lc - I단 좌표)

= 20860.424 + (21733.431 - 20860.424)/2.400 x (3.356 - 2.000)

= 21353.768 kN

* 단면제원 및 설계가정

B(mm)	Ln(mm)	d(mm)	Vu(kN)	fck(MPa)	fy(MPa)
3600.00	5258.96	3407.30	21353.77	27.00	400.00

* 최대전단강도 검토

ΦMax Vn = Φ x 5 x √fck / 6 x b x d

= 0.80 x 5 x √27 / 6 x 3600.00 x 3407.30

= 42491.660 kN ≥ Vu(= 21353.768 kN) ∴ O.K

* 콘크리트의 전단강도

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 3407.30 = 8498.332 kN

< Vu (= 21353.768 kN) , 전단보강 필요.

* 전단철근의 전단강도

ⓐ 수직 전단철근

s = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Av = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0025 x b x s (=1800.000 mm²) ∴ O.K

ⓑ 수평 전단철근

sh = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Avh = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0015 x b x sh (=1080.000 mm²) ∴ O.K

→ Vs = [Av/s x (1+Ln/d)/12 + Avh/sh x (11-Ln/d)/12] x fy x d = 26266.206 kN

* 설계 전단강도

ΦVn = Φ x (Ss + Sc) = 0.80 x (26266.206 + 10622.915)

= 29511.297 kN ≥ Vu(= 21353.768 kN) ∴ O.K

5) 수평력에 의한 검토

- 교축방향 지진시 수평력과 두부보관성력으로 교축방향 모멘트를 산정

→ 두부보자중에의한 관성력 산정 : 설계수평진도 (Kh = 0.154 x 1.000 = 0.154)

w1 = 1.800 x 4.671 x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 116.532 kN

w2 = 1.800 x (4.671-0.271) / 2 x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 54.886 kN

w3 = 1.800 x (4.671-4.400) x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 6.761 kN

Vc = 116.532 + 54.886 + 6.761 = 178.179 kN

Mc = 116.532 x 2.336 + 54.886 x 1.738 + 6.761 x 0.136 = 368.450 kN.m

Vu = 1168.030 + 178.179(Vc)

= 1346.209 kN

Mu = 1168.030 x 2.671 + 368.450(Mc)

= 3488.258 kN.m

* 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
3600.00	3600.00	3500.00	100.00	3488.26	1346.21

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 13151.600 x 400.00 = 5260640.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 3600.000 = 82620.000 x a

T = C 이므로, a = 63.673 mm, c = 63.673 / β1 = 63.673 / 0.85 = 74.909 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (3500.00 - 74.909) / 74.909 = 0.13717

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2937.276 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 13151.6 mm² (철근도심 : 100.0 mm) , [사용률 = 4.477]

1단 : H29 - 18.0 EA, H32 - 2.0 EA (= 13151.6 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350

0.25 √fck / fy = 0.00325 , ρmin = 0.00350 적용

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00104

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 63.673 mm

ΦMn = 0.85 x 13151.600 x 400 x (3500.00 - a/2) = 15508.046 kN.m

≥ Mu (= 3488.258 kN.m) ∴ O.K [안전률 4.446]

* 전단에 대한 검토 (d = 3500.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 3500.00 = 8729.536 kN

ΦVc/2 ≥ Vu (= 1346.209 kN) , 전단보강 불필요.

6) 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 38373.000 x 1000000 / [72765.000 x (3407.302 - 850.581/3)]
= 168.820 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x72765.000/3600.0 + 7x72765.000/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x3407.3/(7x72765.000)]
= 850.581 mm

사용철근량 = 72765.0 mm² (철근도심 : 192.7 mm)
1단 : H32 - 35.0 EA (= 27797.0 mm²)
2단 : H29 - 35.0 EA (= 22484.0 mm²)
3단 : H29 - 35.0 EA (= 22484.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 168.82) - 2.5 x 84.00 = 256.47 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 168.82) = 373.18 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 256.47 mm 를 적용
S = 3600.00 / 35.0 EA = 102.86 ≤ Sa (= 256.47 mm) ∴ O.K

7) 수평력 검토에 의한 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 3488.258 x 1000000 / [13151.600 x (3500.000 - 398.293/3)]
= 78.769 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x13151.600/3600.0 + 7x13151.600/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x3500.0/(7x13151.600)]
= 398.293 mm

사용철근량 = 13151.6 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : H29 - 18.0 EA, H32 - 2.0 EA (= 13151.6 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 78.77) - 2.5 x 84.00 = 789.76 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 78.77) = 799.80 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 789.76 mm 를 적용
S = 3600.00 / 20.0 EA = 180.00 ≤ Sa (= 789.76 mm) ∴ O.K

8.2 내민보의 설계 : 우측 (절점 6)

1) 내민길이의 산정

: 원형이나 정다각형 기둥인 경우 내민 길이는 정사각형 기둥단면으로 치환하여 구한다. [도로교 설계기준 5.4.4.1]

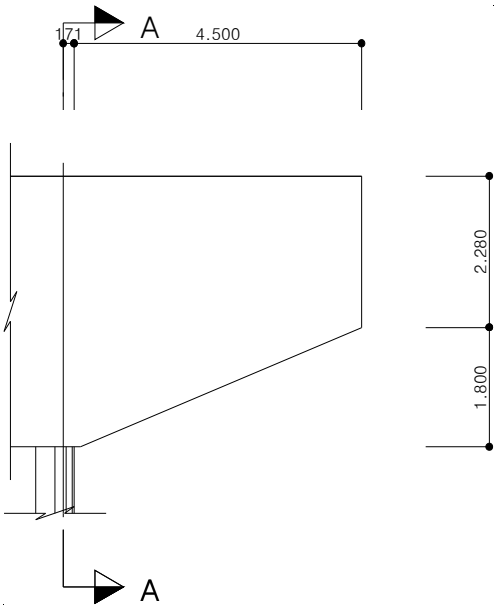
① 기둥의 단면적

$A = \pi \times 3.000^2 / 4 = 7.069\ m^2$

② 치환단면의 한변길이

$L = \sqrt{7.069} = 2.658\ m$

☞ 위험단면은 기둥끝단으로부터 0.171m(= 1.500 - 2.658/2)에 위치한다.



2) 브래킷 판정

① 위험단면에서의 작용력 : 『단면력 집계』 참조

Vu = 19099.160 kN - "ULO-01"

Mu = 50018.679 kN.m

Nu = 0.000 kN

② 브래킷 판정

a = 50018.679 / 19099.160 = 2.619 m

d = 3.600 - 0.193 = 3.407 m

a/d = 2.619 / 3.407 = 0.769 ≤ 1.0 ∴ 브래킷으로 검토

3) 브래킷 검토

* 단면제원 및 설계가정

fck=27MPa, fy=400MPa, Φ=0.80, Φf=0.80, Φv=0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	외단깊이(mm)	Vu(kN)
3600.0	3600.0	3407.3	100.0	3119.5	19099.2

a = 2618.894 mm, d = 3407.302 mm

a / d (= 0.769) ≤ 1 → Bracket으로 설계. [콘크리트 구조설계기준] 7.9.2

지압면의 외단깊이 ≥ 0.5d , 3119.498 mm ≥ 0.5 x 3407.302 mm ∴ O.K

① 설계 단면력 산정

Vu = 19099.160 kN

Nuc = 0.20 x 19099.160 = 3819.832 kN

Mu = Mu' + Nuc x (h - d)

= 50018.679 + 3819.832 x (3.600 - 3.407)

= 50754.755 kN.m

② 전단마찰철근(Avf)의 설계

: 전단마찰철근이 전단면에 수직인 경우 , [도로교 설계기준] 4.4.6.4

Vn_max ≤ 0.2 x fck x bo x d , 5.6 x bo x d

≤ 0.2 x 27 x 3600.000 x 3407.302 = 66237.943 kN

≤ 5.6 x 3600.000 x 3407.302 = 68691.200 kN

ΦVn_max = 0.80 x 66237.943 = 52990.354 kN ≥ Vu (=19099.160 kN) ∴ O.K

$$Avf = \frac{Vu}{\Phi v \times fy \times \mu}$$ (Φv=0.80, μ=1.4λ, λ=1.0 ; 일체로 친 보통 콘크리트)

= 19099160.000 / (0.80 x 400 x 1.4)

= 42632.054 mm²

③ 휨모멘트 철근(Af)의 설계

Mu = 50018.679 + 3819.832 x (3.600 - 3.407) = 50754.755 kN.m

$$a = \frac{Af \times fy}{0.85 \times fck \times B}$$

Mn = Mu / Φ = Af x fy x (d - a/2) → 위의 a를 대입하여 Af를 이차방정식으로 푼다.

$$Af = \frac{d - \sqrt{[d^2 - 4 \times Mu / (1.7 \times fck \times B \times \Phi)]}}{2 \times fy / (1.7 \times fck \times B)}$$

= 48311.451 mm²

④ 수평인장 철근(An)의 설계

Nuc = 0.20 x 19099.160 = 3819.832 kN

An = Nuc / (Φ x fy) = 11936.975 mm²

⑤ 주인장철근(As)의 산정

주인장철근의 단면적은 (Af + An)과 (2/3 Avf + An) 중 큰값을 취한다.

→ As = 60248.426 ㎟

As(min) = 0.04 x (fck / fy) x B x d

= 0.04 x (27 / 400) x 3600.000 x 3407.302

= 33118.971 ㎟

Use As = 72765.000 ㎟ (철근도심 192.70 mm)

1단 : H32-18.0EA + H32-17.0EA , d1 = 100.00 mm

2단 : H29-18.0EA + H29-17.0EA , d2 = 200.00 mm

3단 : H29-18.0EA + H29-17.0EA , d3 = 300.00 mm

Use As ≥ 60248.426 ㎟ , 33118.971 ㎟ ∴ O.K

⑥ 폐쇄 스터럽,띠철근(Ah)의 산정

Ah = 0.5 x (As - An) = 0.5 x (60248.426 - 11936.975)

= 24155.726 ㎟

사용철근량 (1단) : H29 - 6.0 EA = 3854.400 ㎟

철근의 배치 범위 : 2/3 d = 2/3 x 3407.30 = 2271.53 mm구간에 11.0 단 설치

▶ 사용철근량(11.0단) : H29 - 66.00 EA = 42398.400 ㎟ ≥ 24155.726 ㎟ ∴ O.K

4) 외측빔 검토 : 깊은보로 검토

: Ln이 부재깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재깊이의 2배거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어서 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용한다.

[콘크리트 구조설계기준 7.8.1.(1)]

a = 2.6 < 2d(=7.000) ∴ 깊은 보로 전단설계

- a/2 = 1.309 m (< d = 3.500 m) L 위험단면 위치
- Vu = 18533.739 kN - "UL0-03

부재번호 : 7 (I단 : 절점7, J단 : 절점8) 부재길이(L) : 2.400 m

Vui = -18969.796 kN (I단), Vuj = -17962.005 kN (J단)

검토위치(Lc) = 8.638 m (두부보 좌측단에서의 거리)

Vu = Vui + (Vuj - Vui)/L x (Lc - I단 좌표)

= -18969.796 + (-17962.005 - -18969.796)/2.400 x (8.638 - 7.600)

= -18533.739 kN

* 단면제원 및 설계가정

B(mm)	Ln(mm)	d(mm)	Vu(kN)	fck(MPa)	fy(MPa)
3600.00	5237.79	3407.30	18533.74	27.00	400.00

* 최대전단강도 검토

ΦMax Vn = Φ x 5 x √fck / 6 x b x d

= 0.80 x 5 x √27 / 6 x 3600.00 x 3407.30

= 42491.660 kN ≥ Vu(= 18533.739 kN) ∴ O.K

* 콘크리트의 전단강도

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 3407.30 = 8498.332 kN

< Vu (= 18533.739 kN) , 전단보강 필요.

* 전단철근의 전단강도

ⓐ 수직 전단철근

s = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Av = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0025 x b x s (=1800.000 mm²) ∴ O.K

ⓑ 수평 전단철근

sh = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Avh = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0015 x b x sh (=1080.000 mm²) ∴ O.K

→ Vs = [Av/s x (1+Ln/d)/12 + Avh/sh x (11-Ln/d)/12] x fy x d = 26266.206 kN

* 설계 전단강도

ΦVn = Φ x (Ss + Sc) = 0.80 x (26266.206 + 10622.915)

= 29511.297 kN ≥ Vu(= 18533.739 kN) ∴ O.K

5) 수평력에 의한 검토

- 교축방향 지진시 수평력과 두부보관성력으로 교축방향 모멘트를 산정

→ 두부보자중에의한 관성력 산정 : 설계수평진도 (Kh = 0.154 x 1.000 = 0.154)

w1 = 1.800 x 4.671 x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 116.532 kN

w2 = 1.800 x (4.671-0.271) / 2 x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 54.886 kN

w3 = 1.800 x (4.671-4.400) x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 6.761 kN

Vc = 116.532 + 54.886 + 6.761 = 178.179 kN

Mc = 116.532 x 2.336 + 54.886 x 1.738 + 6.761 x 0.136 = 368.450 kN.m

Vu = 1018.290 + 178.179(Vc)

= 1196.469 kN

Mu = 1018.290 x 2.671 + 368.450(Mc)

= 3088.302 kN.m

* 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
3600.00	3600.00	3500.00	100.00	3088.30	1196.47

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 13151.600 x 400.00 = 5260640.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 3600.000 = 82620.000 x a

T = C 이므로, a = 63.673 mm, c = 63.673 / β1 = 63.673 / 0.85 = 74.909 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (3500.00 - 74.909) / 74.909 = 0.13717

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2599.887 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 13151.6 mm² (철근도심 : 100.0 mm) , [사용률 = 5.059]

1단 : H29 - 18.0 EA, H32 - 2.0 EA (= 13151.6 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350

0.25 √fck / fy = 0.00325 , ρmin = 0.00350 적용

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00104

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 63.673 mm

ΦMn = 0.85 x 13151.600 x 400 x (3500.00 - a/2) = 15508.046 kN.m

≥ Mu (= 3088.302 kN.m) ∴ O.K [안전률 5.022]

* 전단에 대한 검토 (d = 3500.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 3500.00 = 8729.536 kN

ΦVc/2 ≥ Vu (= 1196.469 kN) , 전단보강 불필요.

6) 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 35080.000 x 1000000 / [72765.000 x (3407.302 - 850.581/3)]
= 154.332 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x72765.000/3600.0 + 7x72765.000/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x3407.3/(7x72765.000)]
= 850.581 mm

사용철근량 = 72765.0 mm² (철근도심 : 192.7 mm)
1단 : H32 - 35.0 EA (= 27797.0 mm²)
2단 : H29 - 35.0 EA (= 22484.0 mm²)
3단 : H29 - 35.0 EA (= 22484.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 154.33) - 2.5 x 84.00 = 300.26 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 154.33) = 408.21 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 300.26 mm 를 적용
S = 3600.00 / 35.0 EA = 102.86 ≤ Sa (= 300.26 mm) ∴ O.K

7) 수평력 검토에 의한 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 3088.302 x 1000000 / [13151.600 x (3500.000 - 398.293/3)]
= 69.738 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x13151.600/3600.0 + 7x13151.600/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x3500.0/(7x13151.600)]
= 398.293 mm

사용철근량 = 13151.6 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : H29 - 18.0 EA, H32 - 2.0 EA (= 13151.6 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 69.74) - 2.5 x 84.00 = 919.23 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 69.74) = 903.38 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 903.38 mm 를 적용
S = 3600.00 / 20.0 EA = 180.00 ≤ Sa (= 903.38 mm) ∴ O.K

8.3 교량받침 위치 검토

1) 받침위치1(교량받침1) : UL0-02(절점 2)

: Ln이 부재깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재깊이의 2배거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어서 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용한다.

[콘크리트 구조설계기준 7.8.1.(1)]

a = 0.023 (485.00/20860.42) < 2d(=5.036) ∴ 깊은 보로 전단설계

* 단면제원 및 설계가정

B(mm)	Ln(mm)	d(mm)	Vu(kN)	fck(MPa)	fy(MPa)
3600.00	5258.96	2425.48	20860.42	27.00	400.00

* 최대전단강도 검토

ΦMax Vn = Φ x 5 x √fck / 6 x b x d

= 0.80 x 5 x √27 / 6 x 3600.00 x 2425.48

= 30247.636 kN ≥ Vu(= 20860.424 kN) ∴ O.K

* 콘크리트의 전단강도

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 2425.48 = 6049.527 kN

< Vu (= 20860.424 kN) , 전단보강 필요.

* 전단철근의 전단강도

ⓐ 수직 전단철근

s = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Av = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0025 x b x s (=1800.000 mm²) ∴ O.K

ⓑ 수평 전단철근

sh = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Avh = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0015 x b x sh (=1080.000 mm²) ∴ O.K

→ Vs = [Av/s x (1+Ln/d)/12 + Avh/sh x (11-Ln/d)/12] x fy x d = 18697.566 kN

* 설계 전단강도

ΦVn = Φ x (Ss + Sc) = 0.80 x (18697.566 + 7561.909)

= 21007.580 kN ≥ Vu(= 20860.424 kN) ∴ O.K

- 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1095.029 x 1000000 / [72765.000 x (2425.483 - 698.971/3)]

= 6.864 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x72765.000/3600.0 + 7x72765.000/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x2425.5/(7x72765.000)]

= 698.971 mm

사용철근량 = 72765.0 mm² (철근도심 : 192.7 mm)

1단 : H32 - 35.0 EA (= 27797.0 mm²)

2단 : H29 - 35.0 EA (= 22484.0 mm²)

3단 : H29 - 35.0 EA (= 22484.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 6.86) - 2.5 x 84.00 = 11263.23 mm

300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 6.86) = 9178.58 mm

습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 9178.58 mm 를 적용

S = 3600.00 / 35.0 EA = 102.86 ≤ Sa (= 9178.58 mm) ∴ O.K

2) 받침위치2(교량받침2) : UL0-01(절점 8)

: Ln이 부재깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재깊이의 2배거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어서 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용한다.

[콘크리트 구조설계기준 7.8.1.(1)]

a = 0.033 (597.32/17962.01) < 2d(=5.996) ∴ 깊은 보로 전단설계

* 단면제원 및 설계가정

B(mm)	Ln(mm)	d(mm)	Vu(kN)	fck(MPa)	fy(MPa)
3600.00	5237.79	2425.48	17962.01	27.00	400.00

* 최대전단강도 검토

ΦMax Vn = Φ x 5 x √fck / 6 x b x d

= 0.80 x 5 x √27 / 6 x 3600.00 x 2425.48

= 30247.636 kN ≥ Vu(= 17962.005 kN) ∴ O.K

* 콘크리트의 전단강도

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 2425.48 = 6049.527 kN

< Vu (= 17962.005 kN) , 전단보강 필요.

* 전단철근의 전단강도

ⓐ 수직 전단철근

s = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Av = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0025 x b x s (=1800.000 mm²) ∴ O.K

ⓑ 수평 전단철근

sh = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Avh = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0015 x b x sh (=1080.000 mm²) ∴ O.K

→ Vs = [Av/s x (1+Ln/d)/12 + Avh/sh x (11-Ln/d)/12] x fy x d = 18697.566 kN

* 설계 전단강도

ΦVn = Φ x (Ss + Sc) = 0.80 x (18697.566 + 7561.909)

= 21007.580 kN ≥ Vu(= 17962.005 kN) ∴ O.K

- 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1927.589 x 1000000 / [72765.000 x (2425.483 - 698.971/3)]
= 12.082 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x72765.000/3600.0 + 7x72765.000/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x2425.5/(7x72765.000)]
= 698.971 mm

사용철근량 = 72765.0 mm² (철근도심 : 672.7 mm)
1단 : H32 - 35.0 EA (= 27797.0 mm²)
2단 : H29 - 35.0 EA (= 22484.0 mm²)
3단 : H29 - 35.0 EA (= 22484.0 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 580.00 - 32/2 = 564.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 12.08) - 2.5 x 564.00 = 5107.74 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 12.08) = 5214.19 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 5107.74 mm 를 적용
S = 3600.00 / 35.0 EA = 102.86 ≤ Sa (= 5107.74 mm) ∴ O.K

9. 기둥 설계

9.1 교축직각방향

1) 기둥부재력 집계 : 하단

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ(m)	비 고
UL001	-30300.440	-40558.713	534.578	534.578	0.000	0.00006	축력최대
UL002	-30300.440	-40511.370	-22788.106	-22788.106	0.000	-0.00260	모멘트최대
UL022	-23308.031	-23308.031	9167.920	13887.420	1931.100	0.00724	탄성설계
UL022	-23308.031	-23308.031	-193.547	1379.620	1931.100	0.00724	소성설계
UE026	-20977.228	-20977.228	5790.007	13825.674	-2686.656	0.00128	편심최대

註) Pe : 장기지속축력 (= 고정하중에 의한 축력 x 고정하중계수)

Pu : 전체축력, M1, M2 : 기둥상단,하단 모멘트

Vu : 전단력, Δ : 기둥상단의 변위량

※ 소성설계시 지진시 모멘트에 대하여 응답수정계수(R=3.000)로 나눈 값을 적용한다

2) 기둥검토 요약

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.005	0.005	0.060	O.K	98334.643	40558.713	534.578	2.425	O.K
모멘트최대	0.005	0.005	0.060	O.K	71784.970	40511.370	22788.106	1.772	O.K
탄성설계	0.005	0.005	0.060	O.K	98681.358	23308.031	13887.420	4.234	O.K
편심최대	0.005	0.005	0.060	O.K	64154.282	20977.228	13825.674	3.058	O.K

3) 기둥단면 검토

① 축력최대 : (부재 9, UL001)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	40558.713	534.578	13.2

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 40558.713 x 0.00006 / (-0.000 x 5.700)

= 0.000

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 5.700 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 6.600 / 0.750

= 18.480 ≤ 22.000 ∴ 단주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 6.600 m)

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2687431.288 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 13.180 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 4524.17 mm, a = k1 x c = 3845.54 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 7069357.930 = 162241.764 kN

∑Csi = 11297.169 kN, ∑Tsi = 0.000 kN

Pn = 162241.764 + 11297.169 - 0.000 = 173538.934 kN

Mn = Cc x 1922.772 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 2288.051 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=13.185)| = 0.0043 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㈅ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 4524.170 mm, a = k1 x c = 3845.544 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-4524.17) / 4524.17 = -0.00108

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㈆ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN < Pn = 173538.934 kN

ΦPn = 0.70 x 140478.062 = 98334.643 kN ≥ Pu = 40558.713 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.013 = 1296.085 kN.m ≥ Mu = 534.578 kN.m ∴ O.K

② 모멘트최대 : (부재 9, UL002)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70, Θ=-90.000도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	40511.37	22788.106	562.5

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 40511.370 x -0.00260 / (0.000 x 5.700)

= 0.000

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 5.700 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 6.600 / 0.750

= 18.480 ≤ 22.000 ∴ 단주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 6.600 m)

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2684294.328 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 562.511 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 2061.80 mm, a = k1 x c = 1752.53 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 4288452.111 = 98419.976 kN

∑Csi = 6207.168 kN, ∑Tsi = 2077.187 kN

Pn = 98419.976 + 6207.168 - 2077.187 = 102549.958 kN

Mn = Cc x 1378.844 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 57685.109 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=562.507)| = 0.0040 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㈅ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 2061.796 mm, a = k1 x c = 1752.527 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-2061.80) / 2061.80 = 0.00122

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㈆ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 102549.958 kN

ΦPn = 0.70 x 102549.958 = 71784.970 kN ≥ Pu = 40511.370 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.563 = 40379.862 kN.m ≥ Mu = 22788.106 kN.m ∴ O.K

③ 탄성설계 : (부재 9, UL022)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=1.00

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	23308.031	13887.42	595.8

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 23308.031 x 0.00724 / (1931.100 x 5.700)

= 0.015

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 5.700 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 6.600 / 0.750

= 18.480 ≤ 22.000 ∴ 단주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 6.600 m)

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1544396.435 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 595.821 mm)

㈐ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 2002.03 mm, a = k1 x c = 1701.73 mm 를 사용.

  Cc = 0.85 x 27.0 x 4137806.306 = 94962.655 kN

  ∑Csi = 6093.870 kN, ∑Tsi = 2375.167 kN

  Pn = 94962.655 + 6093.870 - 2375.167 = 98681.358 kN

  Mn = Cc x 1380.006 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 58796.492 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=595.822)| = 0.0004 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㈑ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 98681.358 kN

ΦPn = 1.00 x 98681.358 = 98681.358 kN ≥ Pu = 23308.031 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.596 = 58796.449 kN.m ≥ Mu = 13887.420 kN.m ∴ O.K

④ 편심최대 : (부재 9, UE026)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	20977.228	13825.674	659.1

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 20977.228 x 0.00128 / (-2686.656 x 5.700)

= 0.002

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 5.700 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 6.600 / 0.750

= 18.480 ≤ 22.000 ∴ 단주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 6.600 m)

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1389956.798 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 659.080 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1895.39 mm, a = k1 x c = 1611.08 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 3867375.835 = 88756.275 kN

∑Csi = 5877.220 kN, ∑Tsi = 2984.521 kN

Pn = 88756.275 + 5877.220 - 2984.521 = 91648.974 kN

Mn = Cc x 1382.611 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 60403.723 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=659.077)| = 0.0032 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㈏ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1895.387 mm, a = k1 x c = 1611.079 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1895.39) / 1895.39 = 0.00159

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

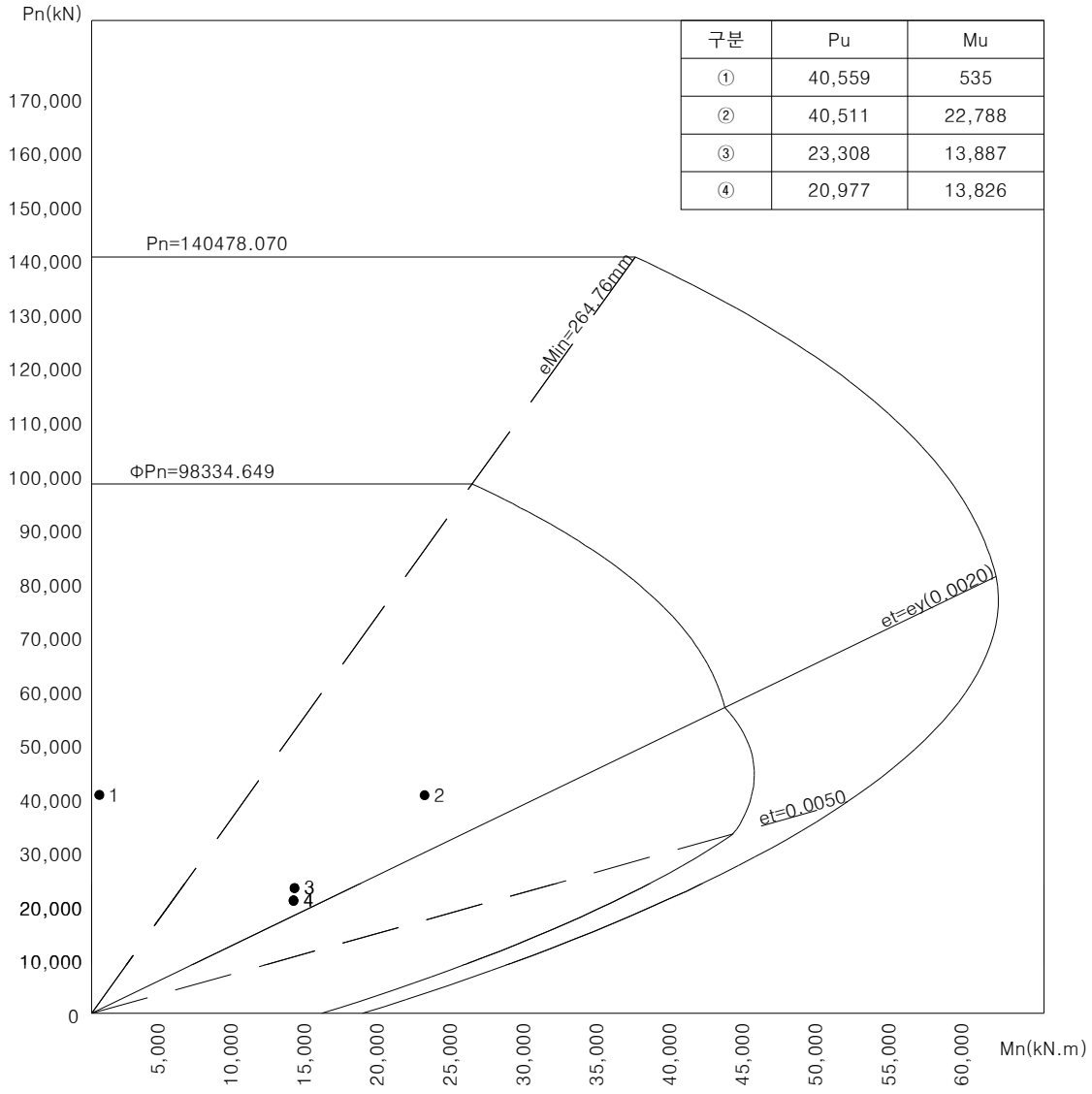
㈐ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 91648.974 kN

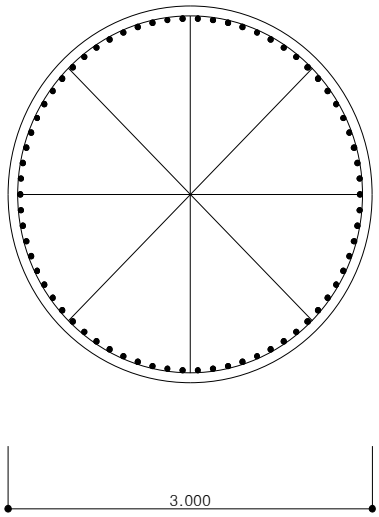
ΦPn = 0.70 x 91648.974 = 64154.282 kN ≥ Pu = 20977.228 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.659 = 42282.812 kN.m ≥ Mu = 13825.674 kN.m ∴ O.K

4) PM 상관도



구분	Pu	Mu
①	40,559	535
②	40,511	22,788
③	23,308	13,887
④	20,977	13,826



▣ 단면제원

R = 1500.000 mm
D = 2900.000 mm
Ag = 7068583.471 mm²
Aeff = 3534291.735 mm²

▣ 사용 철근

Ast = 35469.000 mm²
Puse = 0.00502
1단 : H25-70Ea

9.2 교축방향

1) 기둥부재력 집계 : 하단

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ(m)	비 고
ULB01	-30300.440	-40558.713	0.000	0.000	0.000	0.00000	축력최대
ULB08	-30300.440	-36503.117	-15083.730	-26120.613	3678.961	0.00257	모멘트최대
ULB22	-23308.031	-23308.031	9933.400	16066.100	2549.000	0.00630	탄성설계
ULB22	-23308.031	-23308.031	3311.133	5355.367	2549.000	0.00630	소성설계
UEB14	-22142.629	-22142.629	-14889.948	-25956.938	3697.434	0.00255	편심최대

註) Pe : 장기지속축력 (= 고정하중에 의한 축력 x 고정하중계수)

Pu : 전체축력, M1, M2 : 기둥상단,하단 모멘트

Vu : 전단력, Δ : 기둥상단의 변위량

※ 소성설계시 지진시 모멘트에 대하여 응답수정계수(R=3.000)로 나눈 값을 적용한다

2) 기둥검토 요약

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.005	0.005	0.060	O.K	98334.643	40558.713	0.000	2.425	O.K
모멘트최대	0.005	0.005	0.060	O.K	60028.680	36503.117	26120.613	1.644	O.K
탄성설계	0.005	0.005	0.060	O.K	88448.558	23308.031	16066.100	3.795	O.K
편심최대	0.005	0.005	0.060	O.K	38304.321	22142.629	25956.938	1.730	O.K

3) 기둥단면 검토

① 축력최대 : (부재 9, ULB01)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	40558.713	0	0

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2687431.288 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 0.000 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 10875.00 mm, a = k1 x c = 9243.75 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 7069357.930 = 162241.764 kN

∑Csi = 13373.586 kN, ∑Tsi = 0.000 kN

Pn = 162241.764 + 13373.586 - 0.000 = 175615.351 kN

Mn = Cc x 4621.875 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = -0.000 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=-0.000)| = 0.0000 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 10875.000 mm, a = k1 x c = 9243.750 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-10875.00) / 10875.00 = -0.00220

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN < Pn = 175615.351 kN

ΦPn = 0.70 x 140478.062 = 98334.643 kN ≥ Pu = 40558.713 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.000 = 0.000 kN.m ≥ Mu = 0.000 kN.m ∴ O.K

② 모멘트최대 : (부재 9, ULB08)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	36503.117	26120.613	715.6

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 36503.117 x 0.00257 / (3678.961 x 5.700)

= 0.004

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 5.700 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 6.600 / 0.750

= 18.480 ≤ 22.000 ∴ 단주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 6.600 m)

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2418706.401 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 715.572 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1807.77 mm, a = k1 x c = 1536.61 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 3644238.309 = 83635.269 kN

∑Csi = 5683.485 kN, ∑Tsi = 3563.497 kN

Pn = 83635.269 + 5683.485 - 3563.497 = 85755.256 kN

Mn = Cc x 1385.224 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61363.956 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=715.571)| = 0.0013 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㈅ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1807.771 mm, a = k1 x c = 1536.605 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1807.77) / 1807.77 = 0.00181

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㈆ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 85755.256 kN

ΦPn = 0.70 x 85755.256 = 60028.680 kN ≥ Pu = 36503.117 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.716 = 42954.850 kN.m ≥ Mu = 26120.613 kN.m ∴ O.K

③ 탄성설계 : (부재 9, ULB22)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=1.00

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	23308.031	16066.1	689.3

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 23308.031 x 0.00630 / (2549.000 x 5.700)

= 0.010

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 5.700 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 6.600 / 0.750

= 18.480 ≤ 22.000 ∴ 단주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 6.600 m)

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1544396.435 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 689.295 mm)

㈐ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1847.65 mm, a = k1 x c = 1570.50 mm 를 사용.

  Cc = 0.85 x 27.0 x 3745872.068 = 85967.764 kN

  ∑Csi = 5770.511 kN, ∑Tsi = 3289.717 kN

  Pn = 85967.764 + 5770.511 - 3289.717 = 88448.558 kN

  Mn = Cc x 1383.984 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 60967.204 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=689.296)| = 0.0010 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㈑ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 88448.558 kN

ΦPn = 1.00 x 88448.558 = 88448.558 kN ≥ Pu = 23308.031 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.689 = 60967.114 kN.m ≥ Mu = 16066.100 kN.m ∴ O.K

④ 편심최대 : (부재 9, UEB14)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	22142.629	25956.938	1172.3

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 22142.629 x 0.00255 / (3697.434 x 5.700)

= 0.003

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 5.700 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 6.600 / 0.750

= 18.480 ≤ 22.000 ∴ 단주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 6.600 m)

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1467176.584 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 1172.261 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1220.29 mm, a = k1 x c = 1037.25 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 2168456.275 = 49766.072 kN

∑Csi = 4406.035 kN, ∑Tsi = 6675.984 kN

Pn = 49766.072 + 4406.035 - 6675.984 = 47496.123 kN

Mn = Cc x 1411.737 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 55678.186 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=1172.268)| = 0.0071 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㈅ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1220.290 mm, a = k1 x c = 1037.247 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1220.29) / 1220.29 = 0.00413

εy < εt < 0.00500 이므로 변화구간단면이며, Φ = 0.81 를 적용한다.

Φ = 0.700 + (0.0041-0.0020) x (0.850-0.700) / (0.00500-0.00200) = 0.806

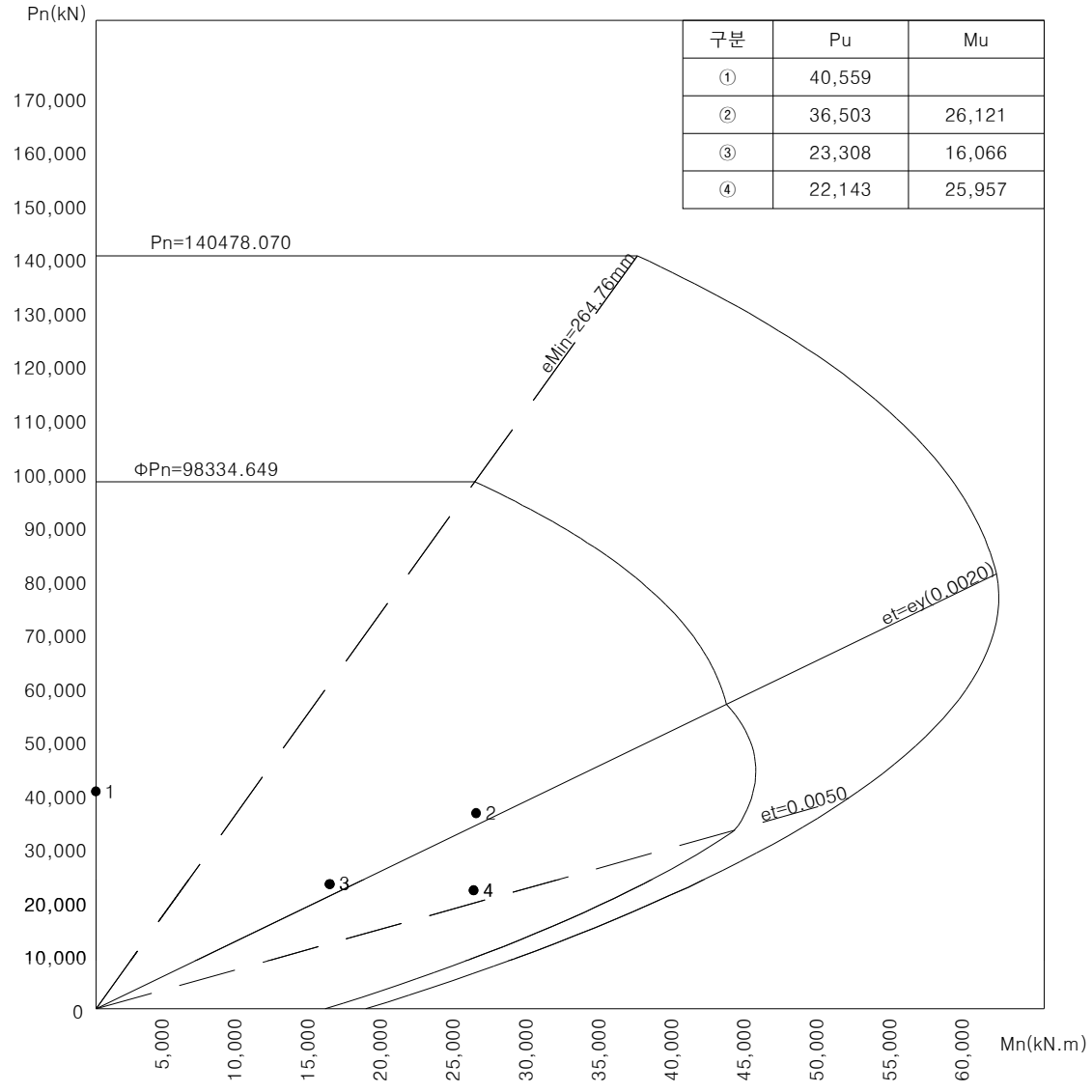
㈆ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 47496.123 kN

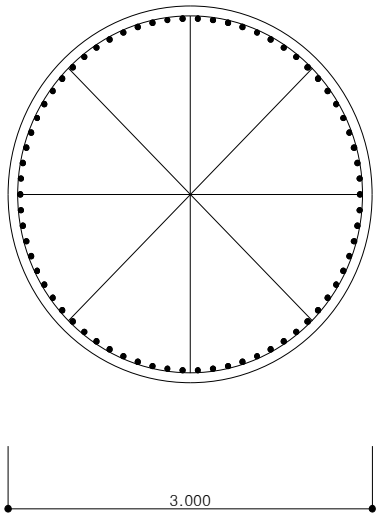
ΦPn = 0.81 x 47496.123 = 38304.321 kN ≥ Pu = 22142.629 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 1.172 = 44902.658 kN.m ≥ Mu = 25956.938 kN.m ∴ O.K

4) PM 상관도



구분	Pu	Mu
①	40,559	
②	36,503	26,121
③	23,308	16,066
④	22,143	25,957



▣ 단면제원

R = 1500.000 mm
D = 2900.000 mm
Ag = 7068583.471 mm²
Aeff = 3534291.735 mm²

▣ 사용 철근

Ast = 35469.000 mm²
Puse = 0.00502
1단 : H25-70Ea

9.3 합성부재력 검토

1) 기둥부재력 집계 : 하단

구 분	Pu(kN)	Mx(kN.m)	My(kN.m)	M2(kN.m)	비 고
UL01	-40558.713	0.000	534.578	534.578	축력최대
UL08	-36503.117	-26120.613	-2181.920	26211.585	모멘트최대
UL22	-23308.031	10422.900	13887.420	17363.677	탄성설계
UL22	-23308.031	3474.300	1379.620	3738.196	소성설계
UE14	-22142.629	-25956.938	9183.027	27533.445	편심최대
UL02	-40511.370	0.000	-22788.106	22788.106	모멘트최대
UE26	-20977.228	-3283.063	13825.674	14210.129	편심최대

註) Pu : 축력, Mx : 교축방향 모멘트, My : 교축직각방향 모멘트

Mx,My는 확대 모멘트 값을 사용한다, $M2 = \sqrt{(Mx^2 + My^2)}$

※ 지진시의 조합은 교축직각방향의 부재력을 사용한다.

조합시 교축방향은 내진해석에서 얻은 10422.900 kN.m를 사용하며,

교축직각방향 기둥검토시의 모멘트 확대계수를 적용한다.

Mx = 10422.900 x 1.000 = 10422.900 kN.m, 2) 교축직각방향 참조

- 지진시 모멘트(=10422.900) : [5. 하중계산] - 지진에의한 하중 참조

2) 기둥검토 요약

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.005	0.005	0.060	O.K	98334.643	40558.713	534.578	2.425	O.K
모멘트최대	0.005	0.005	0.060	O.K	59852.859	36503.117	26211.585	1.640	O.K
탄성설계	0.005	0.005	0.060	O.K	82844.426	23308.031	17363.677	3.554	O.K
편심최대	0.005	0.005	0.060	O.K	35767.263	22142.629	27533.445	1.615	O.K
모멘트최대	0.005	0.005	0.060	O.K	71784.970	40511.370	22788.106	1.772	O.K
편심최대	0.005	0.005	0.060	O.K	62785.755	20977.228	14210.129	2.993	O.K

3) 기둥단면 검토

① 축력최대 : (부재 9, UL001)

【 원형기둥 : 하부 , 1/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	40558.713	534.578	13.2

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2687431.288 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 13.180 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 4524.17 mm, a = k1 x c = 3845.54 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 7069357.930 = 162241.764 kN

∑Csi = 11297.169 kN, ∑Tsi = 0.000 kN

Pn = 162241.764 + 11297.169 - 0.000 = 173538.934 kN

Mn = Cc x 1922.772 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 2288.051 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=13.185)| = 0.0043 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 4524.170 mm, a = k1 x c = 3845.544 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-4524.17) / 4524.17 = -0.00108

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN < Pn = 173538.934 kN

ΦPn = 0.70 x 140478.062 = 98334.643 kN ≥ Pu = 40558.713 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.013 = 1296.085 kN.m ≥ Mu = 534.578 kN.m ∴ O.K

② 모멘트최대 : (부재 9, UL008)

【 원형기둥 : 하부 , 2/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70, θ=4.775도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	36503.117	26211.585	718.1

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2418706.401 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 718.064 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1804.06 mm, a = k1 x c = 1533.46 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 3634790.196 = 83418.435 kN

∑Csi = 5675.202 kN, ∑Tsi = 3589.554 kN

Pn = 83418.435 + 5675.202 - 3589.554 = 85504.084 kN

Mn = Cc x 1385.344 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61397.424 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=718.064)| = 0.0001 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1804.065 mm, a = k1 x c = 1533.455 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1804.06) / 1804.06 = 0.00182

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 85504.084 kN

ΦPn = 0.70 x 85504.084 = 59852.859 kN ≥ Pu = 36503.117 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.718 = 42978.201 kN.m ≥ Mu = 26211.585 kN.m ∴ O.K

③ 탄성설계 : (부재 9, UL022)

【 원형기둥 : 하부 , 3/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=1.00, θ=53.111도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	23308.031	17363.677	745

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1544396.435 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 744.965 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1764.96 mm, a = k1 x c = 1500.21 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 3535072.591 = 81129.916 kN

∑Csi = 5585.684 kN, ∑Tsi = 3871.174 kN

Pn = 81129.916 + 5585.684 - 3871.174 = 82844.426 kN

Mn = Cc x 1386.646 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61715.590 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=744.958)| = 0.0078 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 82844.426 kN

ΦPn = 1.00 x 82844.426 = 82844.426 kN ≥ Pu = 23308.031 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.745 = 61716.232 kN.m ≥ Mu = 17363.677 kN.m ∴ O.K

④ 편심최대 : (부재 9, UE014)

【 원형기둥 : 하부 , 5/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70, θ=-19.483도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	22142.629	27533.445	1243.5

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1467176.584 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 1243.459 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1150.82 mm, a = k1 x c = 978.19 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 2001118.562 = 45925.671 kN

∑Csi = 4250.687 kN, ∑Tsi = 6978.783 kN

Pn = 45925.671 + 4250.687 - 6978.783 = 43197.576 kN

Mn = Cc x 1415.732 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 53714.112 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=1243.452)| = 0.0067 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1150.817 mm, a = k1 x c = 978.194 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1150.82) / 1150.82 = 0.00456

εy < εt < 0.00500 이므로 변화구간단면이며, Φ = 0.83 를 적용한다.

Φ = 0.700 + (0.0046-0.0020) x (0.850-0.700) / (0.00500-0.00200) = 0.828

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 43197.576 kN

ΦPn = 0.83 x 43197.576 = 35767.263 kN ≥ Pu = 22142.629 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 1.243 = 44475.115 kN.m ≥ Mu = 27533.445 kN.m ∴ O.K

⑤ 모멘트최대 : (부재 9, UL002)

【 원형기둥 : 하부 , 6/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70, θ=-90.000도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	40511.37	22788.106	562.5

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2684294.328 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 562.511 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 2061.80 mm, a = k1 x c = 1752.53 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 4288452.111 = 98419.976 kN

∑Csi = 6207.168 kN, ∑Tsi = 2077.187 kN

Pn = 98419.976 + 6207.168 - 2077.187 = 102549.958 kN

Mn = Cc x 1378.844 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 57685.109 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=562.507)| = 0.0040 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 2061.796 mm, a = k1 x c = 1752.527 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-2061.80) / 2061.80 = 0.00122

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 102549.958 kN

ΦPn = 0.70 x 102549.958 = 71784.970 kN ≥ Pu = 40511.370 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.563 = 40379.862 kN.m ≥ Mu = 22788.106 kN.m ∴ O.K

⑥ 편심최대 : (부재 9, UE026)

【 원형기둥 : 하부 , 7/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70, θ=-76.642도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	20977.228	14210.129	677.4

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 35469.00 mm² , Puse = 0.00502

- 1단 : H25 - 70EA (As=35469.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0050) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1389956.798 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 5553.193 kN, ∑Tsi = 4061.014 kN

Pb = 79669.268 + 5553.193 - 4061.014 = 81161.448 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61885.460 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 762.498 mm, e = Mu/Pu = 677.407 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1866.18 mm, a = k1 x c = 1586.25 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 3793060.797 = 87050.745 kN

∑Csi = 5809.681 kN, ∑Tsi = 3166.491 kN

Pn = 87050.745 + 5809.681 - 3166.491 = 89693.935 kN

Mn = Cc x 1383.437 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 60759.972 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=677.415)| = 0.0071 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1866.181 mm, a = k1 x c = 1586.254 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1866.18) / 1866.18 = 0.00166

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

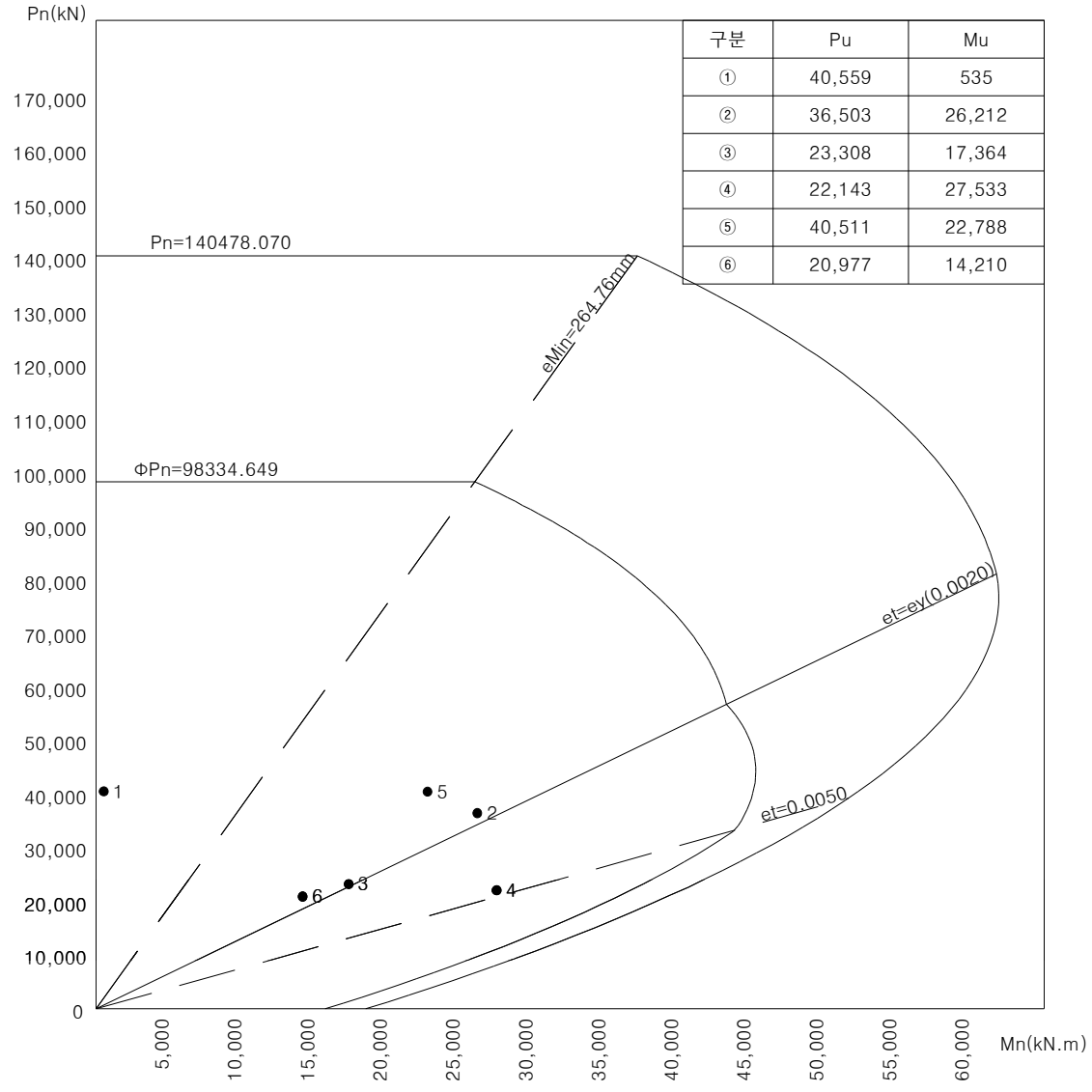
㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 140478.062 kN ≥ Pn = 89693.935 kN

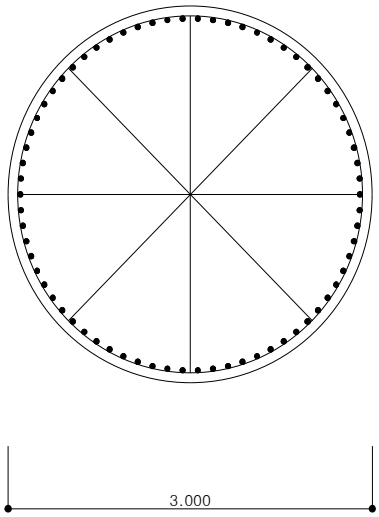
ΦPn = 0.70 x 89693.935 = 62785.755 kN ≥ Pu = 20977.228 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.677 = 42531.533 kN.m ≥ Mu = 14210.129 kN.m ∴ O.K

4) PM 상관도



구분	Pu	Mu
①	40,559	535
②	36,503	26,212
③	23,308	17,364
④	22,143	27,533
⑤	40,511	22,788
⑥	20,977	14,210



▣ 단면제원

R = 1500.000 mm
D = 2900.000 mm
Ag = 7068583.471 mm²
Aeff = 3534291.735 mm²

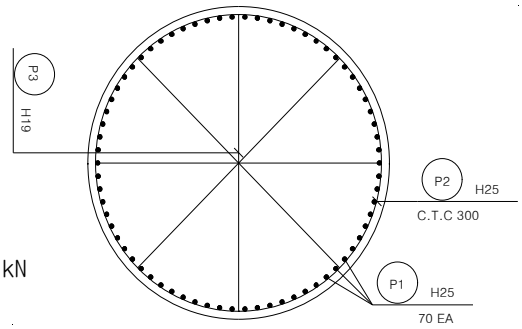
▣ 사용 철근

Ast = 35469.000 mm²
Puse = 0.00502
1단 : H25-70Ea

9.4 상시 전단설계

(1) 기둥에 발생하는 최대전단력 : ULB14 MAX,『기둥부재력 집계』참조

교축방향	V = 3697.434 kN
교축직각방향	V = 0.000 kN
합성전단력	V = 3697.434 kN
축방향력	P = 29135.038 kN



(2) 공칭전단력 Vn = Vc + Vs (Φ = 0.80)

Vn = Vmax / Φ = 3697.434 / 0.80 = 4621.792 kN

(3) 압축부재에 의한 콘크리트 전단 Vc 및 필요철근 전단 Vs

① 인장철근들의 도심과 압축연단까지의 d

h = 3000.000 mm d' = 100.000 mm

Zs = ∑(인장철근들의 면적 x 거리) / ∑(면적)

= 865.928 mm

d = h/2 + Zs

= 3000.000/2 + 865.928

= 2365.928 mm

② 압축부재의 콘크리트 전단력 Vc

Vc = 1/6 x (1 + Nu / 14Ag) x √(fck) x b x d

= 1/6 x { 1 + 29135.038 x 1000 / (14 x 7068583.471) } x √27.0
x 3000.000 x 2365.928

= 7956.571 kN

③ 필요철근 전단력 Vs

Vc/2 = 3978.285 kN < Vn ≤ Vc = 7956.571 ∴ 최소 전단 철근 필요

(4) 필요철근량 계산 Av

Av1 = 0.0625 x √27.0 x B x s / fy = 730.709 mm²

Av2 = 0.35 x B x s / fy = 787.500 mm²

Av = MAX(Av1, Av2) = 787.500 mm²

띠철근의 수직 간격 S = 300.0 mm, d = 2365.928 mm, fy = 400.0 MPa

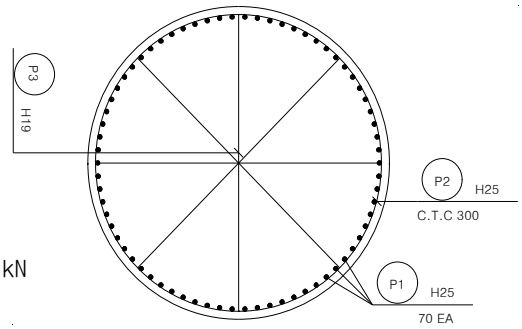
사용철근량 : H25 x 2EA = 1013.400 mm²

→ 1013.400 mm² ≥ 787.500 mm² ∴ O.K

9.5 지진시 전단설계

(1) 기둥에 발생하는 최대전단력 : ULB22 MAX,『기둥부재력 집계』참조

교축방향	V = 2549.000 kN
교축직각방향	V = 1164.400 kN
합성전단력	V = 2802.361 kN
축방향력	P = 23308.031 kN



(2) 공칭전단력 Vn = Vc + Vs (Φ = 1.00)

Vn = Vmax / Φ = 2802.361 / 1.00 = 2802.361 kN

(3) 압축부재에 의한 콘크리트 전단 Vc 및 필요철근 전단 Vs

① 인장철근들의 도심과 압축연단까지의 d

h = 3000.000 mm d' = 100.000 mm

Zs = ∑(인장철근들의 면적 x 거리) / ∑(면적)

= 865.928 mm

d = h/2 + Zs

= 3000.000/2 + 865.928

= 2365.928 mm

② 압축부재의 콘크리트 전단력 Vc

Vc = 1/6 x (1 + Pu / 14Ag) x √(fck) x b x d

= 1/6 x { 1 + 23308.031 x 1000 / (14 x 7068583.471) } x √27.0
x 3000.000 x 2365.928

= 7594.629 kN

③ 필요철근 전단력 Vs

Vc/2 = 3797.315 kN ≥ Vn ≤ Vc = 7594.629 ∴ 전단 철근 필요 없음

9.6 기둥의 횡방향 철근 간격 검토

① 단부구역과 소성힌지구역의 심부구속 철근의 설치 [도로교설계기준 6.8.3.2]
캔틸레버로 거동하는 기둥의 하단과 골조로 거동하는 기둥의 하단과 상단을 단부구역으로 한다.
단부구역의 길이는 기둥의 최대 단면치수, 기둥 순높이의 1/6,
450㎜ 중 가장 큰 값 이상이어야 한다.
- 기둥의 최대단면치수 D = 3000.0 ㎜
- 기둥 순높이의 1/6 = 3000.0 / 6 = 500.0 ㎜
∴ 3000.0 ㎜ = 3.000 m

② 단부구역 및 소성힌지구역의 횡방향철근의 간격 [도로교설계기준 6.8.3.3]
횡방향철근의 간격은 부재최소단면치수의 1/4, 축방향 철근지름의 6배 이하이어야 한다.
- 기둥의 최소단면치수 D / 4 = 3000.0 / 4 = 750.0 ㎜
- 축방향 철근지름 6 x d = 6 x 25.0 = 150.0 ㎜
∴ 150.0 ㎜ = 0.150 m

③ 심부구속 및 단부구역의 횡방향 철근의 설치 [도로교설계기준 6.8.3.3]
심부구속 및 단부구역의 횡방향 철근은 인접부재와의 연결면으로부터 기둥 치수의
0.5배까지 연장해서 설치해야 하나 그 길이가 380 ㎜ 작아서는 안된다.
- 기둥 치수의 0.5배 이상 연장 : 0.5 x D = 1500.0 ㎜
∴ 1500.0 ㎜ = 1.500 m

④ 단부구역 이외의 위치에서 겹침이음 적용시 횡방향 철근의 간격 [도로교설계기준 6.8.3.3]
- 기둥의 최소단면치수 D / 4 = 3000.0 / 4 = 750.0 ㎜
- 100.0 ㎜
∴ 750.0 ㎜ = 0.750 m

10. 기 초 설 계

10.1 교축직각방향

1) 기초 안정검토

① 기초 중앙작용력 산정

구 분	P(kN)	Vx(kN)	My(kN)	∑V(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	비 고
SV005	28079.321	750.690	5508.400	33418.296	138685.928	7835.538	축력최대
SV002	28057.301	0.000	-12526.160	33396.276	138594.545	12526.160	모멘트최대
SV011	28057.301	0.000	-12526.160	33396.276	138594.545	12526.160	편심최대
SV022	23308.031	1931.100	13887.420	28647.006	118885.075	19873.830	지진시

註) 기초중앙의 부재력은 기둥의 부재력을 합산한 값을 사용한다.

$\sum V = P + W$, $W = 8.300 \times 8.300 \times 3.100 \times 25.000 = 5338.975$ kN

$Mr = \sum V \times B/2$, $B = 8.300$ m

$My = M + P \times e$, $e = 0.000$ m

$Mo = |My + Vx \times h|$, $h = 3.100$ mm

※ 지진시의 부재력은 탄성설계를 적용한 값을 사용한다.

② 전도에 대한 안정

- 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 평상시에는 바닥판 중심으로부터 바닥판 폭의1/6이내, 지진시와 폭풍시에는 바닥판 폭의 1/3이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]
- 평상시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다.
- 지진시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 1.5배 이상이어야 한다.

구 분	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	V(kN)	S.F	e(m)	허용폭(m)	비고
SV005	138685.928	7835.538	33418.296	17.700	0.234	1.383	O.K
SV002	138594.545	12526.160	33396.276	11.064	0.375	1.383	O.K
SV011	138594.545	12526.160	33396.276	11.064	0.375	1.383	O.K
SV022	118885.075	19873.830	28647.006	5.982	0.694	2.767	O.K

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), $M = Mr - Mo$, $e = B/2 - M/V$

$S.F = Mr/Mo \geq 2.00$ (평상시), ≥ 1.50 (지진시), ≥ 1.50 (폭풍시)

③ 활동에 대한 안정

직접기초 바닥면에서의 전단지반반력은 바닥면 아래 기초지반의 허용전단저항력 이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]

$$H_u = C_b A + V \tan \phi_b$$

Hu : 기초저면과 지반과의 사이에 작용하는 전단 저항력(kN)

Cb : 기초저면과 지반과의 부착력(kN/㎡)

Φb : 기초저면과 지반과의 마찰각(degree)

A' : 기초저면의 유효재하면적(㎡)

V : 기초저면에 작용하는 연직하중(kN), 다만 부력을 뺀 값으로 한다.

구 분	V(kN)	Hu(kN)	H(kN)	S.F	허용안전률	비고
SV005	33418.296	20050.978	750.690	26.710	1.500	O.K
SV002	33396.276	20037.766	0.000	∞	1.500	O.K
SV011	33396.276	20037.766	0.000	∞	1.500	O.K
SV022	28647.006	17188.204	1931.100	8.901	1.200	O.K

註) tanΦb = 0.600, Cb = 0, 암과 콘크리트 [도로설계편람 509-22]

S.F = Hu/H ≥ 1.50 (평상시), ≥ 1.20 (지진시), ≥ 1.20 (폭풍시)

④ 지지력에 대한 안정

직접기초 바닥면에서의 연직지반반력은 기초 바닥아래 지지지반의 허용연직지지력이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN)	Qmin(kN)	비고
SV005	33418.296	130850.390	0.234	567.318	402.875	O.K
SV002	33396.276	126068.385	0.375	616.219	353.335	O.K
SV011	33396.276	126068.385	0.375	616.219	353.335	O.K
SV022	28647.006	99011.245	0.694	624.381	207.293	O.K

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{\max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{\min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우SV005, SV002, SV011, SV022

※ 허용지지력은 ⑤에서 계산된 값과 기초의 최대허용지지력중 작은 값을 사용한다.

⑤ 지반의 허용연직지지력 산정 : Terzaghi식 사용

$Qu = A' [\alpha\ c\ Nc + q\ Nq + \beta\ r1\ B'\ Nr$

Qu : 하중의 편심을 고려한 지반의 극한지지력(kN)

c : 지반의 점착력(kN/m³)

A : 유효재하면적(m²)

q : 상재하중(kN/m²), q = r2 x Df

r1,r2 : 지지지반 및 근입지반의 단위중량(kN/m³)
다만, 지하수위이하에서는 수중단위중량을 사용한다.

B' : 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭(m), B' = B - 2eB

B : 기초의 폭(m)

eB : 하중의 편심량(m)

Df : 기초의 유효근입 깊이(m)

α,β : 기초의 형상계수 (직사각형, α = 1 + 0.3 B'/ L, β = 0.5 - 0.1 B'/ L)

Nc,Nq,Nr : 지지력 계수 (Nc=125.163, Nq=115.234, Nr=170.016

C = 0.000 kN/m² r1 = 20.000 kN/m³ r2 = 20.000 kN/m³

Df = 1.000 m B = 8.300 m q = 20.000 kN/m²

$\Phi = 15 + \sqrt{15N} = 42.386$, N = 50

$Nq = a^2 / (2\cos^2 (45+\Phi/2))$, $a = \exp((0.75\pi-\Phi/2) \tan\Phi)$

$Nc = (Nq-1) \cot\Phi$

$Nr = \tan\Phi/2 \times (Kpr/\cos^2 \Phi - 1)$

구 분	eB	B'	α	β	A	Qu(kN)	Qa(kN)	SF
SV005	0.234	7.831	1.283	0.594	64.998	851884.460	4368.785	3.000
SV002	0.375	7.550	1.273	0.591	62.664	802436.762	4268.481	3.000
SV011	0.375	7.550	1.273	0.591	62.664	802436.762	4268.481	3.000
SV022	0.694	6.913	1.250	0.583	57.374	694192.499	6049.738	2.000

註) Qa = Qu/A'/SF, 『도로교 표준시방서, 1996년』p622 참조

▣ 확대기초 두께에 대한 강체 검토 : [도.설(2008) 5.4.5.2]

- 확대기초는 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 강체로서 취급되는 두께를 가져야함을 원칙으로 한다.
- 확대기초에 대한 강체로서의 취급여부는 지반반력 및 말뚝반력에 미치는 확대기초의 강성의 영향을 고려하여 판정하는 것으로서, 일반적으로 다음의 식을 만족할 때 강체로 취급할 수 있다.

$\beta\lambda \leq 1.0$

여기서

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}}(m^{-1})$$

k : kv - 직접기초인 경우, kp - 말뚝기초인 경우

kv : 연직방향 지반반력계수 (kN/m³)

= 466666.667 x (√(8.300 x 8.300) / 0.3)$^{-3/4}$ = 38684.693 kN/m³

$$k_v = k_{vo}\left(\frac{B_v}{30}\right)^{\frac{-3}{4}}$$

Kvo = 1/0.3 x α x Eo = 1/0.3 x 1.000 x 140000.000 = 466666.667 kN/

L : 확대기초의 길이 (= 8.300 m)

B : 확대기초의 폭 (= 8.300 m)

E : 확대기초의 탄성계수 (= 27804000.000 kN/m²)

h : 확대기초의 평균두께 (= 3.100 m)

λ : 확대기초의 환산 돌출길이 (m)

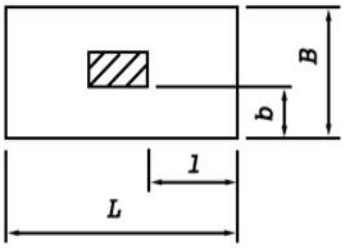
β = ⁴√{(3 x 38684.693) / (27804000.000 x 3.100³)} = 0.109 (m-1)

* 독립확대기초 및 벽확대기초의 경우

λ = max(l,b) = max(2.650,2.650) = 2.650

다만, l ≥ L/2이면 l = L/2 = 4.150

b ≥ B/2이면 b = B/2 = 4.150



βλ = 0.109 x 2.650 = 0.288 ≤ 1.0, ∴ O.K

2) 기초 단면검토

① 기초 중앙작용력 산정

구 분	P(kN)	Vx(kN)	My(kN)	∑V(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	비 고
UL001	40558.713	0.000	534.578	47499.380	197122.429	534.578	축력최대
UL002	40511.370	0.000	-22788.106	47452.037	196925.956	22788.106	모멘트최대
UE026	20977.228	2686.656	13825.674	25782.305	106996.568	22154.308	편심최대
UL022	23308.031	1931.100	13887.420	28647.006	118885.075	19873.830	지진시
SV005	28079.321	750.690	5508.400	33418.296	138685.928	7835.538	축력최대
SV002	28057.301	0.000	-12526.160	33396.276	138594.545	12526.160	모멘트최대
SV011	28057.301	0.000	-12526.160	33396.276	138594.545	12526.160	편심최대
SV022	23308.031	1931.100	13887.420	28647.006	118885.075	19873.830	지진시

註) 기초중앙의 부재력은 기둥의 부재력을 합산한 값을 사용한다.

∑V = P + W, W = 8.300 x 8.300 x 3.100 x 25.000 x 하중계수

Mr = ∑V x B/2, B = 8.300 m

My = M + P x e, e = 0.000 m

Mo = |My + Vx x h|, h = 3.100 mm

※ 지진시의 부재력은 탄성설계를 적용한 값을 사용한다.

② 지반지지력 산정

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN)	Qmin(kN)	X(m)
UL001	47499.380	196587.851	0.011	5769.376	5676.258	12.416
UL002	47452.037	174137.850	0.480	7701.851	3732.374	11.009
UE026	25782.305	84842.260	0.859	5035.839	1176.764	9.872
UL022	28647.006	99011.245	0.694	5182.365	1720.528	10.369
SV005	33418.296	130850.390	0.234	4708.740	3343.862	11.747
SV002	33396.276	126068.385	0.375	5114.618	2932.677	11.325
SV011	33396.276	126068.385	0.375	5114.618	2932.677	11.325
SV022	28647.006	99011.245	0.694	5182.365	1720.528	10.369

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

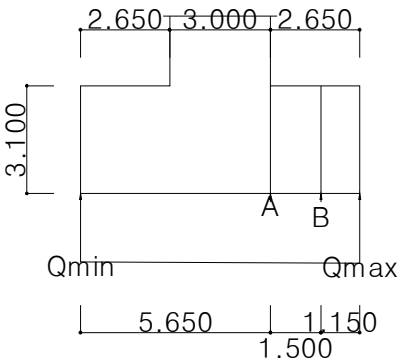
- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우

=>SV005, SV002, SV011, SV022, UL001, UL002, UE026, UL022

③ 기초의 단면력 계산



㉮ 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.150 x 3.100 x 8.300 x 25.000 = 739.737 kN

Ma = 2.821 x 3.100 x 8.300 x 25.000 x 2.821/2 = 2559.505 kN.m

㉯ 지반반력에 의한 단면력

Ma = Qa x 2.821² / 2 + (Qmax - Qa) / 2 x 2.821² x 2/3

㉰ 사용하중 단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에 의한 단면력		사용하중 단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN)	Qb(kN)	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
SV005	4708.740	4244.846	4519.630	5306.313	18120.891	4566.575	15561.386
SV002	5114.618	4373.021	4812.301	5707.979	19367.561	4968.241	16808.056
SV011	5114.618	4373.021	4812.301	5707.979	19367.561	4968.241	16808.056
SV022	5182.365	4005.758	4702.713	5683.920	19060.155	4944.182	16500.650

※ 사용하중단면력 = 지반반력에 의한 단면력 - 자중에 의한 단면력

㉱ 계수하중 단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에 의한 단면력		계수단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN)	Qb(kN)	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
UL001	5769.376	5737.727	5756.474	6627.364	22914.489	5665.705	19587.132
UL002	7701.851	6352.708	7151.864	8540.886	28856.401	7579.227	25529.045
UE026	5035.839	3724.219	4501.148	5483.768	18298.053	4818.004	15994.499
UL022	5182.365	4005.758	4702.713	5683.920	19060.155	4944.182	16500.650

※ 계수단면력 = 지반반력에 의한 단면력 - 자중에 의한 단면력 x 사하중계수

1) 단면 검토 : 교직-지점부

* 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
8300.00	3100.00	3000.00	100.00	25529.05	7579.23

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 32935.500 x 400.00 = 13174200.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 8300.000 = 190485.000 x a

T = C 이므로, a = 69.161 mm, c = 69.161 / β1 = 69.161 / 0.85 = 81.366 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (3000.00 - 81.366) / 81.366 = 0.10761

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 25251.641 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 32935.5 mm² (철근도심 : 100.0 mm), [사용률 = 1.304]

1단 : H25 - 65.0 EA (= 32935.5 mm²)

* 철근비 검토

As,temp = 0.0015 x 8300.0 x 1200.0 = 14940.000 mm²

As,req = 25251.641 mm²

ρmin = Max(25251.641, 14940.000) / bd = 0.00101

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00132

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 69.161 mm

ΦMn = 0.85 x 32935.500 x 400 x (3000.00 - a/2) = 33206.973 kN.m

≥ Mu (= 25529.045 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.301]

* 전단에 대한 검토 (d = 3000.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 8300.00 x 3000.00 = 17251.226 kN

≥ Vu (= 7579.227 kN) , 전단보강 불필요.

- 수평철근 검토

  * 0.0015hb 『도로교설계기준 P.252』

    단, 단위M당 1800 ㎟ 이하

    사용철근량 : H22 - 67.0 EA

    H22 - 34.0 EA = 39097.100 ㎟

    필요철근량 : 0.0015 x 3100.0 x 8300.0 = 38595.0 ㎟ < 39097.1 ㎟

    (39097.100 / 8.300) = 4710.494 ㎟ > (1800 ㎟)

    필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

    1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

  * 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

    단면적대비 0.0020 이상

    사용철근량 : H22 - 67.0 EA

    H22 - 34.0 EA = 39097.100 ㎟

    필요철근량 : 0.0020 x 3100.0 x 8300.0 = 51460.0 ㎟ > 39097.100 ㎟

    (39097.100 / 8.300) = 4710.494 ㎟ > (1800㎟)

    필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

    1800 ㎟ 보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

- 사용성 검토

  ① 응력 산정

  $fs = M / [As \times (d - \chi/3)] = 16808.056 \times 1000000 / [32935.500 \times (3000.000 - 381.409/3)]$

  $= 177.639$ MPa

  $\chi = -nAs/b + nAs/b\sqrt{[1 + 2bd/(nAs)]}$

  $= -7x32935.500/8300.0 + 7x32935.500/8300.0 \times \sqrt{[(1 + 2x8300.0x3000.0/(7x32935.500)]}$

  $= 381.409$ ㎜

  사용철근량 = 32935.5 ㎟ (철근도심 : 100.0 ㎜)

  1단 : H25 - 65.0 EA (= 32935.5 ㎟)

  ② 철근의 최대 중심간격

  Cc = 100.00 - 25/2 = 87.50 ㎜

  여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)

  Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 177.64) - 2.5 x 87.50 = 224.56 ㎜

  300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 177.64) = 354.65 ㎜

  습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

  Sa는 작은 값인 224.56 ㎜ 를 적용

  S = 8300.00 / 65.0 EA = 127.69 ≤ Sa (= 224.56 ㎜) ∴ O.K

10.2 교축방향

1) 기초 안정검토

① 기초 중앙작용력 산정

구 분	P(kN)	Vy(kN)	Mx(kN)	∑V(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	비 고
SVB16	28079.321	2893.959	-20429.165	33418.296	138685.928	11457.892	축력최대
SVB14	23308.031	2957.947	-20765.550	28647.006	118885.075	11595.914	모멘트최대
SVB14	23308.031	2957.947	-20765.550	28647.006	118885.075	11595.914	편심최대
SVB22	23308.031	2549.000	16066.100	28647.006	118885.075	23968.000	지진시

註) 기초중앙의 부재력은 기둥의 부재력을 합산한 값을 사용한다.

$\sum V = P + W$, $W = 8.300 \times 8.300 \times 3.100 \times 25.000 = 5338.975$ kN

$Mr = \sum V \times B/2$, $B = 8.300$ m

$Mx = M + P \times e$, $e = 0.000$ m

$Mo = |Mx + Vy \times h|$, $h = 3.100$ m

※ 지진시의 부재력은 탄성설계를 적용한 값을 사용한다.

② 전도에 대한 안정

- 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 평상시에는 바닥판 중심으로부터 바닥판 폭의1/6이내, 지진시와 폭풍시에는 바닥판 폭의 1/3이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]
- 평상시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다.
- 지진시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 1.5배 이상이어야 한다.

구 분	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	V(kN)	S.F	e(m)	허용폭(m)	비고
SVB16	138685.928	11457.892	33418.296	12.104	0.343	1.383	O.K
SVB14	118885.075	11595.914	28647.006	10.252	0.405	1.383	O.K
SVB14	118885.075	11595.914	28647.006	10.252	0.405	1.383	O.K
SVB22	118885.075	23968.000	28647.006	4.960	0.837	2.767	O.K

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), $M = Mr - Mo$, $e = B/2 - M/V$

$S.F = Mr/Mo \geq 2.00$ (평상시), ≥ 1.50 (지진시), ≥ 1.50 (폭풍시)

③ 활동에 대한 안정

직접기초 바닥면에서의 전단지반반력은 바닥면 아래 기초지반의 허용전단저항력 이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]

$$H_u = C_b A + V \tan \phi_b$$

Hu : 기초저면과 지반과의 사이에 작용하는 전단 저항력(kN)

Cb : 기초저면과 지반과의 부착력(kN/㎡)

Φb : 기초저면과 지반과의 마찰각(degree)

A' : 기초저면의 유효재하면적(㎡)

V : 기초저면에 작용하는 연직하중(kN), 다만 부력을 뺀 값으로 한다.

구 분	V(kN)	Hu(kN)	H(kN)	S.F	허용안전률	비고
SVB16	33418.296	20050.978	2893.959	6.929	1.500	O.K
SVB14	28647.006	17188.204	2957.947	5.811	1.500	O.K
SVB14	28647.006	17188.204	2957.947	5.811	1.500	O.K
SVB22	28647.006	17188.204	2549.000	6.743	1.200	O.K

註) tanΦb = 0.600, Cb = 0, 암과 콘크리트 [도로설계편람 509-22]

S.F = Hu/H ≥ 1.50 (평상시), ≥ 1.20 (지진시), ≥ 1.20 (폭풍시)

④ 지지력에 대한 안정

직접기초 바닥면에서의 연직지반반력은 기초 바닥아래 지지지반의 허용연직지지력이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN)	Qmin(kN)	비고
SVB16	33418.296	127228.036	0.343	605.329	364.864	O.K
SVB14	28647.006	107289.161	0.405	537.518	294.156	O.K
SVB14	28647.006	107289.161	0.405	537.518	294.156	O.K
SVB22	28647.006	94917.075	0.837	667.343	164.331	O.K

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{\max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{\min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우SVB16, SVB14, SVB14, SVB22

※ 허용지지력은 ⑤에서 계산된 값과 기초의 최대허용지지력중 작은 값을 사용한다.

⑤ 지반의 허용연직지지력 산정 : Terzaghi식 사용

$Qu = A' [\alpha\ c\ Nc + q\ Nq + \beta\ r1\ B'\ Nr$

Qu : 하중의 편심을 고려한 지반의 극한지지력(kN)

c : 지반의 점착력(kN/m³)

A : 유효재하면적(m²)

q : 상재하중(kN/m²), q = r2 x Df

r1,r2 : 지지지반 및 근입지반의 단위중량(kN/m³)
다만, 지하수위이하에서는 수중단위중량을 사용한다.

B' : 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭(m), B' = B - 2eB

B : 기초의 폭(m)

eB : 하중의 편심량(m)

Df : 기초의 유효근입 깊이(m)

α,β : 기초의 형상계수 (직사각형, α = 1 + 0.3 B'/ L, β = 0.5 - 0.1 B'/ L)

Nc,Nq,Nr : 지지력 계수 (Nc=125.163, Nq=115.234, Nr=170.016

C = 0.000 kN/m² r1 = 20.000 kN/m³ r2 = 20.000 kN/m³

Df = 1.000 m B = 8.300 m q = 20.000 kN/m²

$\Phi = 15 + \sqrt{15N} = 42.386$, N = 50

$Nq = a^2 / (2\cos^2 (45+\Phi/2))$, $a = \exp((0.75\pi-\Phi/2) \tan\Phi)$

$Nc = (Nq-1) \cot\Phi$

$Nr = \tan\Phi/2 \times (Kpr/\cos^2 \Phi - 1)$

구 분	eB	B'	α	β	A	Qu(kN)	Qa(kN)	SF
SVB16	0.343	7.614	1.275	0.592	63.198	813677.488	4291.651	3.000
SVB14	0.405	7.490	1.271	0.590	62.171	792116.944	4247.011	3.000
SVB14	0.405	7.490	1.271	0.590	62.171	792116.944	4247.011	3.000
SVB22	0.837	6.627	1.240	0.580	55.001	647478.622	5886.027	2.000

註) Qa = Qu/A'/SF, 『도로교 표준시방서, 1996년』p622 참조

2) 기초 단면검토

① 기초 중앙작용력 산정

구 분	P(kN)	Vy(kN)	Mx(kN)	∑V(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	비 고
ULB01	40558.713	0.000	0.000	47499.380	197122.429	0.000	축력최대
ULB08	36503.117	3678.961	-26120.613	43443.784	180291.706	14715.834	모멘트최대
UEB14	22142.629	3697.434	-25956.938	27214.655	112940.819	14494.893	편심최대
ULB22	23308.031	2549.000	16066.100	28647.006	118885.075	23968.000	지진시
SVB16	28079.321	2893.959	-20429.165	33418.296	138685.928	11457.892	축력최대
SVB14	23308.031	2957.947	-20765.550	28647.006	118885.075	11595.914	모멘트최대
SVB14	23308.031	2957.947	-20765.550	28647.006	118885.075	11595.914	편심최대
SVB22	23308.031	2549.000	16066.100	28647.006	118885.075	23968.000	지진시

註) 기초중앙의 부재력은 기둥의 부재력을 합산한 값을 사용한다.

∑V = P + W, W = 8.300 x 8.300 x 3.100 x 25.000 x 하중계수

Mr = ∑V x B/2, B = 8.300 m

Mx = M + P x e, e = 0.000 m

Mo = |Mx + Vy x h|, h = 3.100 m

※ 지진시의 부재력은 탄성설계를 적용한 값을 사용한다.

② 지반지지력 산정

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN)	Qmin(kN)	X(m)
ULB01	47499.380	197122.429	0.000	5722.817	5722.817	12.450
ULB08	43443.784	165575.872	0.339	6515.872	3952.510	11.434
UEB14	27214.655	98445.927	0.533	4541.312	2016.436	10.852
ULB22	28647.006	94917.075	0.837	5538.948	1363.945	9.940
SVB16	33418.296	127228.036	0.343	5024.230	3028.371	11.421
SVB14	28647.006	107289.161	0.405	4461.397	2441.496	11.236
SVB14	28647.006	107289.161	0.405	4461.397	2441.496	11.236
SVB22	28647.006	94917.075	0.837	5538.948	1363.945	9.940

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

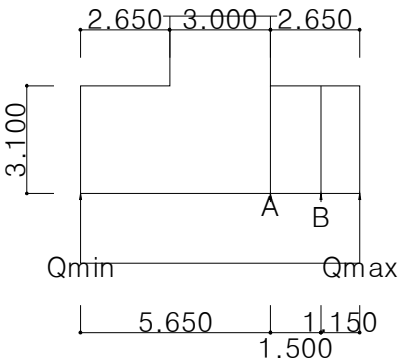
- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우

=>SVB16, SVB14, SVB14, SVB22, ULB01, ULB08, UEB14, ULB22

③ 기초의 단면력 계산



㉮ 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.150 x 3.100 x 8.300 x 25.000 = 739.737 kN

Ma = 2.821 x 3.100 x 8.300 x 25.000 x 2.821/2 = 2559.505 kN.m

㉯ 지반반력에 의한 단면력

Ma = Qa x 2.821² / 2 + (Qmax - Qa) / 2 x 2.821² x 2/3

㉰ 사용하중 단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에 의한 단면력		사용하중 단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN)	Qb(kN)	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
SVB16	5024.230	4345.879	4747.695	5618.857	19091.790	4879.120	16532.285
SVB14	4461.397	3774.874	4181.531	4969.684	16841.427	4229.946	14281.922
SVB14	4461.397	3774.874	4181.531	4969.684	16841.427	4229.946	14281.922
SVB22	5538.948	4119.950	4960.484	6037.174	20157.515	5297.436	17598.010

※ 사용하중단면력 = 지반반력에 의한 단면력 - 자중에 의한 단면력

㉱ 계수하중 단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에 의한 단면력		계수단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN)	Qb(kN)	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
ULB01	5722.817	5722.817	5722.817	6581.239	22771.206	5619.581	19443.849
ULB08	6515.872	5644.638	6160.707	7289.033	24771.235	6327.374	21443.878
UEB14	4541.312	3683.158	4191.480	5021.355	16931.770	4318.605	14500.241
ULB22	5538.948	4119.950	4960.484	6037.174	20157.515	5297.436	17598.010

※ 계수단면력 = 지반반력에 의한 단면력 - 자중에 의한 단면력 x 사하중계수

1) 단면 검토 : 교축방향

* 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
8300.00	3100.00	3000.00	100.00	21443.88	6327.37

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 25935.700 x 400.00 = 10374280.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 8300.000 = 190485.000 x a

T = C 이므로, a = 54.462 mm, c = 54.462 / β1 = 54.462 / 0.85 = 64.073 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (3000.00 - 64.073) / 64.073 = 0.13746

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 21180.417 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 25935.7 mm² (철근도심 : 100.0 mm), [사용률 = 1.225]

1단 : H22 - 67.0 EA (= 25935.7 mm²)

* 철근비 검토

As,temp = 0.0015 x 8300.0 x 1200.0 = 14940.000 mm²

As,req = 21180.417 mm²

ρmin = Max(21180.417, 14940.000) / bd = 0.00085

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00104

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 54.462 mm

ΦMn = 0.85 x 25935.700 x 400 x (3000.00 - a/2) = 26214.285 kN.m

≥ Mu (= 21443.878 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.222]

* 전단에 대한 검토 (d = 3000.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 8300.00 x 3000.00 = 17251.226 kN

≥ Vu (= 6327.374 kN) , 전단보강 불필요.

- 수평철근 검토

  * 0.0015hb 『도로교설계기준 P.252』

    단, 단위M당 1800 ㎟ 이하

    사용철근량 : H25 - 65.0 EA

    H25 - 33.0 EA = 49656.600 ㎟

    필요철근량 : 0.0015 x 3100.0 x 8300.0 = 38595.0 ㎟ < 49656.6 ㎟

    (49656.600 / 8.300) = 5982.723 ㎟ > (1800 ㎟)

    필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

    1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

  * 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

    단면적대비 0.0020 이상

    사용철근량 : H25 - 65.0 EA

    H25 - 33.0 EA = 49656.600 ㎟

    필요철근량 : 0.0020 x 3100.0 x 8300.0 = 51460.0 ㎟ > 49656.600 ㎟

    (49656.600 / 8.300) = 5982.723 ㎟ > (1800㎟)

    필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

    1800 ㎟ 보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

- 사용성 검토

  ① 응력 산정

  $fs = M / [As \times (d - \chi/3)] = 16532.285 \times 1000000 / [25935.700 \times (3000.000 - 341.058/3)]$

  $= 220.847$ MPa

  $\chi = -nAs/b + nAs/b\sqrt{[1 + 2bd/(nAs)]}$

  $= -7x25935.700/8300.0 + 7x25935.700/8300.0 \times \sqrt{[(1 + 2x8300.0x3000.0/(7x25935.700)]}$

  $= 341.058$ ㎜

  사용철근량 = 25935.7 ㎟ (철근도심 : 100.0 ㎜)

  1단 : H22 - 67.0 EA (= 25935.7 ㎟)

  ② 철근의 최대 중심간격

  Cc = 100.00 - 22/2 = 89.00 ㎜

  여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)

  Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 220.85) - 2.5 x 89.00 = 134.08 ㎜

  300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 220.85) = 285.27 ㎜

  습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

  Sa는 작은 값인 134.08 ㎜ 를 적용

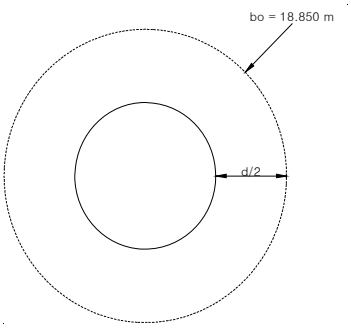
  S = 8300.00 / 67.0 EA = 123.88 ≤ Sa (= 134.08 ㎜) ∴ O.K

11. 기초 2방향전단(뚫림) 검토

1) 최대 연직하중(Vu) : -40558.713 kN

2) PUNCHING SHEAR 검토위치 : 기둥전면 d/2

3) 위험단면 길이(bo) = 18.85 m



4) 콘크리트가 부담하는 전단강도

ks = $(300 / d)^{0}.25$ = $(300 / 3000)^{0}.25$ = 0.562

kbo = $4/\sqrt{(\alpha s \times bo / d)} \leq 1.25$

= $4/\sqrt{(1.00 \times 18850 / 3000)} \leq 1.25$ = 1.25

αs = 1.00 (내부기둥)

fte = $0.21 \times \sqrt{(Fck)}$ = $0.21 \times \sqrt{(27.0)}$ = 1.091 MPa

fcc = $(2 / 3) \times fck$ = $(2 / 3) \times 27.0$ = 18.000 MPa

$\cot\Psi$ = $(\sqrt{(fte \times (fte + fcc))}/fte$

= $(\sqrt{(1.091 \times (1.091 + 18.000))}/1.091$ = 4.183

cu = $d \times [25 \times \sqrt{(\rho / fck)} - 300 \times (\rho / fck)]$

= $d \times [25 \times \sqrt{(0.005/27.0)} - 300 \times (0.005 / 27.0)$ = 854.0 mm

vc = $ks \times kbo \times fte \times \cot\Psi \times (Cu / d)$

= $0.562 \times 1.250 \times 1.091 \times 4.183 \times (854.0 / 3000)$ = 0.913 MPa

Vc = $vc \times bo \times d$

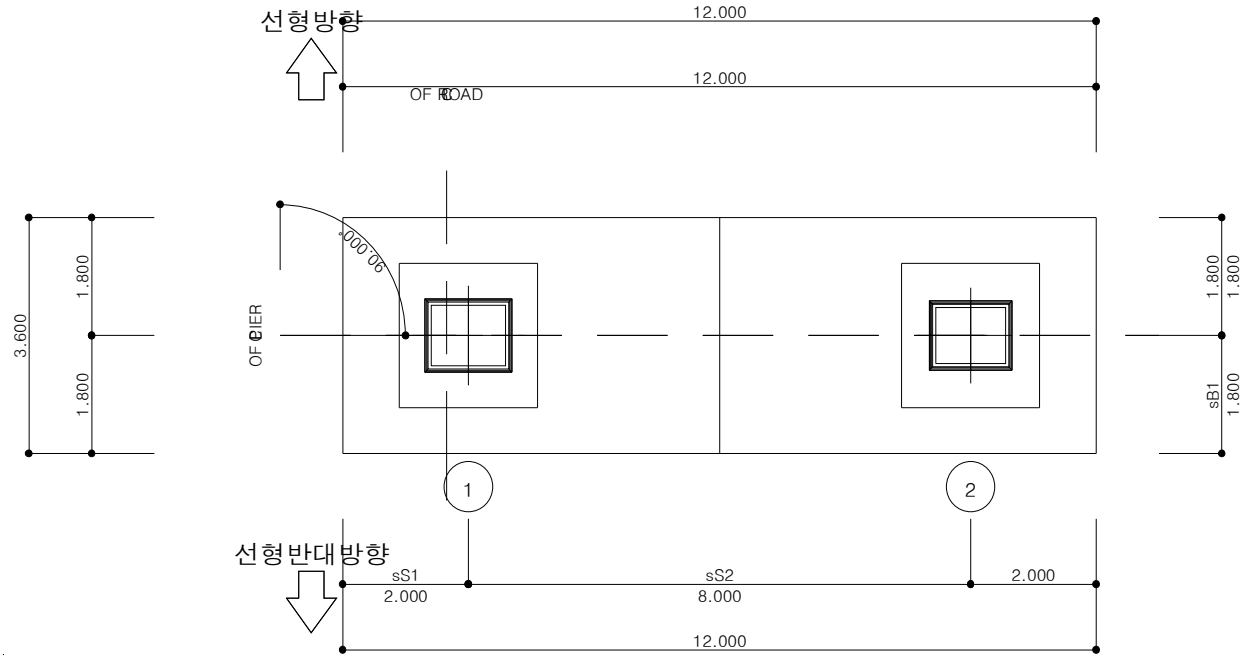
= $913.251 \times 18.850 \times 3.000$

= 51643.148 kN

∴ 콘크리트가 부담하는 전단강도(ϕVc) = 0.80×51643.148 = 41314.519 kN

※ ΦVc > Vu ---------- O.K

12. 교량 받침부 검토



12.1 받침 연단거리 검토

① 필요 연단거리

- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 S = 200 + 5.0L

S = 200 + 5.0 x 93.000 = 665.000 mm

② 실제 연단거리

구 분	필요연단	받침 규격		연단거리	비 고
		교축방향	직각방향		
1	665.000	924.000	1184.000	1338.000	O.K
2	665.000	855.000	1115.000	1372.500	O.K

12.2 최소 받침지지 길이 검토

① 최소 받침지지 길이

: 연속 지점부 이므로 생략한다.

12.3 교량받침 수직력, 수평력 검토

구 분	수직력			수평력		
	허용값	상부반력	비 고	허용값	탄성지진력	비 고
SHOE 1	14000.000	13818.454	O.K	1393.400	1168.030	O.K
SHOE 2	12000.000	11829.329	O.K	1184.800	1018.290	O.K

- 탄성지진력은 응답수정계수(R = 1.0)를 고려한 값이며 내진장치 불필요

12.4 교량받침 보강 철근 검토

① 교량받침에 작용하는 하중

구 분	수직력	수평력		보강범위(mm)		비 고
		교축방향	직각방향	교축방향	직각방향	
1	13818.454	1322.573	768.173	2984.000	2924.000	
2	11829.329	1138.269	657.737	2915.000	2855.000	

탄성지진력은 응답수정계수(R = 1.0)를 고려한 값

② 교량받침 하면 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	21613.905	22064.700	O.K	17779.005	20903.400	O.K
2	18851.302	20903.400	O.K	15503.960	20903.400	O.K

③ 교량받침 콘크리트 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	7347.630	20628.000	O.K	4267.627	20628.000	O.K
2	6323.714	20628.000	O.K	3654.094	20628.000	O.K

12.5 교량받침 하면 보강 : 교량받침 1

① 교량받침에 작용하는 하중

- 연직하중 : 최대반력

  P = 13818.454 kN

- 교축방향 수평하중 : 탄성지진력, 온도변화의 영향

  Hx1 = 10139.730 x 0.150 / 1.15 = 1322.573 kN

  Hx2 = 1168.030 / 1.33 = 878.218 kN

  ☞ 수평력은 Hx1, Hx2 중 큰 값인 1322.573 kN를 적용한다.

- 교축직각방향 수평하중 : 탄성지진력, 풍하중의 영향

  B/D = 12.600 / 4.020 = 3.134 [1≤ B/D< 8]

  W1 = [4.0 - 0.2 x (12.600 / 4.020)] x 4.020 = 13.6 kN/m ≥ 6.0 이므로

  Hy1 = 13.560 x 175.000 / 2 / 2EA / 1.25 = 474.600 kN

  Hy2 = 1021.670 / 1.33 = 768.173 kN

  ☞ 수평력은 Hy1, Hy2 중 큰 값인 768.173 kN를 적용한다.

② 연직하중에 대한 보강

b1x = 924.000 mm b1y = 1184.000 mm

b2x = 1800.000 mm b2y = 2000.000 mm

bcx = 2 x b2x = 3600.000 mm < 5 x b1x = 4620.000 mm

bcy = 2 x b2y = 4000.000 mm < 5 x b1y = 5920.000 mm

Asx1 = 1/4 x (1 - b1x/bcx) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 924.000/3600.000) x 13818.454 x 10^3 /180.000

= 14266.274 mm^2

Asy1 = 1/4 x (1 - b1y/bcy) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 1184.000/4000.000) x 13818.454 x 10^3 /180.000

= 13511.377 mm^2

③ 수평하중에 대한 보강

Asx2 = Hx/fsa

= 1322.573 x 10^3 / 180.000

= 7347.630 mm^2

Asy2 = Hy/fsa

= 768.173 x 10^3 / 180.000

= 4267.627 mm^2

④ 철근 보강 범위

- 교축직각방향 철근보강 범위

Bxo = b1x + b2y = 924.000 + 2000.000 = 2924.000 mm

- 교축방향 철근보강 범위

Byo = b1y + b2x = 1184.000 + 1800.000 = 2984.000 mm

⑤ 철근량 산정

- 교축직각방향

Asy = Asy1 + Asy2 = 13511.377 + 4267.627 = 17779.005 mm^2

Bxo = 2924.000 mm 범위내에서 H22 - 54 EA

As = 387.100 x 54 = 20903.400 mm^2 ∴ O.K

- 교축방향

Asx = Asx1 + Asx2 = 14266.274 + 7347.630 = 21613.905 mm^2

Byo = 2984.000 mm 범위내에서 H22 - 57 EA

As = 387.100 x 57 = 22064.700 mm^2 ∴ O.K

12.6 교량받침 콘크리트 보강 : 교량받침 1

① 교축직각방향

As2 = Hy/fsa = 768.173 x 10^3 / 180.000 = 4267.627 mm^2

사용철근 : H19 - 36 EA + H19 - 36 EA

As = 286.500 x 36 + 286.500 x 36 = 20628.000 mm^2 ∴ O.K

② 교축방향

As1 = Hx/fsa = 1322.573 x 10^3 / 180.000 = 7347.630 mm^2

사용철근 : H19 - 36 EA + H19 - 36 EA

As = 286.500 x 36 + 286.500 x 36 = 20628.000 mm^2 ∴ O.K

교각 P2

목 차

1. 설 계 흐 름 도

2. 해석결과 요약
   * 안정성검토 및 응력검토
   * 기둥의 단면 설계
   * 단면 설계
   * 사용성 검토

3. 설 계 조 건
   3.1 일반사항
   3.2 하중
   3.3 지반조건
   3.4 사용재료 강도
   3.5 설계방법
   3.6 참고문헌

4. 단 면 가 정

5. 하 중 계 산

6. 구 조 해 석
   6.1 해석모델링
   6.2 절점좌표
   6.3 단면제원
   6.4 하중재하도

7. 해 석 결 과 집 계
   7.1 하중별 부재력 집계
   7.2 사용하중 조합시 부재력 집계
   7.3 계수하중 조합시 부재력 집계

8. 두 부 보 설 계
   8.1 내민보의 설계 : 좌측
   8.2 내민보의 설계 : 우측
   8.3 교량받침 위치 검토

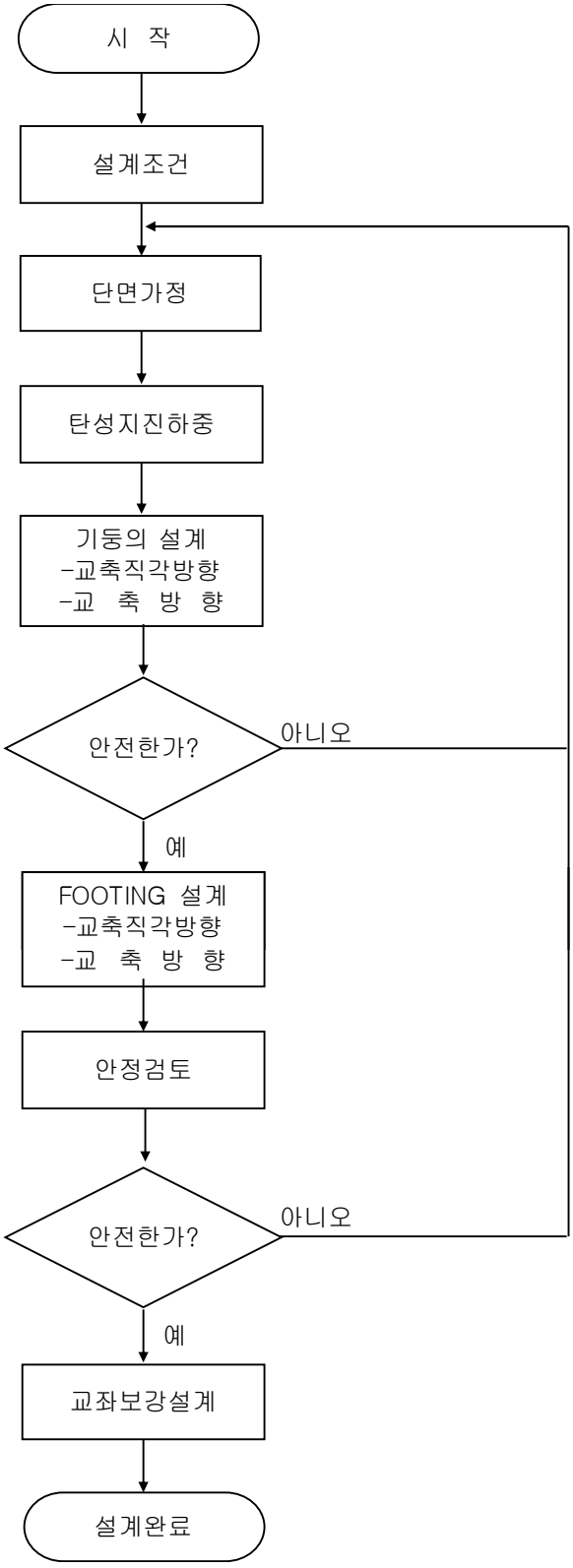
9. 기 둥 설 계
9.1 교축직각 방향
9.2 교축 방향
9.3 합성 부재력
9.4 기둥의 전단설계

10. 기 초 설 계
10.1 교축직각 방향
10.2 교축방향

11. 기초 2방향전단(뚫림) 검토

12. 교 량 받 침 부 검 토
12.1 받침 연단거리 검토
12.2 최소 받침지지 길이 검토
12.3 교량받침 수직력, 수평력 검토
12.4 교량받침 보강 철근 검토
12.5 교량받침 하면 보강
12.6 교량받침 콘크리트 보강

1. 설계흐름도


시 작
설계조건
단면가정
탄성지진하중
기둥의 설계
-교축직각방향
-교 축 방 향
안전한가?
아니오
예
FOOTING 설계
-교축직각방향
-교 축 방 향
안정검토
안전한가?
아니오
예
교좌보강설계
설계완료

2. 해석결과 요약

▣ 안정성검토 및 응력검토

구 분			허용값	발생값	안전율	허용안전율	비 고
교축방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	119800.909	18257.480	6.56	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	17320.613	2948.494	5.87	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	700.000	676.263	1.04	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	119800.909	26145.370	4.58	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	17320.613	2233.700	7.75	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	1050.000	693.395	1.51	1.00	O.K
교축직각방향	평상시	전도에대한 안정(kN.m)	119800.909	13638.856	8.78	2.00	O.K
		활동에대한 안정(kN)	17320.613	1249.230	13.87	1.50	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	700.000	604.963	1.16	1.00	O.K
	지진시	전도에대한 안정(kN.m)	119800.909	23776.820	5.04	1.50	O.K
		활동에대한 안정(kN)	17320.613	2053.800	8.43	1.20	O.K
		지지력에대한 안정(kN/㎡)	1050.000	668.540	1.57	1.00	O.K

▣ 기둥의 단면 설계

단면위치		Puse	Pu(kN)	ϕPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.006	40728.147	100340.338	2.464	O.K
	모멘트최대	0.006	36718.986	49893.911	1.359	O.K
	탄성설계	0.006	23528.714	77967.841	3.314	O.K
	편심최대	0.006	22352.278	28707.090	1.284	O.K
교축직각방향	축력최대	0.006	40728.147	100340.338	2.464	O.K
	모멘트최대	0.006	40608.715	78279.021	1.928	O.K
	탄성설계	0.006	23528.714	84635.031	3.597	O.K
	편심최대	0.006	21175.843	69585.689	3.286	O.K
합성부재력	축력최대	0.006	40728.147	100340.338	2.464	O.K
	모멘트최대	0.006	36718.986	49893.911	1.359	O.K
	탄성설계	0.006	23528.714	73890.460	3.140	O.K
	편심최대	0.006	22352.278	25499.218	1.141	O.K
	모멘트최대	0.006	40608.715	78279.021	1.928	O.K
	편심최대	0.006	21175.843	69397.134	3.277	O.K

▣ 단면 설계

단면위치		깊이 (mm)	피복 (mm)	Req.As (mm²)	Use.As (mm²)	Mu(kN.m)	ΦMn(kN.m)	안전도	비 고
두부보	좌측내민보	3600.0	100.0	68057.885	69095.400	-	-	1.015	O.K
	우측내민보	3600.0	100.0	61022.192	69095.400	-	-	1.132	O.K
	좌측내민보수	3600.0	100.0	2670.601	13455.200	3172.145	15862.682	5.001	O.K
	우측내민보수	3600.0	100.0	2360.764	13455.200	2804.722	15862.682	5.656	O.K
	교량받침1	2618.2	100.0	590.247	69095.400	485.004	52879.620	109.029	O.K
	교량받침2	2970.2	452.0	690.558	69095.400	567.372	52879.620	93.201	O.K
기초	교축방향	3100.0	100.0	23504.049	30002.100	23776.918	30280.812	1.274	O.K
	교직-지점부	3100.0	100.0	24729.958	32935.500	25006.236	33206.973	1.328	O.K

▣ 사용성 검토

단면위치		인장응력(fs)	허용응력(fsa)	철근간격(S)	최대간격(Sq)	비 고
두부보	좌측내민보	174.264	180.000	124.138	241.899	O.K
	우측내민보	163.735	180.000	124.138	270.960	O.K
	좌측내민보수평	70.044	180.000	180.000	899.428	O.K
	우측내민보수평	61.931	180.000	180.000	1017.255	O.K
	교량받침1	7.235	180.000	124.138	8708.031	O.K
	교량받침2	12.583	180.000	124.138	5006.721	O.K
기초	교축방향	212.637	180.000	123.881	151.599	O.K
	교직-지점부	174.816	180.000	127.692	231.723	O.K

3. 설 계 조 건

3.1 일 반 사 항

1) 구 조 형 식 : T형 교각
2) 상 부 형 식 : STEEL BOX
3) 교 량 등 급 : 1 등교
4) 기 초 형 식 : MASS기초

3.2 하 중

1) 철근콘크리트의 단위중량 : γc = 25 kN/m³ [도로교 설계기준 2.1.2]
2) 기초지반의 단위중량 : γs2 = 20 kN/m³ [도로교설계요령 제2권 P366]
3) 교량받침 마찰계수 : fs = 0.15

3.3 지 반 조 건

1) 기초지반의 N치 : N = 50
2) 기초지반의 내부마찰각 : ϕ2 = 42.386 ° ; 15 + √15N
3) 기초지반의 점착력 : C = 0 kN/m²
4) 기초지반의 최대 허용지지력 : Qa = 700 kN/m²
5) 기초지반의 마찰계수 : μ = 0.6 ; tanΦb = 0.60, Cb = 0:암과 콘크리트
6) 지반 가속도 계수 : A = 0.154 ; 위험도 계수 x 지진구역계수
   - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4 [도로교 설계기준 6.3.1]
   - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

3.4 사 용 재 료 강 도

1) 콘크리트 설계기준 강도 : fck = 두부보: 27 MPa
   기둥: 27 MPa
   기초: 27 MPa
   - 탄성계수 : Ec = 두부보: 27804 MPa
   기둥: 27804 MPa
   기초: 27804 MPa
   [도로교 설계기준 2.3.3]
2) 철근의 항복 강도(SD400) : fy = 두부보: 400 MPa
   기둥: 400 MPa
   기초: 400 MPa
   기둥(전단철근) 400 MPa
   기초(전단철근) 400 MPa
   - 탄성계수 : Es = 200000 MPa [도로교 설계기준 2.3.3]

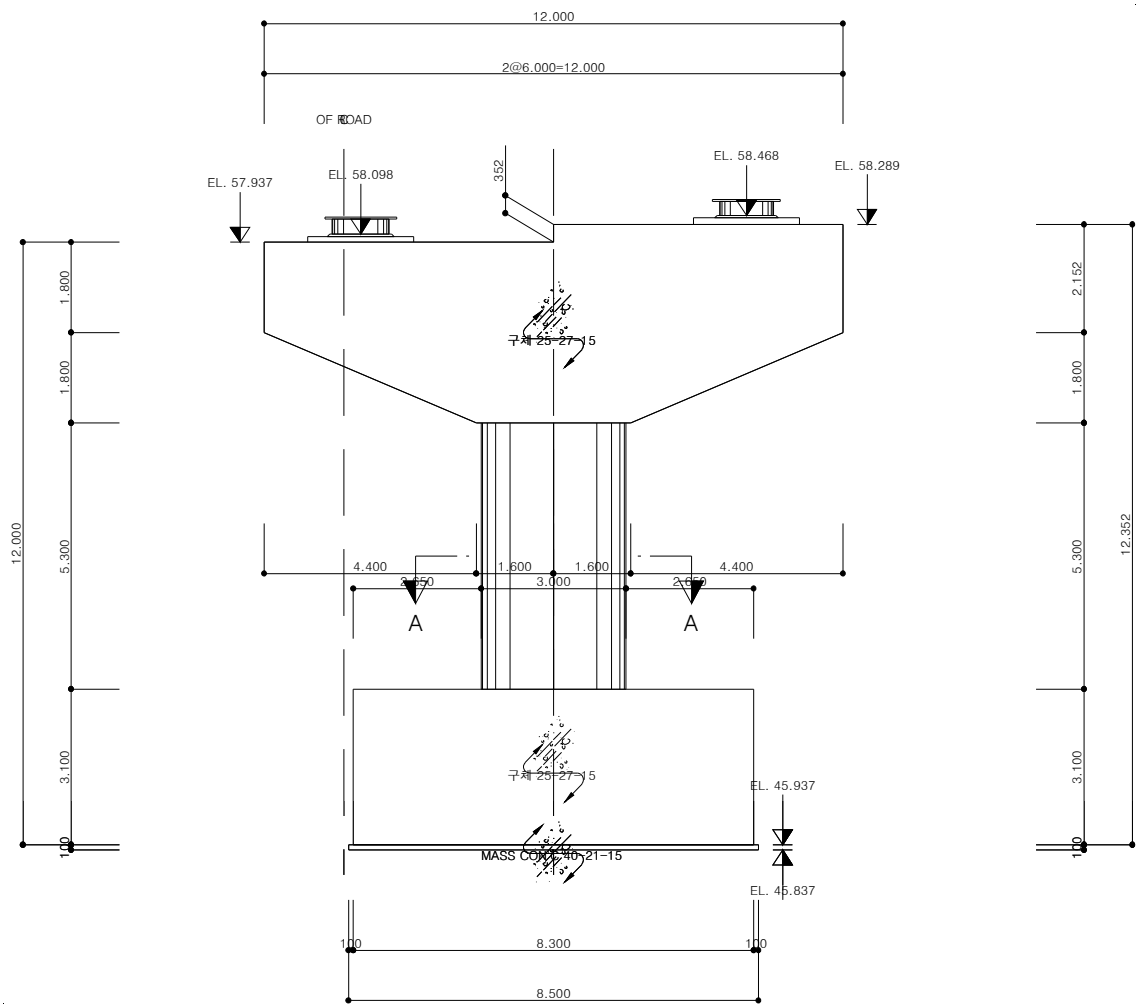
3.5 설 계 방 법

1) 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
2) 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

3.6 참 고 문 헌

1) 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2010)
2) 콘크리트구조기준 : 한국콘크리트학회 (2012)

4. 단 면 가 정


12.000
2@6.000=12.000
OF ROAD
EL. 57.937
EL. 58.098
352
EL. 58.468
EL. 58.289
구체 25-27-15
12.000
1.800
1.800
5.300
3.100
100
2.152
1.800
5.300
3.100
100
12.352
4.400
1.600
1.600
4.400
3.650
3.000
2.650
A
A
구체 25-27-15
EL. 45.937
MASS CONC 40-21-15
EL. 45.837
100
8.300
100
8.500

5. 하 중 계 산

5.1 상부반력 및 교각자중

교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		만재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
1	9964.417	1848.740	3218.560	1848.740
2	8785.368	2867.920	1442.550	2867.920
계	18749.785	4716.660	4661.110	4716.660

※ 교각자중은 25.000 kN/m³ 의 값을 프로그램에서 자동재하

5.2 풍 하 중

1) 교축직각방향 (W-TR)

① 상부구조에 작용하는 풍하중

B/D = 12.600 / 4.020 = 3.134 [1≤ B/D< 8]

W1 = [4.0 - 0.2 x (12.600 / 4.020)] x 4.020 = 13.560 kN/m ≥ 6.0 이므로

= 13.56 kN/m

P1 = 13.560 x (93.000 + 82.000) / 2 x sin90.0

= 1186.5 kN

작용위치 h = 4.020/2 + 0.500 + 0.900 = 3.41 m

작용모멘트 My = Ph x h = 1186.500 x 3.410 = 4045.965 kN.m

② 하부구조에 작용하는 풍하중

W'copping = 3.000 x 3.600 x 3.600 = 38.88 kN

W'column = 1.500 x 3.000 = 4.5 kN/m (풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

2) 교축방향 (W-LO)

① 하부구조에 작용하는 풍하중

W'copping = 112.174 kN (Copping 높이에 따라 재하)

W'column = 1.500 x 3.000 = 4.5 kN/m

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용 한다.

5.3 활하중에 작용하는 풍하중

활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1500.000 N/m의
풍하중이 재하되는 것으로 한다. [도로설계기준 P19]

Ph = 1.500 x (93.000 + 82.000)/2 x sin90.0 = 131.25 kN

작용위치 h = 4.558 + 1.500 + 0.900 = 6.958 m

작용모멘트 My = Ph x h = 131.250 x 6.958 = 913.237 kN.m

5.4 온도하중 산정

1) 교축직각방향 (G-TR)

연평균 온도변화차 ΔT = 10℃ 적용

2) 교축방향 (G-LO)

① 교각의 종방향 변위를 유발하는 수평력

δ = α x ΔT x L 0.000012 x 25.0 x 46.500 = 0.01395 m

$$\delta = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \qquad P_h = \frac{3 \times E \times I \times \delta}{L^3}$$

Ph = 3 x 27804000 x 3.97608 x 1EA x 0.01395 / 8.900³ x sin90.0

= 6562.777 kN

② 교량받침에 의한 수평력

상부고정하중 : Vd = 18749.785 kN

교량받침마찰계수 : μ = 0.150

Ph = μ x W = 18749.785 x 0.150 x sin90.0

= 2812.468 kN

☞ 수평력은 ①,②중 작은값 2812.468 kN를 적용한다.

③ 작용 모멘트

Mh = 2812.468 x (0.500 + 1.800/2) = 3937.455 kN.m

5.5 지진에 의한 하중 : 내진해석 참조

(Ig 적용)

구 분			교축 방향			교축직각방향		
위치	하중경우	기둥	전단력	모멘트	변위(m)	전단력	모멘트	변위(m)
기둥 상단	경우 1	기둥 1	2417.400	9471.500	0.014	1079.500	6473.500	0.0079
	경우 2	기둥 1	1384.900	5253.200	0.0065	2125.000	14624.600	0.0184
기둥 하단	경우 1	기둥 1	2233.700	19220.900	0	999.600	10170.500	0
	경우 2	기둥 1	1281.600	10824.800	0	2053.800	21556.000	0

5.6 하중조합 : 사용하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	E	CO	Q
SVB01	1.00	1.00									1.00
SVB02	1.00		1.00								1.00
SVB03	1.00			1.00							1.00
SVB04	1.00				1.00						1.00
SVB05	1.00	1.00			0.50	1.00					1.00
SVB06	1.00		1.00		0.50	1.00					1.00
SVB07	1.00			1.00	0.50	1.00					1.00
SVB08	1.00	1.00					1.00	1.00			1.00
SVB09	1.00	1.00					-1.00	1.00			1.00
SVB10	1.00		1.00				1.00	1.00			1.00
SVB11	1.00		1.00				-1.00	1.00			1.00
SVB12	1.00			1.00			1.00	1.00			1.00
SVB13	1.00			1.00			-1.00	1.00			1.00
SVB14	1.00				1.00		1.00	1.00			1.00
SVB15	1.00				1.00		-1.00	1.00			1.00
SVB16	1.00	1.00			0.50	1.00	1.00	1.00			1.00
SVB17	1.00	1.00			0.50	1.00	-1.00	1.00			1.00
SVB18	1.00		1.00		0.50	1.00	1.00	1.00			1.00
SVB19	1.00		1.00		0.50	1.00	-1.00	1.00			1.00
SVB20	1.00			1.00	0.50	1.00	1.00	1.00			1.00
SVB21	1.00			1.00	0.50	1.00	-1.00	1.00			1.00
SVB22	1.00								1.00		1.00
SVB23	1.00	1.00								1.00	1.00
SVB24	1.00		1.00							1.00	1.00
SVB25	1.00			1.00						1.00	1.00
SVB26	1.00				1.00					1.00	1.00

D = 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L = 활하중 또는 이에 따른 단면력

W = 풍하중 또는 이에 따른 단면력

WL = 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력

E = 지진하중 또는 이에 따른 단면력

CO = 충돌하중 또는 이에 따른 단면력

G = 부등침하,크리프,건조수축(GS),제작 또는 시공시 치수착오,습도변화
또는 온도변화등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

Q = 부력 또는 양압력,수압,파압 등의 하중 또는 이에 따른 단면력

※ 위 테이블에 표시된 SVB는 교축방향이며, 모델링상의 SVO 는 교직방향을 나타냅니다.
SVB 와 SVO 는 동일한 하중조합의 교축, 교직방향 성분들입니다.

5.7 하중조합 : 계수하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	E	CO	Q
ULB01	1.30	2.15									1.30
ULB02	1.30		2.15								1.30
ULB03	1.30			2.15							1.30
ULB04	1.30				1.30						1.30
ULB05	1.30	1.30			0.65	1.30					1.30
ULB06	1.30		1.30		0.65	1.30					1.30
ULB07	1.30			1.30	0.65	1.30					1.30
ULB08	1.30	1.30					1.30	1.30			1.30
ULB09	1.30	1.30					-1.30	1.30			1.30
ULB10	1.30		1.30				1.30	1.30			1.30
ULB11	1.30		1.30				-1.30	1.30			1.30
ULB12	1.30			1.30			1.30	1.30			1.30
ULB13	1.30			1.30			-1.30	1.30			1.30
ULB14	1.25				1.25		1.25	1.25			1.25
ULB15	1.25				1.25		-1.25	1.25			1.25
ULB16	1.25	1.25			0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
ULB17	1.25	1.25			0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
ULB18	1.25		1.25		0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
ULB19	1.25		1.25		0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
ULB20	1.25			1.25	0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
ULB21	1.25			1.25	0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
ULB22	1.00								1.00		1.00
ULB23	1.30	1.30								1.30	1.30
ULB24	1.30		1.30							1.30	1.30
ULB25	1.30			1.30						1.30	1.30
ULB26	1.20				1.20					1.20	1.20

※ 위 테이블에 표시된 ULB는 교축방향이며, 모델링상의 ULO 는 교직방향을 나타냅니다.
ULB 와 ULO 는 동일한 하중조합의 교축, 교직방향 성분들입니다.

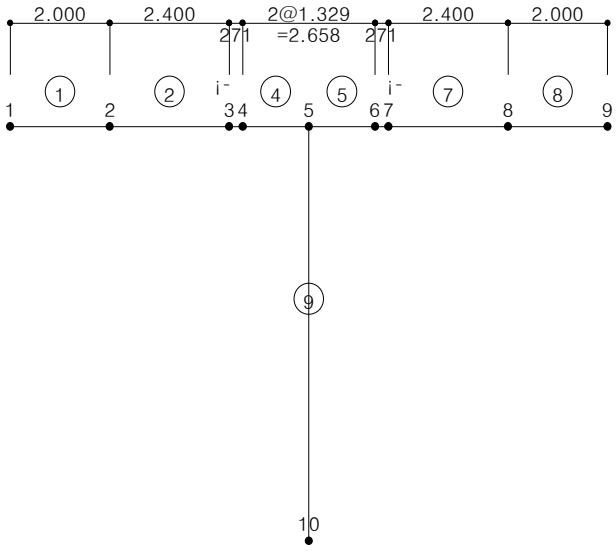
5.8 하중조합 : 계수하중 검토시 (최대편심)

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	E	CO	Q
UEB01	1.00	2.15									1.30
UEB02	1.00		2.15								1.30
UEB03	1.00			2.15							1.30
UEB04	1.00				1.30						1.30
UEB05	1.00	1.30			0.65	1.30					1.30
UEB06	1.00		1.30		0.65	1.30					1.30
UEB07	1.00			1.30	0.65	1.30					1.30
UEB08	1.00	1.30					1.30	1.30			1.30
UEB09	1.00	1.30					-1.30	1.30			1.30
UEB10	1.00		1.30				1.30	1.30			1.30
UEB11	1.00		1.30				-1.30	1.30			1.30
UEB12	1.00			1.30			1.30	1.30			1.30
UEB13	1.00			1.30			-1.30	1.30			1.30
UEB14	0.95				1.25		1.25	1.25			1.25
UEB15	0.95				1.25		-1.25	1.25			1.25
UEB16	0.95	1.25			0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
UEB17	0.95	1.25			0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
UEB18	0.95		1.25		0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
UEB19	0.95		1.25		0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
UEB20	0.95			1.25	0.63	1.25	1.25	1.25			1.25
UEB21	0.95			1.25	0.63	1.25	-1.25	1.25			1.25
UEB22	1.00								1.00		1.00
UEB23	1.00	1.30								1.30	1.30
UEB24	1.00		1.30							1.30	1.30
UEB25	1.00			1.30						1.30	1.30
UEB26	0.90				1.20					1.20	1.20

※ 위 테이블에 표시된 UEB는 교축방향이며, 모델링상의 UE0 는 교직방향을 나타냅니다.
UEB 와 UE0 는 동일한 하중조합의 교축, 교직방향 성분들입니다.

6. 구 조 해 석

6.1 해석 모델링



6.2 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z
1	0	8	6	7.329	8
2	2	8	7	7.6	8
3	4.4	8	8	10	8
4	4.671	8	9	12	8
5	6	8	10	6	0

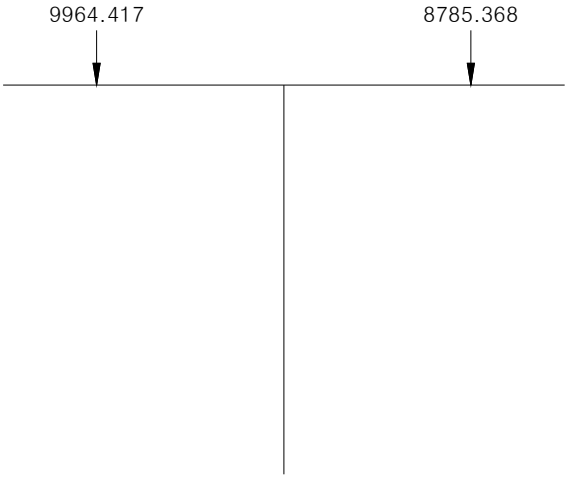
6.3 단면 제원

구 분	B(m)	H(m)	A(m^2)	I22(m^4)	I33(m^4)	적용절점
①	3.600	1.800	6.480	6.998400	1.749600	1
②	3.600	2.152	7.747	8.366976	2.989841	9
③	3.600	2.618	9.425	10.178784	5.383072	2
④	3.600	2.970	10.692	11.547360	7.859422	8
⑤	3.600	3.600	12.960	13.996800	13.996800	3, 4
⑥	3.600	3.952	14.227	15.365376	18.517061	5~7
⑦	3.000	0.000	7.069	3.976078	3.976078	기둥상단
⑧	3.000	0.000	7.069	3.976078	3.976078	기둥하단

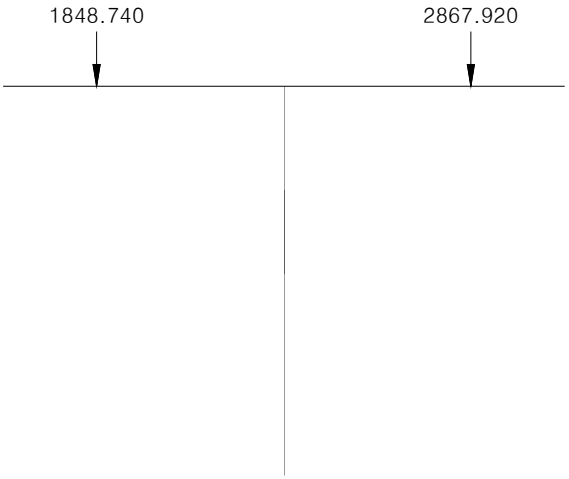
6.4 하중재하도

1) 연직하중

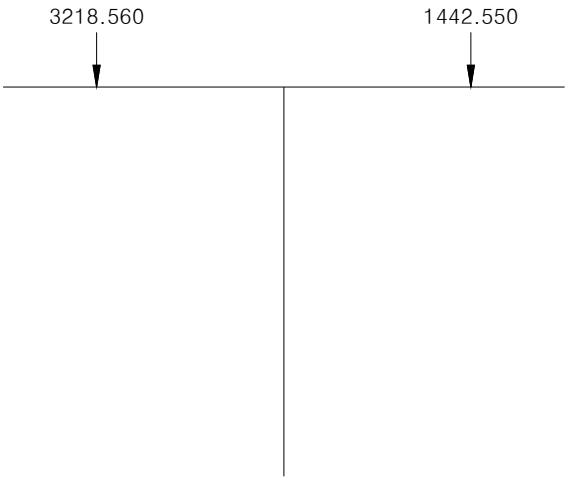
① 고정하중 (D)



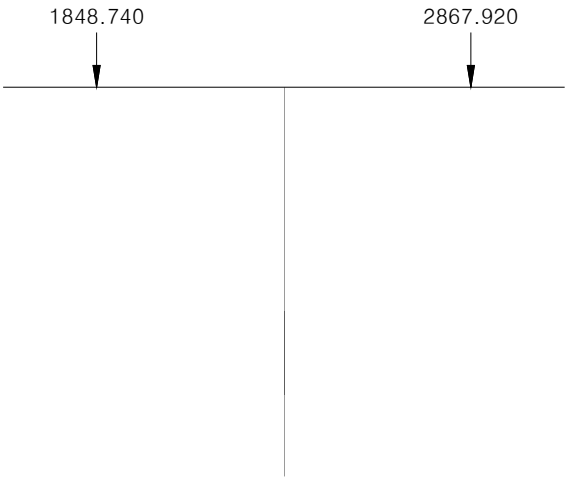
② 활하중 : 만재하시 (L1)



③ 활하중 : 좌측 편재하시 (L2)



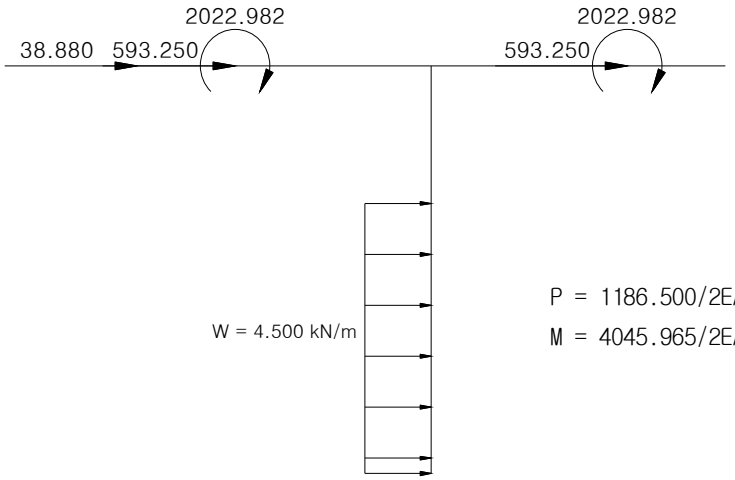
④ 활하중 : 우측 편재하시 (L3)



2) 수평하중

① 교축직각 방향

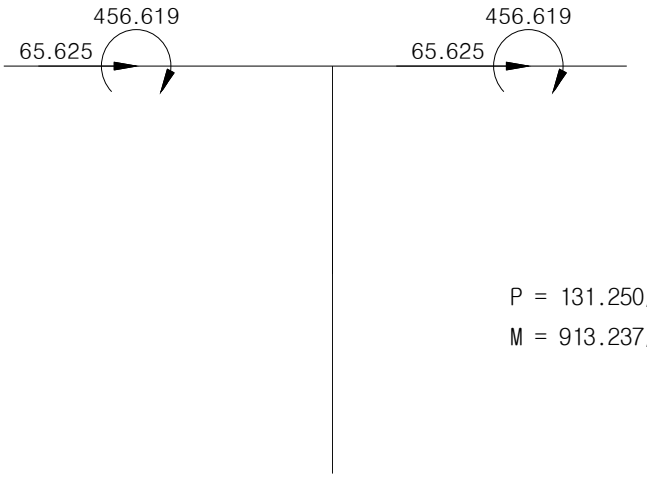
㉮ 풍하중 : 구조물에 재하되는 풍하중 (W-TR)



P = 1186.500/2EA = 593.250 kN

M = 4045.965/2EA = 2022.982 kN

㉯ 풍하중 : 활하중에 재하되는 풍하중 (WL)

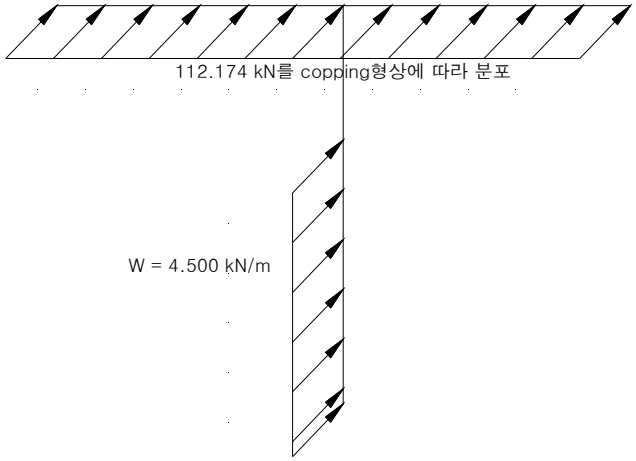


P = 131.250/2EA = 65.625 kN

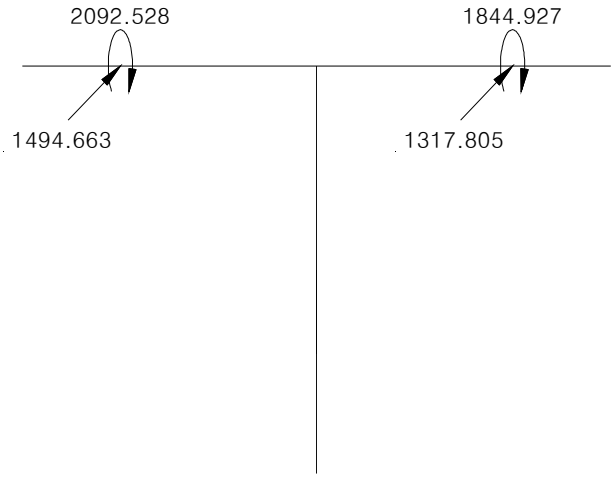
M = 913.237/2EA = 456.619 kN

② 교축 방향

㉮ 풍하중 : 구조물에 재하되는 풍하중 (W-L0)



㉯ 온도하중 (G-L01) : P = 2812.468 / 2EA = 1406.234 kN M = 3937.455 / 2EA = 1968.727 kN.m



7. 해석결과 집계

7.1 하중별 부재력 집계

① 기둥 : 부재번호 9 (교직방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-22592.127	-4145.960	0.000	-23528.714	-4145.960	0.000	
L1	-4716.660	4076.720	0.000	-4716.660	4076.720	0.000	
L2	-4661.110	-7104.040	0.000	-4661.110	-7104.040	0.000	
L3	-4716.660	4076.720	0.000	-4716.660	4076.720	0.000	
W-TR	0.000	7354.486	-1225.380	0.000	13912.203	-1249.230	
WL	0.000	1267.613	-131.250	0.000	1963.238	-131.250	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	14624.600	2125.000	0.000	21556.000	2053.800	

(교축방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-22592.127	0.000	0.000	-23528.714	0.000	0.000	
L1	-4716.660	0.000	0.000	-4716.660	0.000	0.000	
L2	-4661.110	0.000	0.000	-4661.110	0.000	0.000	
L3	-4716.660	0.000	0.000	-4716.660	0.000	0.000	
W-LO	0.000	-302.869	112.174	0.000	-960.591	136.024	
WL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-LO2	0.000	-11531.129	2812.470	0.000	-26437.220	2812.470	
E-LO	0.000	9471.500	2417.400	0.000	19220.900	2233.700	

② 두부보 : 내민보

하중	좌측 (부재4, 절점4)		우측 (부재5, 절점6)		비고
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
D	-29007.405	11121.388	-26203.763	-10090.315	
L1	-4937.985	1848.740	-7660.214	-2867.920	
L2	-8596.774	3218.560	-3853.051	-1442.550	
L3	-4937.985	1848.740	-7660.214	-2867.920	
W-LO	0.000	0.000	0.000	0.000	
W-TR	2022.980	0.000	-2022.980	0.000	
WL	456.619	0.000	-456.619	0.000	
G-LO2	0.000	0.000	0.000	0.000	
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-LO	0.000	0.000	0.000	0.000	
E-TR	0.000	0.000	0.000	0.000	

③ 두부보 : 교량 받침부 전단력

구 분	S1(절점2)		S2(절점8)	
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)
D	-373.080	10362.040	-436.440	-9246.350
L1	0.000	1848.740	0.000	-2867.920
L2	0.000	3218.560	0.000	-1442.550
L3	0.000	1848.740	0.000	-2867.920
W-LO	0.000	0.000	0.000	0.000
W-TR	2022.980	0.000	-2022.980	0.000
WL	456.619	0.000	-456.619	0.000
G-LO2	0.000	0.000	0.000	0.000
G-TR	0.000	0.000	0.000	0.000
E-LO	0.000	0.000	0.000	0.000
E-TR	0.000	0.000	0.000	0.000

7.2 사용하중 조합시 부재력 집계

1) 교축직각방향

① 기둥 : 부재번호 9 (교직방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
SV001	-27308.787	-69.240	0.000	-28245.374	-69.240	0.000	
SV002	-27253.237	-11250.000	0.000	-28189.824	-11250.000	0.000	
SV003	-27308.787	-69.240	0.000	-28245.374	-69.240	0.000	
SV004	-22592.127	3208.526	-1225.380	-23528.714	9766.243	-1249.230	
SV005	-27308.787	4875.616	-743.940	-28245.374	8850.099	-755.865	
SV006	-27253.237	-6305.144	-743.940	-28189.824	-2330.661	-755.865	
SV007	-27308.787	4875.616	-743.940	-28245.374	8850.099	-755.865	
SV008	-27308.787	-69.240	0.000	-28245.374	-69.240	0.000	
SV009	-27308.787	-69.240	0.000	-28245.374	-69.240	0.000	
SV010	-27253.237	-11250.000	0.000	-28189.824	-11250.000	0.000	
SV011	-27253.237	-11250.000	0.000	-28189.824	-11250.000	0.000	
SV012	-27308.787	-69.240	0.000	-28245.374	-69.240	0.000	
SV013	-27308.787	-69.240	0.000	-28245.374	-69.240	0.000	
SV014	-22592.127	3208.526	-1225.380	-23528.714	9766.243	-1249.230	
SV015	-22592.127	3208.526	-1225.380	-23528.714	9766.243	-1249.230	
SV016	-27308.787	4875.616	-743.940	-28245.374	8850.099	-755.865	
SV017	-27308.787	4875.616	-743.940	-28245.374	8850.099	-755.865	
SV018	-27253.237	-6305.144	-743.940	-28189.824	-2330.661	-755.865	
SV019	-27253.237	-6305.144	-743.940	-28189.824	-2330.661	-755.865	
SV020	-27308.787	4875.616	-743.940	-28245.374	8850.099	-755.865	
SV021	-27308.787	4875.616	-743.940	-28245.374	8850.099	-755.865	
SV022	-22592.127	10478.640	2125.000	-23528.714	17410.040	2053.800	
SV023	-27308.787	-69.240	0.000	-28245.374	-69.240	0.000	
SV024	-27253.237	-11250.000	0.000	-28189.824	-11250.000	0.000	
SV025	-27308.787	-69.240	0.000	-28245.374	-69.240	0.000	
SV026	-22592.127	3208.526	-1225.380	-23528.714	9766.243	-1249.230	

2) 교축방향 (교축방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
SVB01	-27308.787	0.000	0.000	-28245.374	0.000	0.000	
SVB02	-27253.237	0.000	0.000	-28189.824	0.000	0.000	
SVB03	-27308.787	0.000	0.000	-28245.374	0.000	0.000	
SVB04	-22592.127	-302.869	112.174	-23528.714	-960.591	136.024	
SVB05	-27308.787	-151.434	56.087	-28245.374	-480.296	68.012	
SVB06	-27253.237	-151.434	56.087	-28189.824	-480.296	68.012	
SVB07	-27308.787	-151.434	56.087	-28245.374	-480.296	68.012	
SVB08	-27308.787	-11531.129	2812.470	-28245.374	-26437.220	2812.470	
SVB09	-27308.787	11531.129	-2812.470	-28245.374	26437.220	-2812.470	
SVB10	-27253.237	-11531.129	2812.470	-28189.824	-26437.220	2812.470	
SVB11	-27253.237	11531.129	-2812.470	-28189.824	26437.220	-2812.470	
SVB12	-27308.787	-11531.129	2812.470	-28245.374	-26437.220	2812.470	
SVB13	-27308.787	11531.129	-2812.470	-28245.374	26437.220	-2812.470	
SVB14	-22592.127	-11833.998	2924.644	-23528.714	-27397.811	2948.494	
SVB15	-22592.127	11228.260	-2700.296	-23528.714	25476.629	-2676.446	
SVB16	-27308.787	-11682.563	2868.557	-28245.374	-26917.516	2880.482	
SVB17	-27308.787	11379.695	-2756.383	-28245.374	25956.924	-2744.458	
SVB18	-27253.237	-11682.563	2868.557	-28189.824	-26917.516	2880.482	
SVB19	-27253.237	11379.695	-2756.383	-28189.824	25956.924	-2744.458	
SVB20	-27308.787	-11682.563	2868.557	-28245.374	-26917.516	2880.482	
SVB21	-27308.787	11379.695	-2756.383	-28245.374	25956.924	-2744.458	
SVB22	-22592.127	9471.500	2417.400	-23528.714	19220.900	2233.700	
SVB23	-27308.787	0.000	0.000	-28245.374	0.000	0.000	
SVB24	-27253.237	0.000	0.000	-28189.824	0.000	0.000	
SVB25	-27308.787	0.000	0.000	-28245.374	0.000	0.000	
SVB26	-22592.127	-302.869	112.174	-23528.714	-960.591	136.024	

3) 두부보

① 두부보 : 내민보

하중	좌측 (부재4, 절점4)		우측 (부재5, 절점6)		비고
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
SV001	-33945.390	12970.128	-33863.978	-12958.235	
SV002	-37604.179	14339.948	-30056.815	-11532.865	
SV003	-33945.390	12970.128	-33863.978	-12958.235	
SV004	-26984.425	11121.388	-28226.743	-10090.315	
SV005	-32477.281	12970.128	-35332.087	-12958.235	
SV006	-36136.070	14339.948	-31524.924	-11532.865	
SV007	-32477.281	12970.128	-35332.087	-12958.235	
SV008	-33945.390	12970.128	-33863.978	-12958.235	
SV009	-33945.390	12970.128	-33863.978	-12958.235	
SV010	-37604.179	14339.948	-30056.815	-11532.865	
SV011	-37604.179	14339.948	-30056.815	-11532.865	
SV012	-33945.390	12970.128	-33863.978	-12958.235	
SV013	-33945.390	12970.128	-33863.978	-12958.235	
SV014	-26984.425	11121.388	-28226.743	-10090.315	
SV015	-26984.425	11121.388	-28226.743	-10090.315	
SV016	-32477.281	12970.128	-35332.087	-12958.235	
SV017	-32477.281	12970.128	-35332.087	-12958.235	
SV018	-36136.070	14339.948	-31524.924	-11532.865	
SV019	-36136.070	14339.948	-31524.924	-11532.865	
SV020	-32477.281	12970.128	-35332.087	-12958.235	
SV021	-32477.281	12970.128	-35332.087	-12958.235	
SV022	-29007.405	11121.388	-26203.763	-10090.315	
SV023	-33945.390	12970.128	-33863.978	-12958.235	
SV024	-37604.179	14339.948	-30056.815	-11532.865	
SV025	-33945.390	12970.128	-33863.978	-12958.235	
SV026	-26984.425	11121.388	-28226.743	-10090.315	

② 두부보 : 교량 받침부 전단력

구 분	S1(절점2)		S2(절점8)	
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)
SV001	-373.080	12210.780	-436.440	-12114.270
SV002	-373.080	13580.600	-436.440	-10688.900
SV003	-373.080	12210.780	-436.440	-12114.270
SV004	1649.900	10362.040	-2459.420	-9246.350
SV005	1095.029	12210.780	-1904.549	-12114.270
SV006	1095.029	13580.600	-1904.549	-10688.900
SV007	1095.029	12210.780	-1904.549	-12114.270
SV008	-373.080	12210.780	-436.440	-12114.270
SV009	-373.080	12210.780	-436.440	-12114.270
SV010	-373.080	13580.600	-436.440	-10688.900
SV011	-373.080	13580.600	-436.440	-10688.900
SV012	-373.080	12210.780	-436.440	-12114.270
SV013	-373.080	12210.780	-436.440	-12114.270
SV014	1649.900	10362.040	-2459.420	-9246.350
SV015	1649.900	10362.040	-2459.420	-9246.350
SV016	1095.029	12210.780	-1904.549	-12114.270
SV017	1095.029	12210.780	-1904.549	-12114.270
SV018	1095.029	13580.600	-1904.549	-10688.900
SV019	1095.029	13580.600	-1904.549	-10688.900
SV020	1095.029	12210.780	-1904.549	-12114.270
SV021	1095.029	12210.780	-1904.549	-12114.270
SV022	-373.080	10362.040	-436.440	-9246.350
SV023	-373.080	12210.780	-436.440	-12114.270
SV024	-373.080	13580.600	-436.440	-10688.900
SV025	-373.080	12210.780	-436.440	-12114.270
SV026	1649.900	10362.040	-2459.420	-9246.350

7.3 계수하중 조합시 부재력 집계

1) 교축직각방향

① 기둥 : 부재번호 9 (교직방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
UL001	-39510.584	3375.200	0.000	-40728.147	3375.200	0.000	
UL002	-39391.152	-20663.434	0.000	-40608.715	-20663.434	0.000	
UL003	-39510.584	3375.200	0.000	-40728.147	3375.200	0.000	
UL004	-29369.765	4171.084	-1592.994	-30587.328	12696.115	-1623.999	
UL005	-35501.423	6338.301	-967.122	-36718.986	11505.129	-982.625	
UL006	-35429.208	-8196.687	-967.122	-36646.771	-3029.859	-982.625	
UL007	-35501.423	6338.301	-967.122	-36718.986	11505.129	-982.625	
UL008	-35501.423	-90.012	0.000	-36718.986	-90.012	0.000	
UL009	-35501.423	-90.012	0.000	-36718.986	-90.012	0.000	
UL010	-35429.208	-14625.000	0.000	-36646.771	-14625.000	0.000	
UL011	-35429.208	-14625.000	0.000	-36646.771	-14625.000	0.000	
UL012	-35501.423	-90.012	0.000	-36718.986	-90.012	0.000	
UL013	-35501.423	-90.012	0.000	-36718.986	-90.012	0.000	
UL014	-28240.159	4010.658	-1531.725	-29410.893	12207.803	-1561.538	
UL015	-28240.159	4010.658	-1531.725	-29410.893	12207.803	-1561.538	
UL016	-34135.984	6094.520	-929.925	-35306.718	11062.624	-944.831	
UL017	-34135.984	6094.520	-929.925	-35306.718	11062.624	-944.831	
UL018	-34066.546	-7881.430	-929.925	-35237.280	-2913.326	-944.831	
UL019	-34066.546	-7881.430	-929.925	-35237.280	-2913.326	-944.831	
UL020	-34135.984	6094.520	-929.925	-35306.718	11062.624	-944.831	
UL021	-34135.984	6094.520	-929.925	-35306.718	11062.624	-944.831	
UL022	-22592.127	10478.640	2125.000	-23528.714	17410.040	2053.800	
UL023	-35501.423	-90.012	0.000	-36718.986	-90.012	0.000	
UL024	-35429.208	-14625.000	0.000	-36646.771	-14625.000	0.000	
UL025	-35501.423	-90.012	0.000	-36718.986	-90.012	0.000	
UL026	-27110.553	3850.231	-1470.456	-28234.457	11719.491	-1499.076	

2) 교축직각방향(편심최대)

① 기둥 : 부재번호 9 (교직방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
UE001	-32732.946	4618.988	0.000	-33669.533	4618.988	0.000	
UE002	-32613.514	-19419.646	0.000	-33550.101	-19419.646	0.000	
UE003	-32732.946	4618.988	0.000	-33669.533	4618.988	0.000	
UE004	-22592.127	5414.872	-1592.994	-23528.714	13939.903	-1623.999	
UE005	-28723.785	7582.089	-967.122	-29660.372	12748.917	-982.625	
UE006	-28651.570	-6952.899	-967.122	-29588.157	-1786.071	-982.625	
UE007	-28723.785	7582.089	-967.122	-29660.372	12748.917	-982.625	
UE008	-28723.785	1153.776	0.000	-29660.372	1153.776	0.000	
UE009	-28723.785	1153.776	0.000	-29660.372	1153.776	0.000	
UE010	-28651.570	-13381.212	0.000	-29588.157	-13381.212	0.000	
UE011	-28651.570	-13381.212	0.000	-29588.157	-13381.212	0.000	
UE012	-28723.785	1153.776	0.000	-29660.372	1153.776	0.000	
UE013	-28723.785	1153.776	0.000	-29660.372	1153.776	0.000	
UE014	-21462.521	5254.446	-1531.725	-22352.278	13451.591	-1561.538	
UE015	-21462.521	5254.446	-1531.725	-22352.278	13451.591	-1561.538	
UE016	-27358.346	7338.308	-929.925	-28248.103	12306.412	-944.831	
UE017	-27358.346	7338.308	-929.925	-28248.103	12306.412	-944.831	
UE018	-27288.908	-6637.642	-929.925	-28178.666	-1669.538	-944.831	
UE019	-27288.908	-6637.642	-929.925	-28178.666	-1669.538	-944.831	
UE020	-27358.346	7338.308	-929.925	-28248.103	12306.412	-944.831	
UE021	-27358.346	7338.308	-929.925	-28248.103	12306.412	-944.831	
UE022	-22592.127	10478.640	2125.000	-23528.714	17410.040	2053.800	
UE023	-28723.785	1153.776	0.000	-29660.372	1153.776	0.000	
UE024	-28651.570	-13381.212	0.000	-29588.157	-13381.212	0.000	
UE025	-28723.785	1153.776	0.000	-29660.372	1153.776	0.000	
UE026	-20332.914	5094.019	-1470.456	-21175.843	12963.279	-1499.076	

3) 교축방향 (교축방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
ULB01	-39510.584	0.000	0.000	-40728.147	0.000	0.000	
ULB02	-39391.152	0.000	0.000	-40608.715	0.000	0.000	
ULB03	-39510.584	0.000	0.000	-40728.147	0.000	0.000	
ULB04	-29369.765	-393.729	145.826	-30587.328	-1248.769	176.831	
ULB05	-35501.423	-196.865	72.913	-36718.986	-624.384	88.415	
ULB06	-35429.208	-196.865	72.913	-36646.771	-624.384	88.415	
ULB07	-35501.423	-196.865	72.913	-36718.986	-624.384	88.415	
ULB08	-35501.423	-14990.468	3656.211	-36718.986	-34368.386	3656.211	
ULB09	-35501.423	14990.468	-3656.211	-36718.986	34368.386	-3656.211	
ULB10	-35429.208	-14990.468	3656.211	-36646.771	-34368.386	3656.211	
ULB11	-35429.208	14990.468	-3656.211	-36646.771	34368.386	-3656.211	
ULB12	-35501.423	-14990.468	3656.211	-36718.986	-34368.386	3656.211	
ULB13	-35501.423	14990.468	-3656.211	-36718.986	34368.386	-3656.211	
ULB14	-28240.159	-14792.497	3655.804	-29410.893	-34247.264	3685.617	
ULB15	-28240.159	14035.325	-3375.370	-29410.893	31845.786	-3345.558	
ULB16	-34135.984	-14603.204	3585.696	-35306.718	-33646.895	3600.602	
ULB17	-34135.984	14224.618	-3445.479	-35306.718	32446.155	-3430.573	
ULB18	-34066.546	-14603.204	3585.696	-35237.280	-33646.895	3600.602	
ULB19	-34066.546	14224.618	-3445.479	-35237.280	32446.155	-3430.573	
ULB20	-34135.984	-14603.204	3585.696	-35306.718	-33646.895	3600.602	
ULB21	-34135.984	14224.618	-3445.479	-35306.718	32446.155	-3430.573	
ULB22	-22592.127	9471.500	2417.400	-23528.714	19220.900	2233.700	
ULB23	-35501.423	0.000	0.000	-36718.986	0.000	0.000	
ULB24	-35429.208	0.000	0.000	-36646.771	0.000	0.000	
ULB25	-35501.423	0.000	0.000	-36718.986	0.000	0.000	
ULB26	-27110.553	-363.442	134.608	-28234.457	-1152.710	163.228	

4) 교축방향(편심최대) (교축방향)

하중	기둥상단			기둥하단			비고
	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	P(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
UEB01	-32732.946	0.000	0.000	-33669.533	0.000	0.000	
UEB02	-32613.514	0.000	0.000	-33550.101	0.000	0.000	
UEB03	-32732.946	0.000	0.000	-33669.533	0.000	0.000	
UEB04	-22592.127	-393.729	145.826	-23528.714	-1248.769	176.831	
UEB05	-28723.785	-196.865	72.913	-29660.372	-624.384	88.415	
UEB06	-28651.570	-196.865	72.913	-29588.157	-624.384	88.415	
UEB07	-28723.785	-196.865	72.913	-29660.372	-624.384	88.415	
UEB08	-28723.785	-14990.468	3656.211	-29660.372	-34368.386	3656.211	
UEB09	-28723.785	14990.468	-3656.211	-29660.372	34368.386	-3656.211	
UEB10	-28651.570	-14990.468	3656.211	-29588.157	-34368.386	3656.211	
UEB11	-28651.570	14990.468	-3656.211	-29588.157	34368.386	-3656.211	
UEB12	-28723.785	-14990.468	3656.211	-29660.372	-34368.386	3656.211	
UEB13	-28723.785	14990.468	-3656.211	-29660.372	34368.386	-3656.211	
UEB14	-21462.521	-14792.497	3655.804	-22352.278	-34247.264	3685.617	
UEB15	-21462.521	14035.325	-3375.370	-22352.278	31845.786	-3345.558	
UEB16	-27358.346	-14603.204	3585.696	-28248.103	-33646.895	3600.602	
UEB17	-27358.346	14224.618	-3445.479	-28248.103	32446.155	-3430.573	
UEB18	-27288.908	-14603.204	3585.696	-28178.666	-33646.895	3600.602	
UEB19	-27288.908	14224.618	-3445.479	-28178.666	32446.155	-3430.573	
UEB20	-27358.346	-14603.204	3585.696	-28248.103	-33646.895	3600.602	
UEB21	-27358.346	14224.618	-3445.479	-28248.103	32446.155	-3430.573	
UEB22	-22592.127	9471.500	2417.400	-23528.714	19220.900	2233.700	
UEB23	-28723.785	0.000	0.000	-29660.372	0.000	0.000	
UEB24	-28651.570	0.000	0.000	-29588.157	0.000	0.000	
UEB25	-28723.785	0.000	0.000	-29660.372	0.000	0.000	
UEB26	-20332.914	-363.442	134.608	-21175.843	-1152.710	163.228	

5) 두부보

① 두부보 : 내민보

하중	좌측 (부재4, 절점4)		우측 (부재5, 절점6)		비고
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)	
UL001	-48326.293	18432.595	-50534.353	-19283.438	
UL002	-56192.690	21377.708	-42348.952	-16218.892	
UL003	-48326.293	18432.595	-50534.353	-19283.438	
UL004	-35079.753	14457.804	-36694.767	-13117.410	
UL005	-42220.465	16861.166	-45931.713	-16845.706	
UL006	-46976.891	18641.932	-40982.401	-14992.725	
UL007	-42220.465	16861.166	-45931.713	-16845.706	
UL008	-44129.007	16861.166	-44023.171	-16845.706	
UL009	-44129.007	16861.166	-44023.171	-16845.706	
UL010	-48885.433	18641.932	-39073.859	-14992.725	
UL011	-48885.433	18641.932	-39073.859	-14992.725	
UL012	-44129.007	16861.166	-44023.171	-16845.706	
UL013	-44129.007	16861.166	-44023.171	-16845.706	
UL014	-33730.531	13901.735	-35283.429	-12612.894	
UL015	-33730.531	13901.735	-35283.429	-12612.894	
UL016	-40596.601	16212.660	-44165.109	-16197.794	
UL017	-40596.601	16212.660	-44165.109	-16197.794	
UL018	-45170.087	17924.935	-39406.154	-14416.082	
UL019	-45170.087	17924.935	-39406.154	-14416.082	
UL020	-40596.601	16212.660	-44165.109	-16197.794	
UL021	-40596.601	16212.660	-44165.109	-16197.794	
UL022	-29007.405	11121.388	-26203.763	-10090.315	
UL023	-44129.007	16861.166	-44023.171	-16845.706	
UL024	-48885.433	18641.932	-39073.859	-14992.725	
UL025	-44129.007	16861.166	-44023.171	-16845.706	
UL026	-32381.310	13345.666	-33872.092	-12108.378	

② 두부보 : 교량 받침부 전단력

구 분	S1(절점2)		S2(절점8)	
	M(kN.m)	V(kN)	M(kN.m)	V(kN)
UL001	-485.004	17445.443	-567.372	-18186.283
UL002	-485.004	20390.556	-567.372	-15121.738
UL003	-485.004	17445.443	-567.372	-18186.283
UL004	2144.870	13470.652	-3197.246	-12020.255
UL005	1423.538	15874.014	-2475.914	-15748.551
UL006	1423.538	17654.780	-2475.914	-13895.570
UL007	1423.538	15874.014	-2475.914	-15748.551
UL008	-485.004	15874.014	-567.372	-15748.551
UL009	-485.004	15874.014	-567.372	-15748.551
UL010	-485.004	17654.780	-567.372	-13895.570
UL011	-485.004	17654.780	-567.372	-13895.570
UL012	-485.004	15874.014	-567.372	-15748.551
UL013	-485.004	15874.014	-567.372	-15748.551
UL014	2062.375	12952.550	-3074.275	-11557.937
UL015	2062.375	12952.550	-3074.275	-11557.937
UL016	1368.786	15263.475	-2380.686	-15142.837
UL017	1368.786	15263.475	-2380.686	-15142.837
UL018	1368.786	16975.750	-2380.686	-13361.125
UL019	1368.786	16975.750	-2380.686	-13361.125
UL020	1368.786	15263.475	-2380.686	-15142.837
UL021	1368.786	15263.475	-2380.686	-15142.837
UL022	-373.080	10362.040	-436.440	-9246.350
UL023	-485.004	15874.014	-567.372	-15748.551
UL024	-485.004	17654.780	-567.372	-13895.570
UL025	-485.004	15874.014	-567.372	-15748.551
UL026	1979.880	12434.448	-2951.304	-11095.620

8. 두부보 설계

8.1 내민보의 설계 : 좌측 (절점 4)

1) 내민길이의 산정

: 원형이나 정다각형 기둥인 경우 내민 길이는 정사각형 기둥단면으로 치환하여 구한다.
[도로교 설계기준 5.4.4.1]

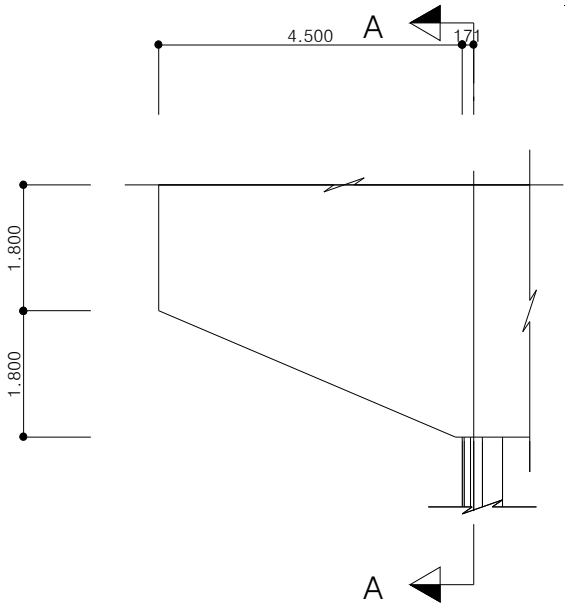
① 기둥의 단면적

$A = \pi \times 3.000^2 / 4 = 7.069\ m^2$

② 치환단면의 한변길이

$L = \sqrt{7.069} = 2.658\ m$

☞ 위험단면은 기둥끝단으로부터 0.171m(= 1.500 - 2.658/2)에 위치한다.



2) 브래킷 판정

① 위험단면에서의 작용력 : 『단면력 집계』 참조

Vu = 21377.708 kN - "ULO-02"

Mu = 56192.690 kN.m

Nu = 0.000 kN

② 브래킷 판정

a = 56192.690 / 21377.708 = 2.629 m

d = 3.600 - 0.200 = 3.400 m

a/d = 2.629 / 3.400 = 0.773 ≤ 1.0 ∴ 브래킷으로 검토

3) 브래킷 검토

* 단면제원 및 설계가정

fck=27MPa, fy=400MPa, Φ=0.80, Φf=0.80, Φv=0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	외단깊이(mm)	Vu(kN)
3600.0	3600.0	3400.0	100.0	2635.5	21377.7

a = 2628.565 mm, d = 3400.000 mm

a / d (= 0.773) ≤ 1 → Bracket으로 설계. [콘크리트 구조설계기준] 7.9.2

지압면의 외단깊이 ≥ 0.5d , 2635.542 mm ≥ 0.5 x 3400.000 mm ∴ O.K

① 설계 단면력 산정

Vu = 21377.708 kN

Nuc = 0.20 x 21377.708 = 4275.542 kN

Mu = Mu' + Nuc x (h - d)

= 56192.690 + 4275.542 x (3.600 - 3.400)

= 57047.798 kN.m

② 전단마찰철근(Avf)의 설계

: 전단마찰철근이 전단면에 수직인 경우 , [도로교 설계기준] 4.4.6.4

Vn_max ≤ 0.2 x fck x bo x d , 5.6 x bo x d

≤ 0.2 x 27 x 3600.000 x 3400.000 = 66096.000 kN

≤ 5.6 x 3600.000 x 3400.000 = 68544.000 kN

ΦVn_max = 0.80 x 66096.000 = 52876.800 kN ≥ Vu (=21377.708 kN) ∴ O.K

$$Avf = \frac{Vu}{\Phi v \times fy \times \mu}$$ (Φv=0.80, μ=1.4λ, λ=1.0 ; 일체로 친 보통 콘크리트)

= 21377708.000 / (0.80 x 400 x 1.4)

= 47718.098 mm²

③ 휨모멘트 철근(Af)의 설계

Mu = 56192.690 + 4275.542 x (3.600 - 3.400) = 57047.798 kN.m

$$a = \frac{Af \times fy}{0.85 \times fck \times B}$$

Mn = Mu / Φ = Af x fy x (d - a/2) → 위의 a를 대입하여 Af를 이차방정식으로 푼다.

$$Af = \frac{d - \sqrt{[d^2 - 4 \times Mu / (1.7 \times fck \times B \times \Phi)]}}{2 \times fy / (1.7 \times fck \times B)}$$

= 54696.817 mm²

④ 수평인장 철근(An)의 설계

Nuc = 0.20 x 21377.708 = 4275.542 kN

An = Nuc / (Φ x fy) = 13361.067 mm²

⑤ 주인장철근(As)의 산정

주인장철근의 단면적은 (Af + An)과 (2/3 Avf + An) 중 큰값을 취한다.

→ As = 68057.885 ㎟

As(min) = 0.04 x (fck / fy) x B x d

= 0.04 x (27 / 400) x 3600.000 x 3400.000

= 33048.000 ㎟

Use As = 69095.400 ㎟ (철근도심 200.00 mm)

1단 : H32-15.0EA + H32-14.0EA , d1 = 100.00 mm

2단 : H32-15.0EA + H32-14.0EA , d2 = 200.00 mm

3단 : H32-15.0EA + H32-14.0EA , d3 = 300.00 mm

Use As ≥ 68057.885 ㎟ , 33048.000 ㎟ ∴ O.K

⑥ 폐쇄 스터럽,띠철근(Ah)의 산정

Ah = 0.5 x (As - An) = 0.5 x (68057.885 - 13361.067)

= 27348.409 ㎟

사용철근량 (1단) : H29 - 6.0 EA = 3854.400 ㎟

철근의 배치 범위 : 2/3 d = 2/3 x 3400.00 = 2266.67 mm구간에 11.0 단 설치

▶ 사용철근량(11.0단) : H29 - 66.00 EA = 42398.400 ㎟ ≥ 27348.409 ㎟ ∴ O.K

4) 외측빔 검토 : 깊은보로 검토

: Ln이 부재깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재깊이의 2배거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어서 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용한다.

[콘크리트 구조설계기준 7.8.1.(1)]

a = 2.6 < 2d(=7.000) ∴ 깊은 보로 전단설계

- a/2 = 1.314 m (< d = 3.500 m) L 위험단면 위치

- Vu = 20884.066 kN - "UL0-02

부재번호 : 2 (I단 : 절점2, J단 : 절점3) 부재길이(L) : 2.400 m

Vui = 20390.556 kN (I단), Vuj = 21263.563 kN (J단)

검토위치(Lc) = 3.357 m (두부보 좌측단에서의 거리)

Vu = Vui + (Vuj - Vui)/L x (Lc - I단 좌표)

= 20390.556 + (21263.563 - 20390.556)/2.400 x (3.357 - 2.000)

= 20884.066 kN

* 단면제원 및 설계가정

B(mm)	Ln(mm)	d(mm)	Vu(kN)	fck(MPa)	fy(MPa)
3600.00	5257.13	3400.00	20884.07	27.00	400.00

* 최대전단강도 검토

ΦMax Vn = Φ x 5 x √fck / 6 x b x d

= 0.80 x 5 x √27 / 6 x 3600.00 x 3400.00

= 42400.604 kN ≥ Vu(= 20884.066 kN) ∴ O.K

* 콘크리트의 전단강도

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 3400.00 = 8480.121 kN

< Vu (= 20884.066 kN) , 전단보강 필요.

* 전단철근의 전단강도

ⓐ 수직 전단철근

s = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Av = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0025 x b x s (=1800.000 mm²) ∴ O.K

ⓑ 수평 전단철근

sh = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Avh = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0015 x b x sh (=1080.000 mm²) ∴ O.K

→ Vs = [Av/s x (1+Ln/d)/12 + Avh/sh x (11-Ln/d)/12] x fy x d = 26209.920 kN

* 설계 전단강도

ΦVn = Φ x (Ss + Sc) = 0.80 x (26209.920 + 10600.151)

= 29448.057 kN ≥ Vu(= 20884.066 kN) ∴ O.K

5) 수평력에 의한 검토

- 교축방향 지진시 수평력과 두부보관성력으로 교축방향 모멘트를 산정

→ 두부보자중에의한 관성력 산정 : 설계수평진도 (Kh = 0.154 x 1.000 = 0.154)

w1 = 1.800 x 4.671 x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 116.532 kN

w2 = 1.800 x (4.671-0.271) / 2 x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 54.886 kN

w3 = 1.800 x (4.671-4.400) x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 6.761 kN

Vc = 116.532 + 54.886 + 6.761 = 178.179 kN

Mc = 116.532 x 2.336 + 54.886 x 1.738 + 6.761 x 0.136 = 368.450 kN.m

Vu = 1049.680 + 178.179(Vc)

= 1227.859 kN

Mu = 1049.680 x 2.671 + 368.450(Mc)

= 3172.145 kN.m

* 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
3600.00	3600.00	3500.00	100.00	3172.15	1227.86

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 13455.200 x 400.00 = 5382080.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 3600.000 = 82620.000 x a

T = C 이므로, a = 65.143 mm, c = 65.143 / β1 = 65.143 / 0.85 = 76.638 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (3500.00 - 76.638) / 76.638 = 0.13401

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2670.601 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 13455.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm) , [사용률 = 5.038]

1단 : H29 - 16.0 EA, H32 - 4.0 EA (= 13455.2 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350

0.25 √fck / fy = 0.00325 , ρmin = 0.00350 적용

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00107

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 65.143 mm

ΦMn = 0.85 x 13455.200 x 400 x (3500.00 - a/2) = 15862.682 kN.m

≥ Mu (= 3172.145 kN.m) ∴ O.K [안전률 5.001]

* 전단에 대한 검토 (d = 3500.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 3500.00 = 8729.536 kN

ΦVc/2 ≥ Vu (= 1227.859 kN) , 전단보강 불필요.

6) 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 37604.179 x 1000000 / [69095.400 x (3400.000 - 830.866/3)]
= 174.264 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x69095.400/3600.0 + 7x69095.400/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x3400.0/(7x69095.400)]
= 830.866 mm

사용철근량 = 69095.4 mm² (철근도심 : 200.0 mm)
1단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)
2단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)
3단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 174.26) - 2.5 x 84.00 = 241.90 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 174.26) = 361.52 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 241.90 mm 를 적용
S = 3600.00 / 29.0 EA = 124.14 ≤ Sa (= 241.90 mm) ∴ O.K

7) 수평력 검토에 의한 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 3172.145 x 1000000 / [13455.200 x (3500.000 - 402.585/3)]
= 70.044 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x13455.200/3600.0 + 7x13455.200/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x3500.0/(7x13455.200)]
= 402.585 mm

사용철근량 = 13455.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : H29 - 16.0 EA, H32 - 4.0 EA (= 13455.2 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 70.04) - 2.5 x 84.00 = 914.29 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 70.04) = 899.43 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 899.43 mm 를 적용
S = 3600.00 / 20.0 EA = 180.00 ≤ Sa (= 899.43 mm) ∴ O.K

8.2 내민보의 설계 : 우측 (절점 6)

1) 내민길이의 산정

: 원형이나 정다각형 기둥인 경우 내민 길이는 정사각형 기둥단면으로 치환하여 구한다. [도로교 설계기준 5.4.4.1]

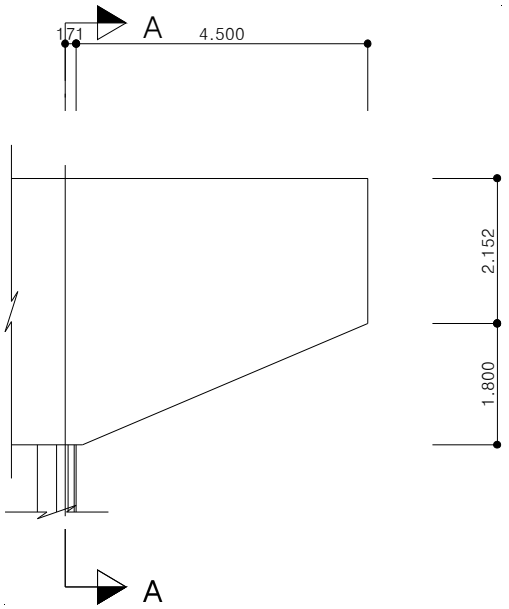
① 기둥의 단면적

$A = \pi \times 3.000^2 / 4 = 7.069\ m^2$

② 치환단면의 한변길이

$L = \sqrt{7.069} = 2.658\ m$

☞ 위험단면은 기둥끝단으로부터 0.171m(= 1.500 - 2.658/2)에 위치한다.



2) 브래킷 판정

① 위험단면에서의 작용력 : 『단면력 집계』 참조

Vu = 19283.438 kN - "ULO-01"

Mu = 50534.353 kN.m

Nu = 0.000 kN

② 브래킷 판정

a = 50534.353 / 19283.438 = 2.621 m

d = 3.600 - 0.200 = 3.400 m

a/d = 2.621 / 3.400 = 0.771 ≤ 1.0 ∴ 브래킷으로 검토

3) 브래킷 검토

* 단면제원 및 설계가정

fck=27MPa, fy=400MPa, Φ=0.80, Φf=0.80, Φv=0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	외단깊이(mm)	Vu(kN)
3600.0	3600.0	3400.0	100.0	2990.8	19283.4

a = 2620.609 mm, d = 3400.000 mm

a / d (= 0.771) ≤ 1 → Bracket으로 설계. [콘크리트 구조설계기준] 7.9.2

지압면의 외단깊이 ≥ 0.5d , 2990.796 mm ≥ 0.5 x 3400.000 mm ∴ O.K

① 설계 단면력 산정

Vu = 19283.438 kN

Nuc = 0.20 x 19283.438 = 3856.688 kN

Mu = Mu' + Nuc x (h - d)

= 50534.353 + 3856.688 x (3.600 - 3.400)

= 51305.691 kN.m

② 전단마찰철근(Avf)의 설계

: 전단마찰철근이 전단면에 수직인 경우 , [도로교 설계기준] 4.4.6.4

Vn_max ≤ 0.2 x fck x bo x d , 5.6 x bo x d

≤ 0.2 x 27 x 3600.000 x 3400.000 = 66096.000 kN

≤ 5.6 x 3600.000 x 3400.000 = 68544.000 kN

ΦVn_max = 0.80 x 66096.000 = 52876.800 kN ≥ Vu (=19283.438 kN) ∴ O.K

$$Avf = \frac{Vu}{\Phi v \times fy \times \mu}$$ (Φv=0.80, μ=1.4λ, λ=1.0 ; 일체로 친 보통 콘크리트)

= 19283438.000 / (0.80 x 400 x 1.4)

= 43043.388 mm²

③ 휨모멘트 철근(Af)의 설계

Mu = 50534.353 + 3856.688 x (3.600 - 3.400) = 51305.691 kN.m

$$a = \frac{Af \times fy}{0.85 \times fck \times B}$$

Mn = Mu / Φ = Af x fy x (d - a/2) → 위의 a를 대입하여 Af를 이차방정식으로 푼다.

$$Af = \frac{d - \sqrt{[d^2 - 4 \times Mu / (1.7 \times fck \times B \times \Phi)]}}{2 \times fy / (1.7 \times fck \times B)}$$

= 48970.043 mm²

④ 수평인장 철근(An)의 설계

Nuc = 0.20 x 19283.438 = 3856.688 kN

An = Nuc / (Φ x fy) = 12052.149 mm²

⑤ 주인장철근(As)의 산정

주인장철근의 단면적은 (Af + An)과 (2/3 Avf + An) 중 큰값을 취한다.

→ As = 61022.192 ㎟

As(min) = 0.04 x (fck / fy) x B x d

= 0.04 x (27 / 400) x 3600.000 x 3400.000

= 33048.000 ㎟

Use As = 69095.400 ㎟ (철근도심 200.00 mm)

1단 : H32-15.0EA + H32-14.0EA , d1 = 100.00 mm

2단 : H32-15.0EA + H32-14.0EA , d2 = 200.00 mm

3단 : H32-15.0EA + H32-14.0EA , d3 = 300.00 mm

Use As ≥ 61022.192 ㎟ , 33048.000 ㎟ ∴ O.K

⑥ 폐쇄 스터럽,띠철근(Ah)의 산정

Ah = 0.5 x (As - An) = 0.5 x (61022.192 - 12052.149)

= 24485.021 ㎟

사용철근량 (1단) : H29 - 6.0 EA = 3854.400 ㎟

철근의 배치 범위 : 2/3 d = 2/3 x 3400.00 = 2266.67 mm구간에 11.0 단 설치

▶ 사용철근량(11.0단) : H29 - 66.00 EA = 42398.400 ㎟ ≥ 24485.021 ㎟ ∴ O.K

4) 외측빔 검토 : 깊은보로 검토

: Ln이 부재깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재깊이의 2배거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어서 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용한다.

[콘크리트 구조설계기준 7.8.1.(1)]

a = 2.6 < 2d(=7.000) ∴ 깊은 보로 전단설계

- a/2 = 1.310 m (< d = 3.500 m) L 위험단면 위치
- Vu = 18737.279 kN - "UL0-03

부재번호 : 7 (I단 : 절점7, J단 : 절점8) 부재길이(L) : 2.400 m

Vui = -19158.132 kN (I단), Vuj = -18186.283 kN (J단)

검토위치(Lc) = 8.639 m (두부보 좌측단에서의 거리)

Vu = Vui + (Vuj - Vui)/L x (Lc - I단 좌표)

= -19158.132 + (-18186.283 - -19158.132)/2.400 x (8.639 - 7.600)

= -18737.279 kN

* 단면제원 및 설계가정

B(mm)	Ln(mm)	d(mm)	Vu(kN)	fck(MPa)	fy(MPa)
3600.00	5241.22	3400.00	18737.28	27.00	400.00

* 최대전단강도 검토

ΦMax Vn = Φ x 5 x √fck / 6 x b x d

= 0.80 x 5 x √27 / 6 x 3600.00 x 3400.00

= 42400.604 kN ≥ Vu(= 18737.279 kN) ∴ O.K

* 콘크리트의 전단강도

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 3400.00 = 8480.121 kN

< Vu (= 18737.279 kN) , 전단보강 필요.

* 전단철근의 전단강도

ⓐ 수직 전단철근

s = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Av = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0025 x b x s (=1800.000 mm²) ∴ O.K

ⓑ 수평 전단철근

sh = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Avh = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0015 x b x sh (=1080.000 mm²) ∴ O.K

→ Vs = [Av/s x (1+Ln/d)/12 + Avh/sh x (11-Ln/d)/12] x fy x d = 26209.920 kN

* 설계 전단강도

ΦVn = Φ x (Ss + Sc) = 0.80 x (26209.920 + 10600.151)

= 29448.057 kN ≥ Vu(= 18737.279 kN) ∴ O.K

5) 수평력에 의한 검토

- 교축방향 지진시 수평력과 두부보관성력으로 교축방향 모멘트를 산정

→ 두부보자중에의한 관성력 산정 : 설계수평진도 (Kh = 0.154 x 1.000 = 0.154)

w1 = 1.800 x 4.671 x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 116.532 kN

w2 = 1.800 x (4.671-0.271) / 2 x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 54.886 kN

w3 = 1.800 x (4.671-4.400) x 3.600 x 25.000 x 0.154 = 6.761 kN

Vc = 116.532 + 54.886 + 6.761 = 178.179 kN

Mc = 116.532 x 2.336 + 54.886 x 1.738 + 6.761 x 0.136 = 368.450 kN.m

Vu = 912.120 + 178.179(Vc)

= 1090.299 kN

Mu = 912.120 x 2.671 + 368.450(Mc)

= 2804.722 kN.m

* 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
3600.00	3600.00	3500.00	100.00	2804.72	1090.30

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 13455.200 x 400.00 = 5382080.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 3600.000 = 82620.000 x a

T = C 이므로, a = 65.143 mm, c = 65.143 / β1 = 65.143 / 0.85 = 76.638 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (3500.00 - 76.638) / 76.638 = 0.13401

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 2360.764 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 13455.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm) , [사용률 = 5.700]

1단 : H29 - 16.0 EA, H32 - 4.0 EA (= 13455.2 mm²)

* 철근비 검토

ρmin : 1.4 / fy = 0.00350

0.25 √fck / fy = 0.00325 , ρmin = 0.00350 적용

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00107

ρmax ≥ ρuse, As ≥ As(req) x 4/3 → 철근비 만족, ∴ O.K (콘.설 6.3.2)

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 65.143 mm

ΦMn = 0.85 x 13455.200 x 400 x (3500.00 - a/2) = 15862.682 kN.m

≥ Mu (= 2804.722 kN.m) ∴ O.K [안전률 5.656]

* 전단에 대한 검토 (d = 3500.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 3500.00 = 8729.536 kN

ΦVc/2 ≥ Vu (= 1090.299 kN) , 전단보강 불필요.

6) 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 35332.087 x 1000000 / [69095.400 x (3400.000 - 830.866/3)]
= 163.735 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x69095.400/3600.0 + 7x69095.400/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x3400.0/(7x69095.400)]
= 830.866 mm

사용철근량 = 69095.4 mm² (철근도심 : 200.0 mm)
1단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)
2단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)
3단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 163.74) - 2.5 x 84.00 = 270.96 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 163.74) = 384.77 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 270.96 mm 를 적용
S = 3600.00 / 29.0 EA = 124.14 ≤ Sa (= 270.96 mm) ∴ O.K

7) 수평력 검토에 의한 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 2804.722 x 1000000 / [13455.200 x (3500.000 - 402.585/3)]
= 61.931 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x13455.200/3600.0 + 7x13455.200/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x3500.0/(7x13455.200)]
= 402.585 mm

사용철근량 = 13455.2 mm² (철근도심 : 100.0 mm)
1단 : H29 - 16.0 EA, H32 - 4.0 EA (= 13455.2 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 61.93) - 2.5 x 84.00 = 1061.57 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 61.93) = 1017.25 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 1017.25 mm 를 적용
S = 3600.00 / 20.0 EA = 180.00 ≤ Sa (= 1017.25 mm) ∴ O.K

8.3 교량받침 위치 검토

1) 받침위치1(교량받침1) : UL0-02(절점 2)

: Ln이 부재깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재깊이의 2배거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어서 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용한다.

[콘크리트 구조설계기준 7.8.1.(1)]

a = 0.024 (485.00/20390.56) < 2d(=5.036) ∴ 깊은 보로 전단설계

* 단면제원 및 설계가정

B(mm)	Ln(mm)	d(mm)	Vu(kN)	fck(MPa)	fy(MPa)
3600.00	5257.13	2418.18	20390.56	27.00	400.00

* 최대전단강도 검토

ΦMax Vn = Φ x 5 x √fck / 6 x b x d

= 0.80 x 5 x √27 / 6 x 3600.00 x 2418.18

= 30156.579 kN ≥ Vu(= 20390.556 kN) ∴ O.K

* 콘크리트의 전단강도

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 2418.18 = 6031.316 kN

< Vu (= 20390.556 kN) , 전단보강 필요.

* 전단철근의 전단강도

ⓐ 수직 전단철근

s = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Av = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0025 x b x s (=1800.000 mm²) ∴ O.K

ⓑ 수평 전단철근

sh = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Avh = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0015 x b x sh (=1080.000 mm²) ∴ O.K

→ Vs = [Av/s x (1+Ln/d)/12 + Avh/sh x (11-Ln/d)/12] x fy x d = 18641.280 kN

* 설계 전단강도

ΦVn = Φ x (Ss + Sc) = 0.80 x (18641.280 + 7539.145)

= 20944.340 kN ≥ Vu(= 20390.556 kN) ∴ O.K

- 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1095.029 x 1000000 / [69095.400 x (2418.182 - 682.854/3)]
= 7.235 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]
= -7x69095.400/3600.0 + 7x69095.400/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x2418.2/(7x69095.400)]
= 682.854 mm

사용철근량 = 69095.4 mm² (철근도심 : 200.0 mm)
1단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)
2단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)
3단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 100.00 - 32/2 = 84.00 mm
여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)
Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 7.23) - 2.5 x 84.00 = 10675.04 mm
300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 7.23) = 8708.03 mm
습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 8708.03 mm 를 적용
S = 3600.00 / 29.0 EA = 124.14 ≤ Sa (= 8708.03 mm) ∴ O.K

2) 받침위치2(교량받침2) : UL0-01(절점 8)

: Ln이 부재깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재깊이의 2배거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어서 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용한다.
[콘크리트 구조설계기준 7.8.1.(1)]

a = 0.031 (567.37/18186.28) < 2d(=5.740) ∴ 깊은 보로 전단설계

* 단면제원 및 설계가정

B(mm)	Ln(mm)	d(mm)	Vu(kN)	fck(MPa)	fy(MPa)
3600.00	5241.22	2418.18	18186.28	27.00	400.00

* 최대전단강도 검토

ΦMax Vn = Φ x 5 x √fck / 6 x b x d

= 0.80 x 5 x √27 / 6 x 3600.00 x 2418.18

= 30156.579 kN ≥ Vu(= 18186.283 kN) ∴ O.K

* 콘크리트의 전단강도

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 3600.00 x 2418.18 = 6031.316 kN

< Vu (= 18186.283 kN) , 전단보강 필요.

* 전단철근의 전단강도

ⓐ 수직 전단철근

s = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Av = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0025 x b x s (=1800.000 mm²) ∴ O.K

ⓑ 수평 전단철근

sh = 200.00 mm ≤ d/5 또한 300 mm ∴ O.K

Avh = H29 - 6.0 EA (=3854.400 mm²) ≥ 0.0015 x b x sh (=1080.000 mm²) ∴ O.K

→ Vs = [Av/s x (1+Ln/d)/12 + Avh/sh x (11-Ln/d)/12] x fy x d = 18641.280 kN

* 설계 전단강도

ΦVn = Φ x (Ss + Sc) = 0.80 x (18641.280 + 7539.145)

= 20944.340 kN ≥ Vu(= 18186.283 kN) ∴ O.K

- 사용성 검토

① 응력 산정

fs = M / [As x (d - χ/3)] = 1904.549 x 1000000 / [69095.400 x (2418.182 - 682.854/3)]

= 12.583 MPa

χ = -nAs/b + nAs/b√[1 + 2bd/(nAs)]

= -7x69095.400/3600.0 + 7x69095.400/3600.0 x √[(1 + 2x3600.0x2418.2/(7x69095.400)]

= 682.854 mm

사용철근량 = 69095.4 mm² (철근도심 : 552.0 mm)

1단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)

2단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)

3단 : H32 - 29.0 EA (= 23031.8 mm²)

② 철근의 최대 중심간격

Cc = 452.00 - 32/2 = 436.00 mm

여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(mm)

Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 12.58) - 2.5 x 436.00 = 5168.40 mm

300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 12.58) = 5006.72 mm

습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

Sa는 작은 값인 5006.72 mm 를 적용

S = 3600.00 / 29.0 EA = 124.14 ≤ Sa (= 5006.72 mm) ∴ O.K

9. 기둥 설계

9.1 교축직각방향

1) 기둥부재력 집계 : 하단

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ(m)	비 고
UL001	-30587.328	-40728.147	3375.200	3375.200	0.000	0.00087	축력최대
UL002	-30587.328	-40608.715	-20663.434	-20663.434	0.000	-0.00530	모멘트최대
UL022	-23528.714	-23528.714	10478.640	17410.040	2053.800	0.01734	탄성설계
UL022	-23528.714	-23528.714	728.907	3039.373	2053.800	0.01734	소성설계
UE026	-21175.843	-21175.843	5094.019	12963.279	-1499.076	0.00258	편심최대

註) Pe : 장기지속축력 (= 고정하중에 의한 축력 x 고정하중계수)
Pu : 전체축력, M1, M2 : 기둥상단,하단 모멘트
Vu : 전단력, Δ : 기둥상단의 변위량
※ 소성설계시 지진시 모멘트에 대하여 응답수정계수(R=3.000)로 나눈 값을 적용한다

2) 기둥검토 요약

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.005	0.006	0.060	O.K	100340.338	40728.147	3375.200	2.464	O.K
모멘트최대	0.005	0.006	0.060	O.K	78279.021	40608.715	20663.434	1.928	O.K
탄성설계	0.005	0.006	0.060	O.K	84635.031	23528.714	17856.451	3.597	O.K
편심최대	0.005	0.006	0.060	O.K	69585.689	21175.843	13028.421	3.286	O.K

3) 기둥단면 검토

① 축력최대 : (부재 9, UL001)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	40728.147	3375.2	82.9

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 40728.147 x 0.00087 / (-0.000 x 8.000)

= 0.000

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 8.000 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 8.900 / 0.750

= 24.920 > 22.000 ∴ 장주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 8.900 m)

㉢ 모멘트 확대계수 산정

δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0

= 1 / (1 - 0.000)

= 1.000 ≤ 1.4 ∴ O.K 『콘크리트 구조설계기준』6.5.2

㉣ 확대 모멘트 산정

M1 = M1ns + δs x M1s

= 0.000 + 1.000 x 3375.200

= 3375.200 kN.m

M2 = M2ns + δs x M2s

= 0.000 + 1.000 x 3375.200

= 3375.200 kN.m

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 44968.00 ㎟ , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 ㎟), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2698658.031 ㎟

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 82.871 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 3241.85 mm, a = k1 x c = 2755.57 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 6796789.785 = 155986.326 kN

∑Csi = 11479.855 kN, ∑Tsi = 0.000 kN

Pn = 155986.326 + 11479.855 - 0.000 = 167466.181 kN

Mn = Cc x 1432.077 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 13878.708 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=82.875)| = 0.0033 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉳ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 3241.846 mm, a = k1 x c = 2755.569 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-3241.85) / 3241.85 = -0.00032

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉴ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN < Pn = 167466.181 kN

ΦPn = 0.70 x 143343.340 = 100340.338 kN ≥ Pu = 40728.147 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.083 = 8315.348 kN.m ≥ Mu = 3375.200 kN.m ∴ O.K

② 모멘트최대 : (부재 9, UL002)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70, Θ=-90.000도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	40608.715	20663.434	508.8

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 40608.715 x -0.00530 / (0.000 x 8.000)

= 0.000

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 8.000 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 8.900 / 0.750

= 24.920 > 22.000 ∴ 장주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 8.900 m)

㉢ 모멘트 확대계수 산정

δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0

= 1 / (1 - 0.000)

= 1.000 ≤ 1.4 ∴ O.K 『콘크리트 구조설계기준』6.5.2

㉣ 확대 모멘트 산정

M1 = M1ns + δs x M1s

= 0.000 + 1.000 x -20663.434

= -20663.434 kN.m

M2 = M2ns + δs x M2s

= 0.000 + 1.000 x -20663.434

= -20663.434 kN.m

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 44968.00 mm² , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2690744.434 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 508.842 mm)

㈐ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 2186.22 mm, a = k1 x c = 1858.29 mm 를 사용.

  Cc = 0.85 x 27.0 x 4599040.835 = 105547.987 kN

  ∑Csi = 8220.204 kN, ∑Tsi = 1941.018 kN

  Pn = 105547.987 + 8220.204 - 1941.018 = 111827.173 kN

  Mn = Cc x 1377.175 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 56902.314 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=508.842)| = 0.0008 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㈑ 강도감소계수(Φ) 산정

  dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

  c = 2186.223 mm, a = k1 x c = 1858.290 mm

  εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

  εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-2186.22) / 2186.22 = 0.00098

  εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㈒ 축방향력 및 휨에 대한 검토

  MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 111827.173 kN

  ΦPn = 0.70 x 111827.173 = 78279.021 kN ≥ Pu = 40608.715 kN ∴ O.K

  ΦMn = ΦPn x 0.509 = 39831.681 kN.m ≥ Mu = 20663.434 kN.m ∴ O.K

③ 탄성설계 : (부재 9, UL022)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=1.00

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	23528.714	17856.451	758.9

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 23528.714 x 0.01734 / (2053.800 x 8.000)

= 0.025

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 8.000 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 8.900 / 0.750

= 24.920 > 22.000 ∴ 장주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 8.900 m)

㉢ 모멘트 확대계수 산정

δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0

= 1 / (1 - 0.025)

= 1.026 ≤ 1.4 ∴ O.K 『콘크리트 구조설계기준』6.5.2

㉣ 확대 모멘트 산정

M1 = M1ns + δs x M1s

= 0.000 + 1.026 x 10478.640

= 10747.323 kN.m

M2 = M2ns + δs x M2s

= 0.000 + 1.026 x 17410.040

= 17856.451 kN.m

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 44968.00 ㎟ , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 ㎟), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1559018.950 ㎟

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 758.922 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1783.79 mm, a = k1 x c = 1516.22 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 3583100.882 = 82232.165 kN

∑Csi = 7136.874 kN, ∑Tsi = 4734.008 kN

Pn = 82232.165 + 7136.874 - 4734.008 = 84635.031 kN

Mn = Cc x 1386.010 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64231.543 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=758.924)| = 0.0022 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 84635.031 kN

ΦPn = 1.00 x 84635.031 = 84635.031 kN ≥ Pu = 23528.714 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.759 = 64231.360 kN.m ≥ Mu = 17856.451 kN.m ∴ O.K

④ 편심최대 : (부재 9, UE026)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	21175.843	13028.421	615.2

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 21175.843 x 0.00258 / (-1499.076 x 8.000)

= 0.005

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 8.000 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 8.900 / 0.750

= 24.920 > 22.000 ∴ 장주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 8.900 m)

㉢ 모멘트 확대계수 산정

δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0

= 1 / (1 - 0.005)

= 1.005 ≤ 1.4 ∴ O.K 『콘크리트 구조설계기준』6.5.2

㉣ 확대 모멘트 산정

M1 = M1ns + δs x M1s

= 0.000 + 1.005 x 5094.019

= 5119.617 kN.m

M2 = M2ns + δs x M2s

= 0.000 + 1.005 x 12963.279

= 13028.421 kN.m

㈐ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 44968.00 ㎟ , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 ㎟), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1403117.082 ㎟

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㈑ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 615.249 mm)

㈒ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1998.05 mm, a = k1 x c = 1698.34 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 4127741.017 = 94731.656 kN

∑Csi = 7713.711 kN, ∑Tsi = 3037.240 kN

Pn = 94731.656 + 7713.711 - 3037.240 = 99408.127 kN

Mn = Cc x 1380.092 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61160.584 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=615.247)| = 0.0019 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㈓ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1998.048 mm, a = k1 x c = 1698.341 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1998.05) / 1998.05 = 0.00135

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

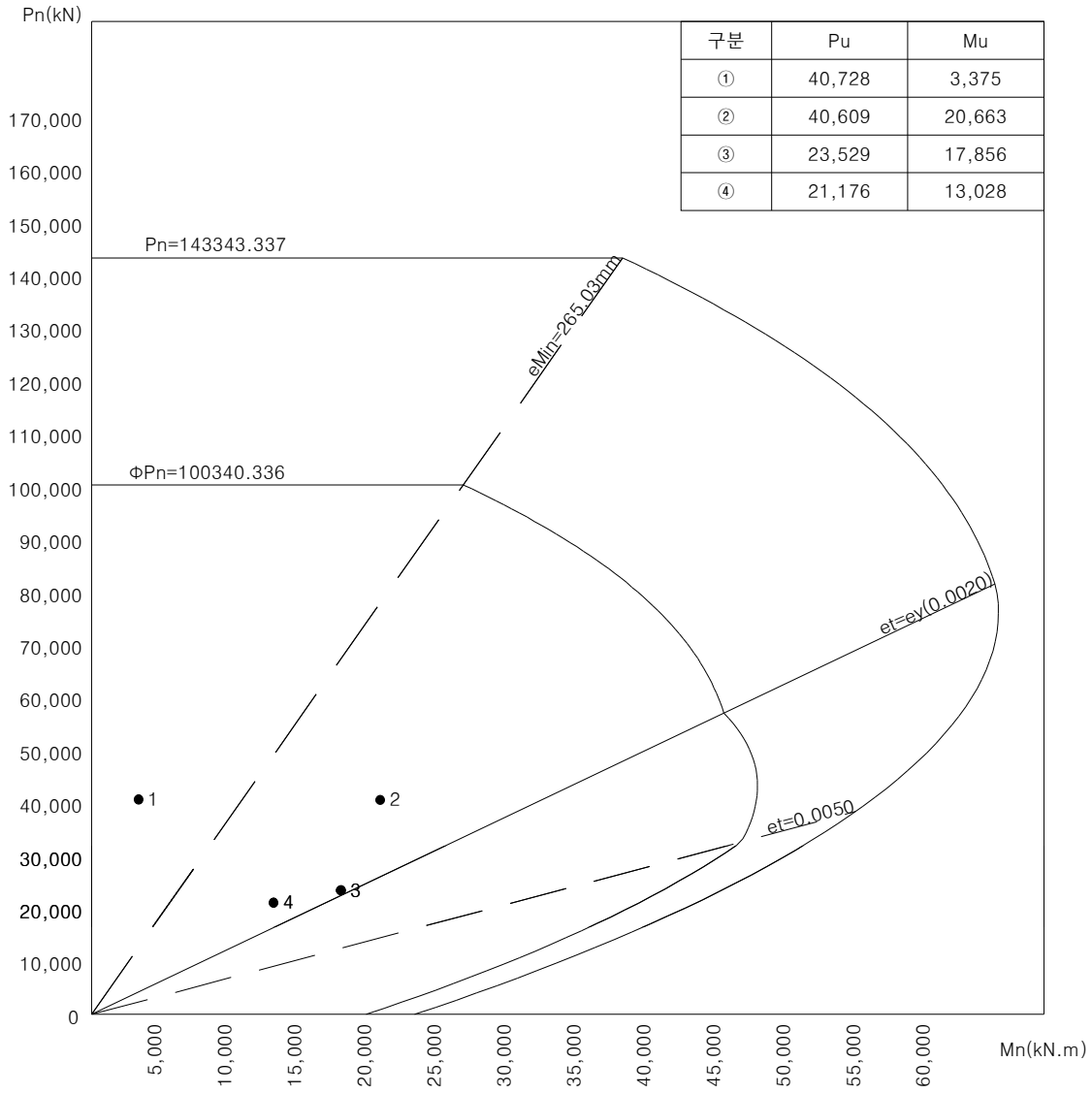
㈔ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 99408.127 kN

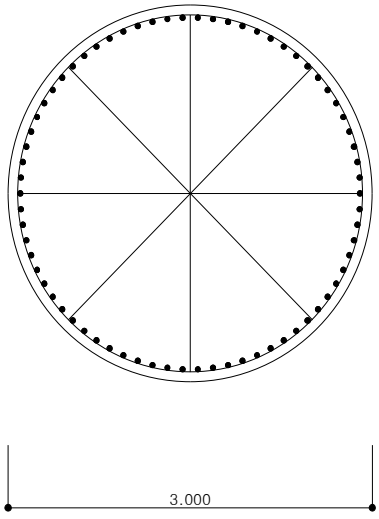
ΦPn = 0.70 x 99408.127 = 69585.689 kN ≥ Pu = 21175.843 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.615 = 42812.542 kN.m ≥ Mu = 13028.421 kN.m ∴ O.K

4) PM 상관도



구분	Pu	Mu
①	40,728	3,375
②	40,609	20,663
③	23,529	17,856
④	21,176	13,028



▣ 단면제원

R = 1500.000 mm
D = 2900.000 mm
Ag = 7068583.471 mm²
Aeff = 3534291.735 mm²

▣ 사용 철근

Ast = 44968.000 mm²
Puse = 0.00636
1단 : H29-70Ea

9.2 교축방향

1) 기둥부재력 집계 : 하단

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ(m)	비 고
ULB01	-30587.328	-40728.147	0.000	0.000	0.000	0.00000	축력최대
ULB08	-30587.328	-36718.986	-14990.468	-34368.386	3656.211	0.00699	모멘트최대
ULB22	-23528.714	-23528.714	9471.500	19220.900	2233.700	0.01400	탄성설계
ULB22	-23528.714	-23528.714	3157.167	6406.967	2233.700	0.01400	소성설계
UEB14	-22352.278	-22352.278	-14792.497	-34247.264	3685.617	0.00695	편심최대

註) Pe : 장기지속축력 (= 고정하중에 의한 축력 x 고정하중계수)

Pu : 전체축력, M1, M2 : 기둥상단,하단 모멘트

Vu : 전단력, Δ : 기둥상단의 변위량

※ 소성설계시 지진시 모멘트에 대하여 응답수정계수(R=3.000)로 나눈 값을 적용한다

2) 기둥검토 요약

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.005	0.006	0.060	O.K	100340.338	40728.147	0.000	2.464	O.K
모멘트최대	0.005	0.006	0.060	O.K	49893.911	36718.986	34680.511	1.359	O.K
탄성설계	0.005	0.006	0.060	O.K	77967.841	23528.714	19573.218	3.314	O.K
편심최대	0.005	0.006	0.060	O.K	28707.090	22352.278	34419.361	1.284	O.K

3) 기둥단면 검토

① 축력최대 : (부재 9, ULB01)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	40728.147	0	0

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 44968.00 mm² , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2698658.031 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 0.000 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 10875.00 mm, a = k1 x c = 9243.75 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 7069357.930 = 162241.764 kN

∑Csi = 16955.184 kN, ∑Tsi = 0.000 kN

Pn = 162241.764 + 16955.184 - 0.000 = 179196.949 kN

Mn = Cc x 4621.875 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = -0.000 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=-0.000)| = 0.0000 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 10875.000 mm, a = k1 x c = 9243.750 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-10875.00) / 10875.00 = -0.00220

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN < Pn = 179196.949 kN

ΦPn = 0.70 x 143343.340 = 100340.338 kN ≥ Pu = 40728.147 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.000 = 0.000 kN.m ≥ Mu = 0.000 kN.m ∴ O.K

② 모멘트최대 : (부재 9, ULB08)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	36718.986	34680.511	944.5

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 36718.986 x 0.00699 / (3656.211 x 8.000)

= 0.009

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 8.000 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 8.900 / 0.750

= 24.920 > 22.000 ∴ 장주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 8.900 m)

㉢ 모멘트 확대계수 산정

δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0

= 1 / (1 - 0.009)

= 1.009 ≤ 1.4 ∴ O.K 『콘크리트 구조설계기준』6.5.2

㉣ 확대 모멘트 산정

M1 = M1ns + δs x M1s

= 0.000 + 1.009 x -14990.468

= -15126.607 kN.m

M2 = M2ns + δs x M2s

= 0.000 + 1.009 x -34368.386

= -34680.511 kN.m

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 44968.00 ㎟ , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 ㎟), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2433009.939 ㎟

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 944.484 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1544.43 mm, a = k1 x c = 1312.76 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 2974149.351 = 68256.728 kN

∑Csi = 6504.031 kN, ∑Tsi = 6567.838 kN

Pn = 68256.728 + 6504.031 - 6567.838 = 68192.921 kN

Mn = Cc x 1395.345 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64407.547 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=944.490)| = 0.0058 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉳ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1544.425 mm, a = k1 x c = 1312.761 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1544.43) / 1544.43 = 0.00263

εy < εt < 0.00500 이므로 변화구간단면이며, Φ = 0.73 를 적용한다.

Φ = 0.700 + (0.0026-0.0020) x (0.850-0.700) / (0.00500-0.00200) = 0.732

㉴ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 68192.921 kN

ΦPn = 0.73 x 68192.921 = 49893.911 kN ≥ Pu = 36718.986 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.944 = 47124.022 kN.m ≥ Mu = 34680.511 kN.m ∴ O.K

③ 탄성설계 : (부재 9, ULB22)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=1.00

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	23528.714	19573.218	831.9

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 23528.714 x 0.01400 / (2233.700 x 8.000)

= 0.018

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 8.000 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 8.900 / 0.750

= 24.920 > 22.000 ∴ 장주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 8.900 m)

㉢ 모멘트 확대계수 산정

δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0

= 1 / (1 - 0.018)

= 1.018 ≤ 1.4 ∴ O.K 『콘크리트 구조설계기준』6.5.2

㉣ 확대 모멘트 산정

M1 = M1ns + δs x M1s

= 0.000 + 1.018 x 9471.500

= 9645.112 kN.m

M2 = M2ns + δs x M2s

= 0.000 + 1.018 x 19220.900

= 19573.218 kN.m

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 44968.00 ㎟ , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 ㎟), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1559018.950 ㎟

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 831.886 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1688.43 mm, a = k1 x c = 1435.17 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 3339983.664 = 76652.625 kN

∑Csi = 6894.542 kN, ∑Tsi = 5579.327 kN

Pn = 76652.625 + 6894.542 - 5579.327 = 77967.841 kN

Mn = Cc x 1389.412 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64860.661 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=831.890)| = 0.0035 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 77967.841 kN

ΦPn = 1.00 x 77967.841 = 77967.841 kN ≥ Pu = 23528.714 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.832 = 64860.389 kN.m ≥ Mu = 19573.218 kN.m ∴ O.K

④ 편심최대 : (부재 9, UEB14)

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	22352.278	34419.361	1539.9

㉯ 압축부재의 장주효과

㉠ 층 안정지수 산정

Q = ∑Pu*Δ / (Vu*Lc)

= 22352.278 x 0.00695 / (3685.617 x 8.000)

= 0.005

여기서, ∑Pu : 층전체의 수직하중

Δ : 층상단의 상대변위

Vu : 층전단력

Lc : 절점을 중심으로 측정된 기둥의 길이(= 8.000 m)

㉡ 세장비 검토

횡구속이 없는 일단고정,타단자유의 압축부재이므로, k = 2.100

세장비 λ = k × Lu/r ≤ 22

= 2.100 × 8.900 / 0.750

= 24.920 > 22.000 ∴ 장주

여기서, r = √(I/A) = 0.750 : 부재단면의 최소회전반경

Lu : 압축부재의 비지지길이(= 8.900 m)

㉢ 모멘트 확대계수 산정

δs = 1 / (1 - Q) ≥ 1.0

= 1 / (1 - 0.005)

= 1.005 ≤ 1.4 ∴ O.K 『콘크리트 구조설계기준』6.5.2

㉣ 확대 모멘트 산정

M1 = M1ns + δs x M1s

= 0.000 + 1.005 x -14792.497

= -14866.831 kN.m

M2 = M2ns + δs x M2s

= 0.000 + 1.005 x -34247.264

= -34419.361 kN.m

㉰ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 ㎟ , Ast = 44968.00 ㎟ , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 ㎟), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1481067.983 ㎟

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 ㎟)이어야 하므로 3534291.735 ㎟ 를 적용.

㉱ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 1539.859 mm)

㉲ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1011.73 mm, a = k1 x c = 859.97 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 1674233.881 = 38423.668 kN

∑Csi = 4958.000 kN, ∑Tsi = 9608.620 kN

Pn = 38423.668 + 4958.000 - 9608.620 = 33773.048 kN

Mn = Cc x 1424.182 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 52005.444 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=1539.850)| = 0.0087 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉳ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1011.732 mm, a = k1 x c = 859.972 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1011.73) / 1011.73 = 0.00560

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

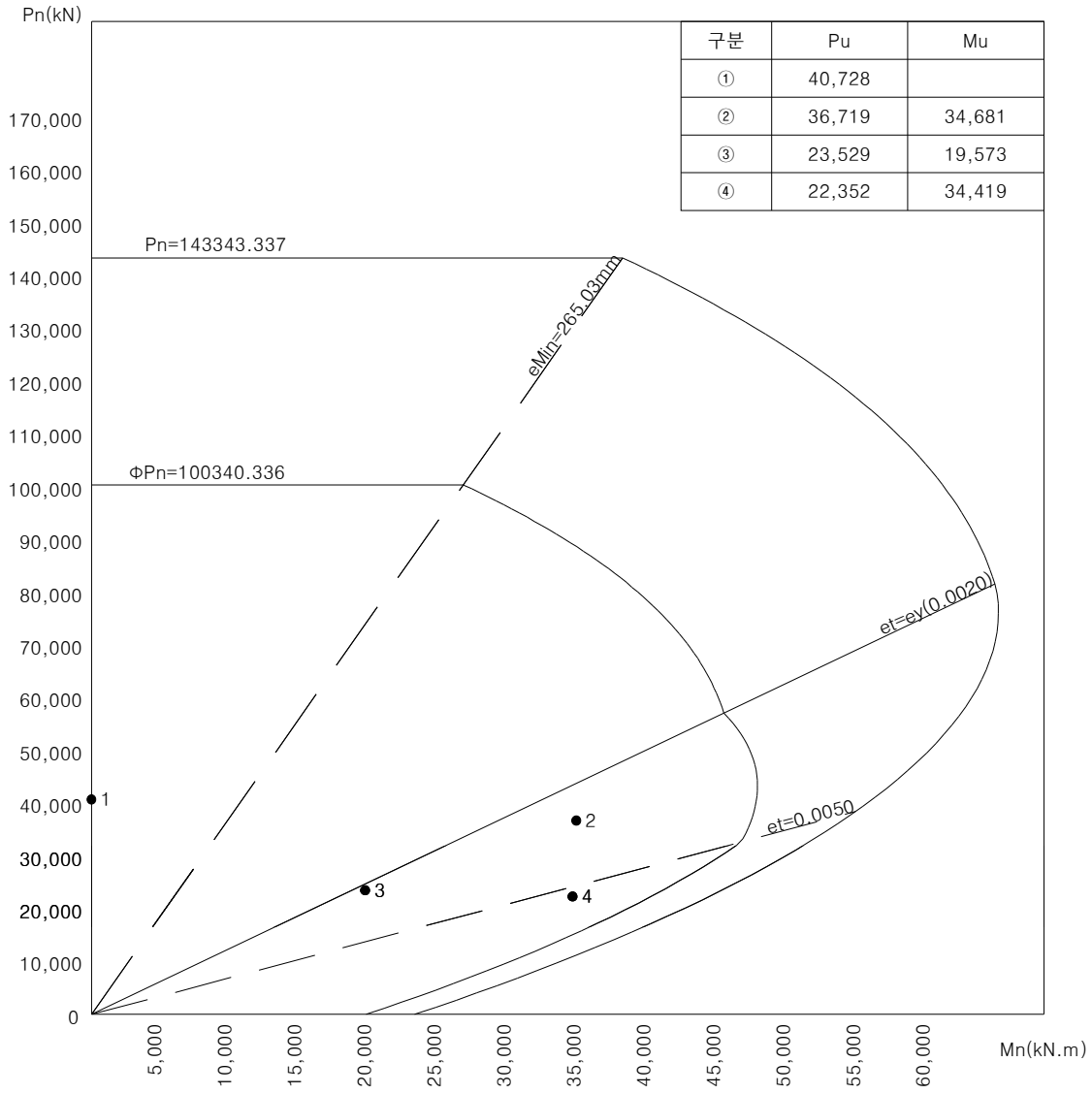
㉴ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 33773.048 kN

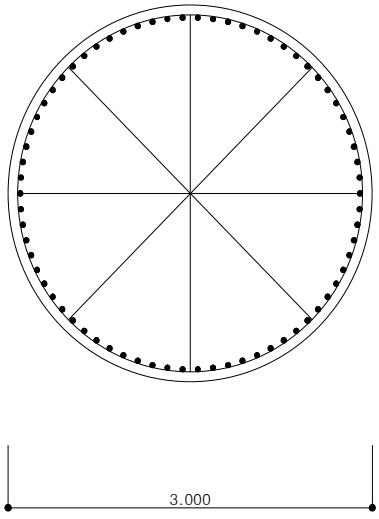
ΦPn = 0.85 x 33773.048 = 28707.090 kN ≥ Pu = 22352.278 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 1.540 = 44204.877 kN.m ≥ Mu = 34419.361 kN.m ∴ O.K

4) PM 상관도



구분	Pu	Mu
①	40,728	
②	36,719	34,681
③	23,529	19,573
④	22,352	34,419



▣ 단면제원

R = 1500.000 mm
D = 2900.000 mm
Ag = 7068583.471 mm²
Aeff = 3534291.735 mm²

▣ 사용 철근

Ast = 44968.000 mm²
Puse = 0.00636
1단 : H29-70Ea

9.3 합성부재력 검토

1) 기둥부재력 집계 : 하단

구 분	Pu(kN)	Mx(kN.m)	My(kN.m)	M2(kN.m)	비 고
UL01	-40728.147	0.000	3375.200	3375.200	축력최대
UL08	-36718.986	-34680.511	-90.012	34680.627	모멘트최대
UL22	-23528.714	11102.359	17410.040	20648.774	탄성설계
UL22	-23528.714	3700.790	3039.373	4788.907	소성설계
UE14	-22352.278	-34419.361	13519.187	36979.194	편심최대
UL02	-40608.715	0.000	-20663.434	20663.434	모멘트최대
UE26	-21175.843	-1157.339	13028.421	13079.724	편심최대

註) Pu : 축력, Mx : 교축방향 모멘트, My : 교축직각방향 모멘트

Mx,My는 확대 모멘트 값을 사용한다, $M2 = \sqrt{(Mx^2 + My^2)}$

※ 지진시의 조합은 교축직각방향의 부재력을 사용한다.

조합시 교축방향은 내진해석에서 얻은 10824.800 kN.m를 사용하며,

교축직각방향 기둥검토시의 모멘트 확대계수를 적용한다.

Mx = 10824.800 x 1.026 = 11102.359 kN.m, 2) 교축직각방향 참조

- 지진시 모멘트(=10824.800) : [5. 하중계산] - 지진에의한 하중 참조

2) 기둥검토 요약

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ΦPn	Pu	Mu	안전도	비 고
축력최대	0.005	0.006	0.060	O.K	100340.338	40728.147	3375.200	2.464	O.K
모멘트최대	0.005	0.006	0.060	O.K	49893.911	36718.986	34680.627	1.359	O.K
탄성설계	0.005	0.006	0.060	O.K	73890.460	23528.714	20648.774	3.140	O.K
편심최대	0.005	0.006	0.060	O.K	25499.218	22352.278	36979.194	1.141	O.K
모멘트최대	0.005	0.006	0.060	O.K	78279.021	40608.715	20663.434	1.928	O.K
편심최대	0.005	0.006	0.060	O.K	69397.134	21175.843	13079.724	3.277	O.K

3) 기둥단면 검토

① 축력최대 : (부재 9, UL001)

【 원형기둥 : 하부 , 1/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	40728.147	3375.2	82.9

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 44968.00 mm² , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2698658.031 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 82.871 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 3241.85 mm, a = k1 x c = 2755.57 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 6796789.785 = 155986.326 kN

∑Csi = 11479.855 kN, ∑Tsi = 0.000 kN

Pn = 155986.326 + 11479.855 - 0.000 = 167466.181 kN

Mn = Cc x 1432.077 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 13878.708 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=82.875)| = 0.0033 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 3241.846 mm, a = k1 x c = 2755.569 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-3241.85) / 3241.85 = -0.00032

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN < Pn = 167466.181 kN

ΦPn = 0.70 x 143343.340 = 100340.338 kN ≥ Pu = 40728.147 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.083 = 8315.348 kN.m ≥ Mu = 3375.200 kN.m ∴ O.K

② 모멘트최대 : (부재 9, UL008)

【 원형기둥 : 하부 , 2/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70, θ=0.149도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	36718.986	34680.627	944.5

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 44968.00 mm² , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2433009.939 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 944.488 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1544.43 mm, a = k1 x c = 1312.76 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 2974149.351 = 68256.728 kN

∑Csi = 6504.031 kN, ∑Tsi = 6567.838 kN

Pn = 68256.728 + 6504.031 - 6567.838 = 68192.921 kN

Mn = Cc x 1395.345 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64407.547 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=944.490)| = 0.0026 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1544.425 mm, a = k1 x c = 1312.761 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1544.43) / 1544.43 = 0.00263

εy < εt < 0.00500 이므로 변화구간단면이며, Φ = 0.73 를 적용한다.

Φ = 0.700 + (0.0026-0.0020) x (0.850-0.700) / (0.00500-0.00200) = 0.732

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 68192.921 kN

ΦPn = 0.73 x 68192.921 = 49893.911 kN ≥ Pu = 36718.986 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.944 = 47124.181 kN.m ≥ Mu = 34680.627 kN.m ∴ O.K

③ 탄성설계 : (부재 9, UL022)

【 원형기둥 : 하부 , 3/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=1.00, θ=57.474도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	23528.714	20648.774	877.6

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 44968.00 mm² , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1559018.950 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 877.599 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1628.97 mm, a = k1 x c = 1384.63 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 3188630.784 = 73179.076 kN

∑Csi = 6714.283 kN, ∑Tsi = 6002.900 kN

Pn = 73179.076 + 6714.283 - 6002.900 = 73890.460 kN

Mn = Cc x 1391.751 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64846.188 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=877.599)| = 0.0000 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 73890.460 kN

ΦPn = 1.00 x 73890.460 = 73890.460 kN ≥ Pu = 23528.714 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.878 = 64846.188 kN.m ≥ Mu = 20648.774 kN.m ∴ O.K

④ 편심최대 : (부재 9, UE014)

【 원형기둥 : 하부 , 5/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70, θ=-21.444도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	22352.278	36979.194	1654.4

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 44968.00 mm² , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1481067.983 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb < e → 인장 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 1654.381 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 950.33 mm, a = k1 x c = 807.78 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 1533960.523 = 35204.394 kN

∑Csi = 4754.952 kN, ∑Tsi = 9960.266 kN

Pn = 35204.394 + 4754.952 - 9960.266 = 29999.080 kN

Mn = Cc x 1428.094 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 49629.817 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=1654.378)| = 0.0035 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 950.335 mm, a = k1 x c = 807.784 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-950.33) / 950.33 = 0.00615

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 29999.080 kN

ΦPn = 0.85 x 29999.080 = 25499.218 kN ≥ Pu = 22352.278 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 1.654 = 42185.433 kN.m ≥ Mu = 36979.194 kN.m ∴ O.K

⑤ 모멘트최대 : (부재 9, UL002)

【 원형기둥 : 하부 , 6/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70, θ=-90.000도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	40608.715	20663.434	508.8

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 44968.00 mm² , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 2690744.434 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 508.842 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 2186.22 mm, a = k1 x c = 1858.29 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 4599040.835 = 105547.987 kN

∑Csi = 8220.204 kN, ∑Tsi = 1941.018 kN

Pn = 105547.987 + 8220.204 - 1941.018 = 111827.173 kN

Mn = Cc x 1377.175 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 56902.314 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=508.842)| = 0.0008 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 2186.223 mm, a = k1 x c = 1858.290 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-2186.22) / 2186.22 = 0.00098

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 111827.173 kN

ΦPn = 0.70 x 111827.173 = 78279.021 kN ≥ Pu = 40608.715 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.509 = 39831.681 kN.m ≥ Mu = 20663.434 kN.m ∴ O.K

⑥ 편심최대 : (부재 9, UE026)

【 원형기둥 : 하부 , 7/7 】

㉮ 설계조건 및 단면가정

fck=27MPa, fy=400MPa, k1=0.85, Φc=0.70, θ=-84.924도(중립축각도)

D(mm)	피복(mm)	d(mm)	Pu(kN)	Mu(kN.m)	e(mm)
3000	100	2,900	21175.843	13079.724	617.7

㉯ 철근비 검토

Ag = 7068583.47 mm² , Ast = 44968.00 mm² , Puse = 0.00636

- 1단 : H29 - 70EA (As=44968.000 mm²), d1 = 100.000 mm

ρmin (= 0.0050) ≤ ρuse (= 0.0064) ≤ ρmax (= 0.0600) ∴ O.K

ρmin = 0.010 x Aeff / Ag , Aeff = Pu / {Ψ0.80(0.85*fck+0.01*fy)} = 1403117.082 mm²

Aeff는 ≥ ½Ag (= 3534291.735 mm²)이어야 하므로 3534291.735 mm² 를 적용.

㉰ 평형하중 산정

cb = 600 / (600 + fy) x d = 1740.00 mm, ab = k1 x cb = 1479.00 mm

Cc = 0.85 x 27.0 x 3471427.817 = 79669.268 kN, ∑Csi = 7040.401 kN, ∑Tsi = 5148.599 kN

Pb = 79669.268 + 7040.401 - 5148.599 = 81561.070 kN

Mb = Cc x 1387.518 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 64632.768 kN.m

eb > e → 압축 파괴 (eb = Mb/Pb = 792.446 mm, e = Mu/Pu = 617.672 mm)

㉱ 공칭강도 산정

- 반복시산법을 이용하여 c = 1994.07 mm, a = k1 x c = 1694.96 mm 를 사용.

Cc = 0.85 x 27.0 x 4117672.671 = 94500.588 kN

∑Csi = 7701.497 kN, ∑Tsi = 3063.321 kN

Pn = 94500.588 + 7701.497 - 3063.321 = 99138.763 kN

Mn = Cc x 1380.178 + ∑(Csi*di) + ∑(Tsi*di) = 61234.874 kN.m

- 편심오차 : |e - Mn/Pn(=617.668)| = 0.0036 ≤ 0.010 ∴ 허용오차 만족

㉲ 강도감소계수(Φ) 산정

dt = 3000.00 - 100.00 = 2900.000 mm

c = 1994.065 mm, a = k1 x c = 1694.955 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt-c) / c = 0.00300 x (2900.00-1994.07) / 1994.07 = 0.00136

εt ≤ εy 이므로 압축지배단면이며, Φ = 0.70 를 적용한다.

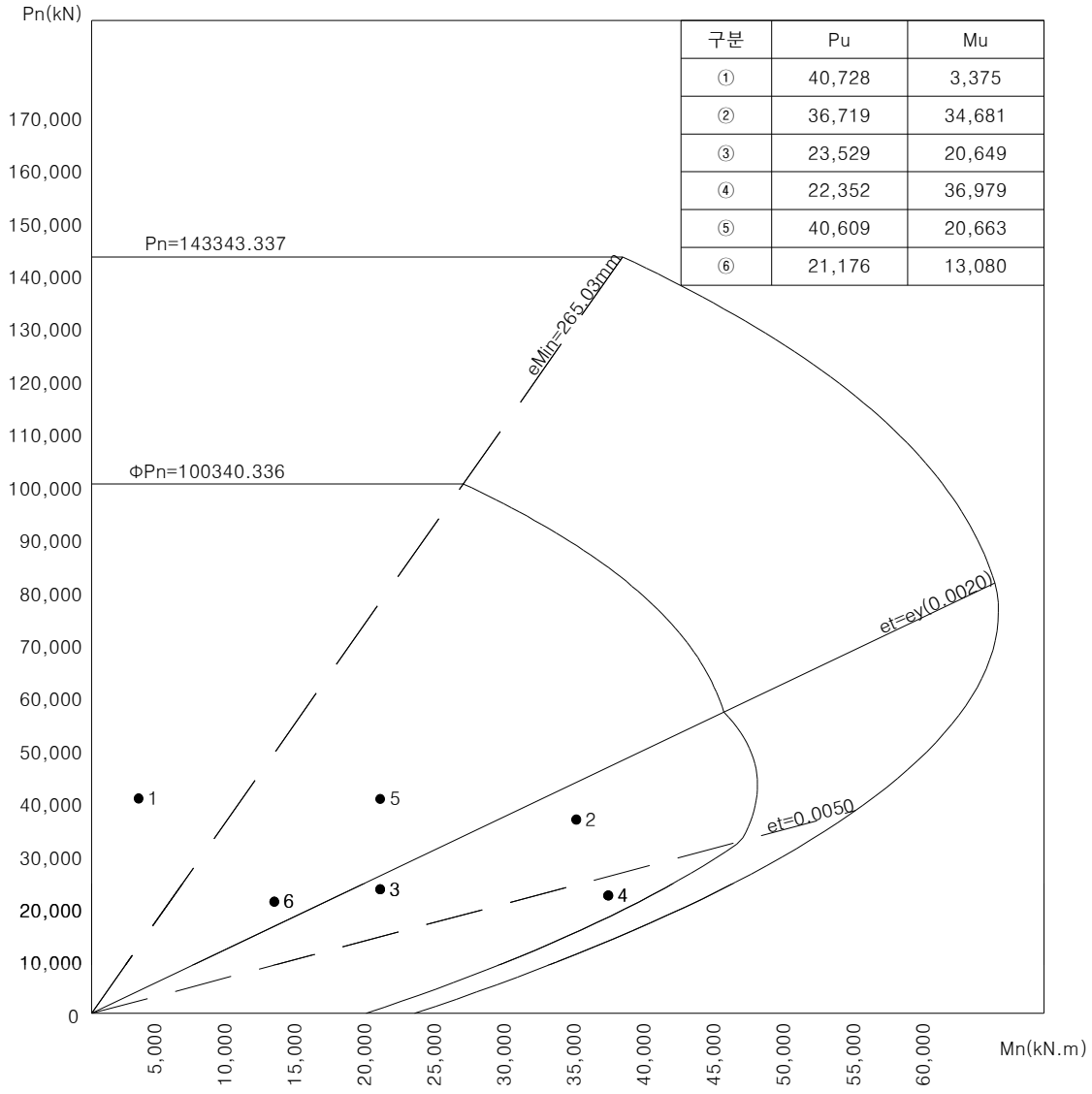
㉳ 축방향력 및 휨에 대한 검토

MaxPn = 0.80 x {0.85 fck*(Ag-Ast) + fy*Ast} = 143343.340 kN ≥ Pn = 99138.763 kN

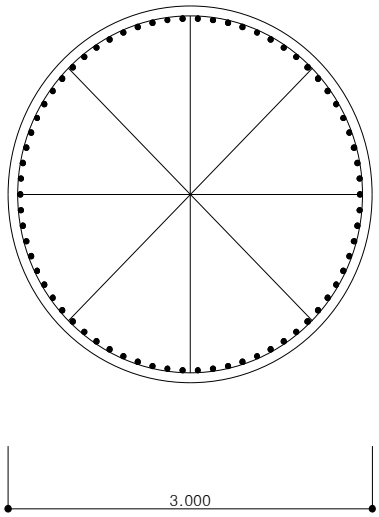
ΦPn = 0.70 x 99138.763 = 69397.134 kN ≥ Pu = 21175.843 kN ∴ O.K

ΦMn = ΦPn x 0.618 = 42864.664 kN.m ≥ Mu = 13079.724 kN.m ∴ O.K

4) PM 상관도



구분	Pu	Mu
①	40,728	3,375
②	36,719	34,681
③	23,529	20,649
④	22,352	36,979
⑤	40,609	20,663
⑥	21,176	13,080



▣ 단면제원

R = 1500.000 mm
D = 2900.000 mm
Ag = 7068583.471 mm²
Aeff = 3534291.735 mm²

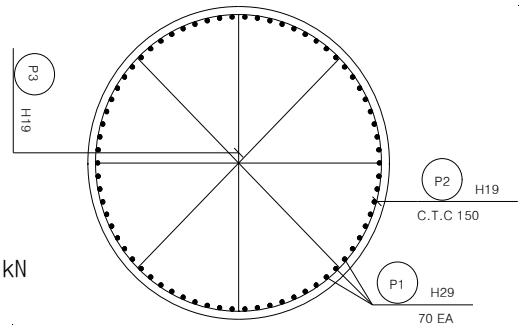
▣ 사용 철근

Ast = 44968.000 mm²
Puse = 0.00636
1단 : H29-70Ea

9.4 상시 전단설계

(1) 기둥에 발생하는 최대전단력 : ULB14 MAX,『기둥부재력 집계』참조

교축방향	V = 3685.617 kN
교축직각방향	V = 0.000 kN
합성전단력	V = 3685.617 kN
축방향력	P = 29410.893 kN



(2) 공칭전단력 Vn = Vc + Vs (Φ = 0.80)

Vn = Vmax / Φ = 3685.617 / 0.80 = 4607.021 kN

(3) 압축부재에 의한 콘크리트 전단 Vc 및 필요철근 전단 Vs

① 인장철근들의 도심과 압축연단까지의 d

h = 3000.000 mm d' = 100.000 mm

Zs = ∑(인장철근들의 면적 x 거리) / ∑(면적)

= 865.928 mm

d = h/2 + Zs

= 3000.000/2 + 865.928

= 2365.928 mm

② 압축부재의 콘크리트 전단력 Vc

Vc = 1/6 x (1 + Nu / 14Ag) x √(fck) x b x d

= 1/6 x { 1 + 29410.893 x 1000 / (14 x 7068583.471) } x √27.0 x 3000.000 x 2365.928

= 7973.705 kN

③ 필요철근 전단력 Vs

Vc/2 = 3986.853 kN < Vn ≤ Vc = 7973.705 ∴ 최소 전단 철근 필요

(4) 필요철근량 계산 Av

Av1 = 0.0625 x √27.0 x B x s / fy = 365.354 mm²

Av2 = 0.35 x B x s / fy = 393.750 mm²

Av = MAX(Av1, Av2) = 393.750 mm²

띠철근의 수직 간격 S = 150.0 mm, d = 2365.928 mm, fy = 400.0 MPa

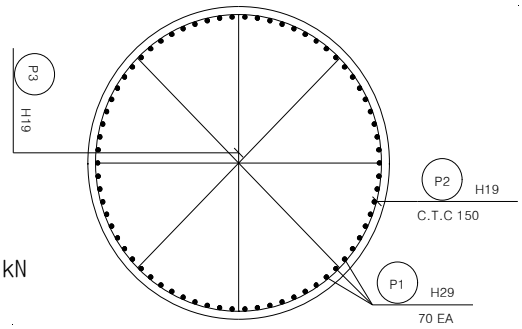
사용철근량 : H19 x 2EA = 573.000 mm²

→ 573.000 mm² ≥ 393.750 mm² ∴ O.K

9.5 지진시 전단설계

(1) 기둥에 발생하는 최대전단력 : ULB22 MAX,『기둥부재력 집계』참조

교축방향	V = 2233.700 kN
교축직각방향	V = 999.600 kN
합성전단력	V = 2447.165 kN
축방향력	P = 23528.714 kN



(2) 공칭전단력 Vn = Vc + Vs (Φ = 1.00)

Vn = Vmax / Φ = 2447.165 / 1.00 = 2447.165 kN

(3) 압축부재에 의한 콘크리트 전단 Vc 및 필요철근 전단 Vs

① 인장철근들의 도심과 압축연단까지의 d

h = 3000.000 mm d' = 100.000 mm

Zs = ∑(인장철근들의 면적 x 거리) / ∑(면적)

= 865.928 mm

d = h/2 + Zs

= 3000.000/2 + 865.928

= 2365.928 mm

② 압축부재의 콘크리트 전단력 Vc

Vc = 1/6 x (1 + Pu / 14Ag) x √(fck) x b x d

= 1/6 x { 1 + 23528.714 x 1000 / (14 x 7068583.471) } x √27.0 x 3000.000 x 2365.928

= 7608.337 kN

③ 필요철근 전단력 Vs

Vc/2 = 3804.168 kN ≥ Vn ≤ Vc = 7608.337 ∴ 전단 철근 필요 없음

9.6 기둥의 횡방향 철근 간격 검토

① 단부구역과 소성힌지구역의 심부구속 철근의 설치 [도로교설계기준 6.8.3.2]
캔틸레버로 거동하는 기둥의 하단과 골조로 거동하는 기둥의 하단과 상단을 단부구역으로 한다.
단부구역의 길이는 기둥의 최대 단면치수, 기둥 순높이의 1/6,
450㎜ 중 가장 큰 값 이상이어야 한다.
- 기둥의 최대단면치수 D = 3000.0 ㎜
- 기둥 순높이의 1/6 = 5300.0 / 6 = 883.3 ㎜
∴ 3000.0 ㎜ = 3.000 m

② 단부구역 및 소성힌지구역의 횡방향철근의 간격 [도로교설계기준 6.8.3.3]
횡방향철근의 간격은 부재최소단면치수의 1/4, 축방향 철근지름의 6배 이하이어야 한다.
- 기둥의 최소단면치수 D / 4 = 3000.0 / 4 = 750.0 ㎜
- 축방향 철근지름 6 x d = 6 x 29.0 = 174.0 ㎜
∴ 174.0 ㎜ = 0.174 m

③ 심부구속 및 단부구역의 횡방향 철근의 설치 [도로교설계기준 6.8.3.3]
심부구속 및 단부구역의 횡방향 철근은 인접부재와의 연결면으로부터 기둥 치수의
0.5배까지 연장해서 설치해야 하나 그 길이가 380 ㎜ 작아서는 안된다.
- 기둥 치수의 0.5배 이상 연장 : 0.5 x D = 1500.0 ㎜
∴ 1500.0 ㎜ = 1.500 m

④ 단부구역 이외의 위치에서 겹침이음 적용시 횡방향 철근의 간격 [도로교설계기준 6.8.3.3]
- 기둥의 최소단면치수 D / 4 = 3000.0 / 4 = 750.0 ㎜
- 100.0 ㎜
∴ 750.0 ㎜ = 0.750 m

10. 기 초 설 계

10.1 교축직각방향

1) 기초 안정검토

① 기초 중앙작용력 산정

구 분	P(kN)	Vx(kN)	My(kN)	∑V(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	비 고
SV005	28245.374	755.865	8850.099	33584.349	139375.048	11193.281	축력최대
SV002	28189.824	0.000	-11250.000	33528.799	139144.516	11250.000	모멘트최대
SV026	23528.714	1249.230	9766.243	28867.689	119800.909	13638.856	편심최대
SV022	23528.714	2053.800	17410.040	28867.689	119800.909	23776.820	지진시

註) 기초중앙의 부재력은 기둥의 부재력을 합산한 값을 사용한다.

$\sum V = P + W$, $W = 8.300 \times 8.300 \times 3.100 \times 25.000 = 5338.975$ kN

$Mr = \sum V \times B/2$, $B = 8.300$ m

$My = M + P \times e$, $e = -0.000$ m

$Mo = |My + Vx \times h|$, $h = 3.100$ mm

※ 지진시의 부재력은 탄성설계를 적용한 값을 사용한다.

② 전도에 대한 안정

- 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 평상시에는 바닥판 중심으로부터 바닥판 폭의1/6이내, 지진시와 폭풍시에는 바닥판 폭의 1/3이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]
- 평상시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다.
- 지진시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 1.5배 이상이어야 한다.

구 분	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	V(kN)	S.F	e(m)	허용폭(m)	비고
SV005	139375.048	11193.281	33584.349	12.452	0.333	1.383	O.K
SV002	139144.516	11250.000	33528.799	12.368	0.336	1.383	O.K
SV026	119800.909	13638.856	28867.689	8.784	0.472	1.383	O.K
SV022	119800.909	23776.820	28867.689	5.039	0.824	2.767	O.K

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), $M = Mr - Mo$, $e = B/2 - M/V$

$S.F = Mr/Mo \geq 2.00$ (평상시), ≥ 1.50 (지진시), ≥ 1.50 (폭풍시)

③ 활동에 대한 안정

직접기초 바닥면에서의 전단지반반력은 바닥면 아래 기초지반의 허용전단저항력 이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]

$$H_u = C_b A + V \tan \phi_b$$

Hu : 기초저면과 지반과의 사이에 작용하는 전단 저항력(kN)

Cb : 기초저면과 지반과의 부착력(kN/㎡)

Φb : 기초저면과 지반과의 마찰각(degree)

A' : 기초저면의 유효재하면적(㎡)

V : 기초저면에 작용하는 연직하중(kN), 다만 부력을 뺀 값으로 한다.

구 분	V(kN)	Hu(kN)	H(kN)	S.F	허용안전률	비고
SV005	33584.349	20150.609	755.865	26.659	1.500	O.K
SV002	33528.799	20117.279	0.000	∞	1.500	O.K
SV026	28867.689	17320.613	1249.230	13.865	1.500	O.K
SV022	28867.689	17320.613	2053.800	8.433	1.200	O.K

註) tanΦb = 0.600, Cb = 0, 암과 콘크리트 [도로설계편람 509-22]

S.F = Hu/H ≥ 1.50 (평상시), ≥ 1.20 (지진시), ≥ 1.20 (폭풍시)

④ 지지력에 대한 안정

직접기초 바닥면에서의 연직지반반력은 기초 바닥아래 지지지반의 허용연직지지력이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN)	Qmin(kN)	비고
SV005	33584.349	128181.768	0.333	604.963	370.051	O.K
SV002	33528.799	127894.516	0.336	604.751	368.650	O.K
SV026	28867.689	106162.053	0.472	562.159	275.922	O.K
SV022	28867.689	96024.089	0.824	668.540	169.540	O.K

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{\max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{\min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우SV005, SV002, SV026, SV022

※ 허용지지력은 ⑤에서 계산된 값과 기초의 최대허용지지력중 작은 값을 사용한다.

⑤ 지반의 허용연직지지력 산정 : Hansen식 사용

Qu = A' [c Nc sc dc ic gc bc + q Nq sq dq iq gq bq + 1/2 r1 B' Nr sr dr ir gr br]

ϕ=0 일때, Qu = A' [5.14c (1 + sc' + dc' - ic' - gc' - bc') + q]

Qu : 하중의 편심을 고려한 지반의 극한지지력(kN)

c : 지반의 점착력(kN/m³)

A : 유효재하면적(m²)

q : 상재하중(kN/m²), q = r2 x Df

r1,r2 : 지지지반 및 근입지반의 단위중량(kN/m³)

다만, 지하수위이하에서는 수중단위중량을 사용한다.

B' : 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭(m), B' = B - 2eB

B : 기초의 폭(m)

eB : 하중의 편심량(m)

Df : 기초의 유효근입 깊이(m)

Nc,Nq,Nr : 지지력 계수

Sc,Sq,Sr,Sc' : 기초의 형상계수

dc,dq,dr,dc' : 기초의 근입깊이계수

ic,iq,ir,ic' : 하중의 경사계수

gc,gq,gr,gc' : 지반계수

bc,bq,br,bc' : 기초저면 경사계수

註) 기초저면의 경사(β)가 없으므로 bc,bq,br,bc'는 적용하지 않는다.

si와 ii를 함께 사용하지 않으므로 ic,iq,ir,ic'는 적용하지 않는다.

C = 0.000 kN/m² r1 = 20.000 kN/m³ r2 = 20.000 kN/m³

Df = 1.000 m B = 8.300 m q = 20.000 kN/m²

Φ = 15 + √15N = 42.386 , N = 50

Nq = exp(πtanΦ) tan² (45+Φ/2) = 90.360

Nc = (Nq-1) cotΦ = 97.909, 단 Φ=0 일때 Nc=5.14

Nr = 1.5(Nq-1) tanΦ = 122.336

sc = 1 + Nq/Nc x B/L = 1.923

sc' = 0.2 B/L = 0.200

sq = 1 + B/L x tanΦ = 1.913

sr = 1 - 0.4 B/L = 1.000

dc = 1 + 0.4k = 1.048 , D/B>1 : k=tan-1(D/B) , D/B≤1 : k=D/B (rad)

dc' = 0.4k = 0.048

dq = 1 + 2tanΦ(1-sinΦ)² k = 1.023

dr = 1.000

gc = 1 - β/147 = 1.000

gc' = β/147 = 0.000

gq = (1-0.5tanβ)*(1-0.5tanβ)⁴ = 1.000

gr = (1-0.5tanβ)*(1-0.5tanβ)⁴ = 1.000

구 분	eB	B'	A'	Qu(kN)	Qa(kN)	SF
SV005	0.333	7.633	63.357	579109.764	3046.788	3.000
SV002	0.336	7.629	63.320	578560.725	3045.690	3.000
SV026	0.472	7.355	61.047	545520.655	2978.685	3.000
SV022	0.824	6.653	55.217	464958.555	4210.251	2.000

註) Qa = Qu/A'/SF, 『도로교 표준시방서, 1996년』p622 참조

▣ 확대기초 두께에 대한 강체 검토 : [도.설(2008) 5.4.5.2]

- 확대기초는 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 강체로서 취급되는 두께를 가져야함을 원칙으로 한다.
- 확대기초에 대한 강체로서의 취급여부는 지반반력 및 말뚝반력에 미치는 확대기초의 강성의 영향을 고려하여 판정하는 것으로서, 일반적으로 다음의 식을 만족할 때 강체로 취급할 수 있다.

$\beta\lambda \leq 1.0$

여기서

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}}(m^{-1})$$

k : kv - 직접기초인 경우, kp - 말뚝기초인 경우

kv : 연직방향 지반반력계수 (kN/m³)

= 466666.667 x (√(8.300 x 8.300) / 0.3)$^{-3/4}$ = 38684.693 kN/m³

$$k_v = k_{vo}\left(\frac{B_v}{30}\right)^{\frac{-3}{4}}$$

Kvo = 1/0.3 x α x Eo = 1/0.3 x 1.000 x 140000.000 = 466666.667 kN/

L : 확대기초의 길이 (= 8.300 m)

B : 확대기초의 폭 (= 8.300 m)

E : 확대기초의 탄성계수 (= 27804000.000 kN/m²)

h : 확대기초의 평균두께 (= 3.100 m)

λ : 확대기초의 환산 돌출길이 (m)

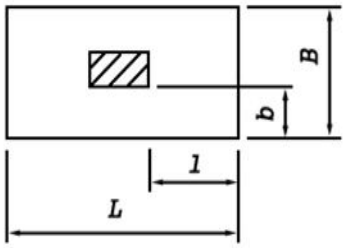
β = ⁴√{(3 x 38684.693) / (27804000.000 x 3.100³)} = 0.109 (m-1)

* 독립확대기초 및 벽확대기초의 경우

λ = max(l,b) = max(2.650,2.650) = 2.650

다만, l ≥ L/20이면 l = L/2 = 4.150

b ≥ B/20이면 b = B/2 = 4.150



βλ = 0.109 x 2.650 = 0.288 ≤ 1.0, ∴ O.K

2) 기초 단면검토

① 기초 중앙작용력 산정

구 분	P(kN)	Vx(kN)	My(kN)	∑V(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	비 고
UL001	40728.147	0.000	3375.200	47668.815	197825.580	3375.200	축력최대
UL002	40608.715	0.000	-20663.434	47549.383	197329.937	20663.434	모멘트최대
UE026	21175.843	1499.076	12963.279	25980.921	107820.820	17610.415	편심최대
UL022	23528.714	2053.800	17410.040	28867.689	119800.909	23776.820	지진시
SV005	28245.374	755.865	8850.099	33584.349	139375.048	11193.281	축력최대
SV002	28189.824	0.000	-11250.000	33528.799	139144.516	11250.000	모멘트최대
SV026	23528.714	1249.230	9766.243	28867.689	119800.909	13638.856	편심최대
SV022	23528.714	2053.800	17410.040	28867.689	119800.909	23776.820	지진시

註) 기초중앙의 부재력은 기둥의 부재력을 합산한 값을 사용한다.

∑V = P + W, W = 8.300 x 8.300 x 3.100 x 25.000 x 하중계수

Mr = ∑V x B/2, B = 8.300 m

My = M + P x e, e = -0.000 m

Mo = |My + Vx x h|, h = 3.100 mm

※ 지진시의 부재력은 탄성설계를 적용한 값을 사용한다.

② 지반지지력 산정

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN)	Qmin(kN)	X(m)
UL001	47668.815	194450.380	0.071	6037.195	5449.266	12.238
UL002	47549.383	176666.503	0.435	7528.531	3929.152	11.146
UE026	25980.921	90210.405	0.678	4664.017	1596.446	10.417
UL022	28867.689	96024.089	0.824	5548.886	1407.184	9.979
SV005	33584.349	128181.768	0.333	5021.190	3071.424	11.450
SV002	33528.799	127894.516	0.336	5019.437	3059.791	11.443
SV026	28867.689	106162.053	0.472	4665.916	2290.154	11.033
SV022	28867.689	96024.089	0.824	5548.886	1407.184	9.979

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

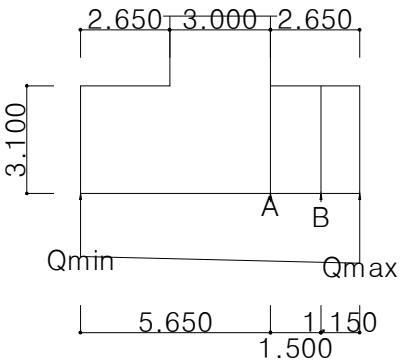
- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우

=>SV005, SV002, SV026, SV022, UL001, UL002, UE026, UL022

③ 기초의 단면력 계산



㉮ 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.150 x 3.100 x 8.300 x 25.000 = 739.738 kN

Ma = 2.821 x 3.100 x 8.300 x 25.000 x 2.821/2 = 2559.505 kN.m

㉯ 지반반력에 의한 단면력

Ma = Qa x 2.821² / 2 + (Qmax - Qa) / 2 x 2.821² x 2/3

㉰ 사용하중 단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에 의한 단면력		사용하중 단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN)	Qb(kN)	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
SV005	5021.190	4358.505	4751.042	5619.033	19100.472	4879.296	16540.967
SV002	5019.437	4353.394	4747.920	5616.230	19089.043	4876.493	16529.539
SV026	4665.916	3858.443	4336.744	5176.530	17494.792	4436.792	14935.287
SV022	5548.886	4141.206	4975.035	6051.255	20212.068	5311.517	17652.563

※ 사용하중단면력 = 지반반력에 의한 단면력 - 자중에 의한 단면력

㉱ 계수하중 단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에 의한 단면력		계수단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN)	Qb(kN)	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
UL001	6037.195	5837.370	5955.735	6895.935	23757.087	5934.276	20429.730
UL002	7528.531	6305.176	7029.822	8371.053	28333.593	7409.394	25006.236
UE026	4664.017	3621.412	4238.992	5119.230	17175.371	4453.466	14871.816
UL022	5548.886	4141.206	4975.035	6051.255	20212.068	5311.517	17652.563

※ 계수단면력 = 지반반력에 의한 단면력 - 자중에 의한 단면력 x 사하중계수

1) 단면 검토 : 교직-지점부

* 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
8300.00	3100.00	3000.00	100.00	25006.24	7409.39

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 32935.500 x 400.00 = 13174200.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 8300.000 = 190485.000 x a

T = C 이므로, a = 69.161 mm, c = 69.161 / β1 = 69.161 / 0.85 = 81.366 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (3000.00 - 81.366) / 81.366 = 0.10761

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

Mu / Φ = As x fy x (d - a/2) ---------- ①

a = As x fy / (0.85 x fck x b) ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 24729.958 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 32935.5 mm² (철근도심 : 100.0 mm), [사용률 = 1.332]

1단 : H25 - 65.0 EA (= 32935.5 mm²)

* 철근비 검토

As,temp = 0.0015 x 8300.0 x 1200.0 = 14940.000 mm²

As,req = 24729.958 mm²

ρmin = Max(24729.958, 14940.000) / bd = 0.00099

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00132

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 69.161 mm

ΦMn = 0.85 x 32935.500 x 400 x (3000.00 - a/2) = 33206.973 kN.m

≥ Mu (= 25006.236 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.328]

* 전단에 대한 검토 (d = 3000.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 8300.00 x 3000.00 = 17251.226 kN

≥ Vu (= 7409.394 kN) , 전단보강 불필요.

- 수평철근 검토

  * 0.0015hb 『도로교설계기준 P.252』

    단, 단위M당 1800 ㎟ 이하

    사용철근량 : H25 - 34.0 EA, H22 - 33.0 EA

    H25 - 34.0 EA, H22 - 0.0 EA = 47229.900 ㎟

    필요철근량 : 0.0015 x 3100.0 x 8300.0 = 38595.0 ㎟ < 47229.9 ㎟

    (47229.900 / 8.300) = 5690.349 ㎟ > (1800 ㎟)

    필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

    1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

  * 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

    단면적대비 0.0020 이상

    사용철근량 : H25 - 34.0 EA, H22 - 33.0 EA

    H25 - 34.0 EA, H22 - 0.0 EA = 47229.900 ㎟

    필요철근량 : 0.0020 x 3100.0 x 8300.0 = 51460.0 ㎟ > 47229.900 ㎟

    (47229.900 / 8.300) = 5690.349 ㎟ > (1800㎟)

    필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

    1800 ㎟ 보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

- 사용성 검토

  ① 응력 산정

  $fs = M / [As \times (d - \chi/3)] = 16540.967 \times 1000000 / [32935.500 \times (3000.000 - 381.409/3)]$

  $= 174.816$ MPa

  $\chi = -nAs/b + nAs/b\sqrt{[1 + 2bd/(nAs)]}$

  $= -7 \times 32935.500/8300.0 + 7 \times 32935.500/8300.0 \times \sqrt{[(1 + 2 \times 8300.0 \times 3000.0/(7 \times 32935.500)]}$

  $= 381.409$ ㎜

  사용철근량 = 32935.5 ㎟ (철근도심 : 100.0 ㎜)

  1단 : H25 - 65.0 EA (= 32935.5 ㎟)

  ② 철근의 최대 중심간격

  Cc = 100.00 - 25/2 = 87.50 ㎜

  여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)

  Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 174.82) - 2.5 x 87.50 = 231.72 ㎜

  300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 174.82) = 360.38 ㎜

  습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

  Sa는 작은 값인 231.72 ㎜ 를 적용

  S = 8300.00 / 65.0 EA = 127.69 ≤ Sa (= 231.72 ㎜) ∴ O.K

10.2 교축방향

1) 기초 안정검토

① 기초 중앙작용력 산정

구 분	P(kN)	Vy(kN)	Mx(kN)	∑V(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	비 고
SVB16	28245.374	2880.482	-26917.516	33584.349	139375.048	17988.022	축력최대
SVB14	23528.714	2948.494	-27397.811	28867.689	119800.909	18257.480	모멘트최대
SVB14	23528.714	2948.494	-27397.811	28867.689	119800.909	18257.480	편심최대
SVB22	23528.714	2233.700	19220.900	28867.689	119800.909	26145.370	지진시

註) 기초중앙의 부재력은 기둥의 부재력을 합산한 값을 사용한다.

$\sum V = P + W$, $W = 8.300 \times 8.300 \times 3.100 \times 25.000 = 5338.975$ kN

$Mr = \sum V \times B/2$, $B = 8.300$ m

$Mx = M + P \times e$, $e = 0.000$ m

$Mo = |Mx + Vy \times h|$, $h = 3.100$ m

※ 지진시의 부재력은 탄성설계를 적용한 값을 사용한다.

② 전도에 대한 안정

- 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 평상시에는 바닥판 중심으로부터 바닥판 폭의1/6이내, 지진시와 폭풍시에는 바닥판 폭의 1/3이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]
- 평상시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다.
- 지진시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 1.5배 이상이어야 한다.

구 분	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	V(kN)	S.F	e(m)	허용폭(m)	비고
SVB16	139375.048	17988.022	33584.349	7.748	0.536	1.383	O.K
SVB14	119800.909	18257.480	28867.689	6.562	0.632	1.383	O.K
SVB14	119800.909	18257.480	28867.689	6.562	0.632	1.383	O.K
SVB22	119800.909	26145.370	28867.689	4.582	0.906	2.767	O.K

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), $M = Mr - Mo$, $e = B/2 - M/V$

$S.F = Mr/Mo \geq 2.00$ (평상시), ≥ 1.50 (지진시), ≥ 1.50 (폭풍시)

③ 활동에 대한 안정

직접기초 바닥면에서의 전단지반반력은 바닥면 아래 기초지반의 허용전단저항력 이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]

$$H_u = C_b A + V \tan \phi_b$$

Hu : 기초저면과 지반과의 사이에 작용하는 전단 저항력(kN)

Cb : 기초저면과 지반과의 부착력(kN/㎡)

Φb : 기초저면과 지반과의 마찰각(degree)

A' : 기초저면의 유효재하면적(㎡)

V : 기초저면에 작용하는 연직하중(kN), 다만 부력을 뺀 값으로 한다.

구 분	V(kN)	Hu(kN)	H(kN)	S.F	허용안전률	비고
SVB16	33584.349	20150.609	2880.482	6.996	1.500	O.K
SVB14	28867.689	17320.613	2948.494	5.874	1.500	O.K
SVB14	28867.689	17320.613	2948.494	5.874	1.500	O.K
SVB22	28867.689	17320.613	2233.700	7.754	1.200	O.K

註) tanΦb = 0.600, Cb = 0, 암과 콘크리트 [도로설계편람 509-22]

S.F = Hu/H ≥ 1.50 (평상시), ≥ 1.20 (지진시), ≥ 1.20 (폭풍시)

④ 지지력에 대한 안정

직접기초 바닥면에서의 연직지반반력은 기초 바닥아래 지지지반의 허용연직지지력이내에 있어야 한다. [도.설(2008) 5.6.2]

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN)	Qmin(kN)	비고
SVB16	33584.349	121387.027	0.536	676.263	298.751	O.K
SVB14	28867.689	101543.430	0.632	610.624	227.457	O.K
SVB14	28867.689	101543.430	0.632	610.624	227.457	O.K
SVB22	28867.689	93655.539	0.906	693.395	144.686	O.K

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{\max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{\min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우SVB16, SVB14, SVB14, SVB22

※ 허용지지력은 ⑤에서 계산된 값과 기초의 최대허용지지력중 작은 값을 사용한다.

⑤ 지반의 허용연직지지력 산정 : Hansen식 사용

Qu = A' [c Nc sc dc ic gc bc + q Nq sq dq iq gq bq + 1/2 r1 B' Nr sr dr ir gr br]

ϕ=0 일때, Qu = A' [5.14c (1 + sc' + dc' - ic' - gc' - bc') + q]

Qu : 하중의 편심을 고려한 지반의 극한지지력(kN)

c : 지반의 점착력(kN/m³)

A : 유효재하면적(m²)

q : 상재하중(kN/m²), q = r2 x Df

r1,r2 : 지지지반 및 근입지반의 단위중량(kN/m³)

다만, 지하수위이하에서는 수중단위중량을 사용한다.

B' : 하중의 편심을 고려한 기초의 유효재하폭(m), B' = B - 2eB

B : 기초의 폭(m)

eB : 하중의 편심량(m)

Df : 기초의 유효근입 깊이(m)

Nc,Nq,Nr : 지지력 계수

Sc,Sq,Sr,Sc' : 기초의 형상계수

dc,dq,dr,dc' : 기초의 근입깊이계수

ic,iq,ir,ic' : 하중의 경사계수

gc,gq,gr,gc' : 지반계수

bc,bq,br,bc' : 기초저면 경사계수

註) 기초저면의 경사(β)가 없으므로 bc,bq,br,bc'는 적용하지 않는다.

si와 ii를 함께 사용하지 않으므로 ic,iq,ir,ic'는 적용하지 않는다.

C = 0.000 kN/m² r1 = 20.000 kN/m³ r2 = 20.000 kN/m³

Df = 1.000 m B = 8.300 m q = 20.000 kN/m²

Φ = 15 + √15N = 42.386 , N = 50

Nq = exp(πtanΦ) tan² (45+Φ/2) = 90.360

Nc = (Nq-1) cotΦ = 97.909, 단 Φ=0 일때 Nc=5.14

Nr = 1.5(Nq-1) tanΦ = 122.336

sc = 1 + Nq/Nc x B/L = 1.923

sc' = 0.2 B/L = 0.200

sq = 1 + B/L x tanΦ = 1.913

sr = 1 - 0.4 B/L = 1.000

dc = 1 + 0.4k = 1.048 , D/B>1 : k=tan-1(D/B) , D/B≤1 : k=D/B (rad)

dc' = 0.4k = 0.048

dq = 1 + 2tanΦ(1-sinΦ)² k = 1.023

dr = 1.000

gc = 1 - β/147 = 1.000

gc' = β/147 = 0.000

gq = (1-0.5tanβ)*(1-0.5tanβ)⁴ = 1.000

gr = (1-0.5tanβ)*(1-0.5tanβ)⁴ = 1.000

구 분	eB	B'	A'	Qu(kN)	Qa(kN)	SF
SVB16	0.536	7.229	59.999	530591.688	2947.785	3.000
SVB14	0.632	7.035	58.391	508072.962	2900.394	3.000
SVB14	0.632	7.035	58.391	508072.962	2900.394	3.000
SVB22	0.906	6.489	53.855	447002.930	4150.026	2.000

註) Qa = Qu/A'/SF, 『도로교 표준시방서, 1996년』p622 참조

2) 기초 단면검토

① 기초 중앙작용력 산정

구 분	P(kN)	Vy(kN)	Mx(kN)	∑V(kN)	Mr(kN.m)	Mo(kN.m)	비 고
ULB01	40728.147	0.000	0.000	47668.815	197825.580	0.000	축력최대
ULB08	36718.986	3656.211	-34368.386	43659.654	181187.562	23034.132	모멘트최대
UEB14	22352.278	3685.617	-34247.264	27424.304	113810.863	22821.851	편심최대
ULB22	23528.714	2233.700	19220.900	28867.689	119800.909	26145.370	지진시
SVB16	28245.374	2880.482	-26917.516	33584.349	139375.048	17988.022	축력최대
SVB14	23528.714	2948.494	-27397.811	28867.689	119800.909	18257.480	모멘트최대
SVB14	23528.714	2948.494	-27397.811	28867.689	119800.909	18257.480	편심최대
SVB22	23528.714	2233.700	19220.900	28867.689	119800.909	26145.370	지진시

註) 기초중앙의 부재력은 기둥의 부재력을 합산한 값을 사용한다.

∑V = P + W, W = 8.300 x 8.300 x 3.100 x 25.000 x 하중계수

Mr = ∑V x B/2, B = 8.300 m

Mx = M + P x e, e = 0.000 m

Mo = |Mx + Vy x h|, h = 3.100 m

※ 지진시의 부재력은 탄성설계를 적용한 값을 사용한다.

② 지반지지력 산정

구 분	V(kN)	M(kN.m)	e(m)	Qmax(kN)	Qmin(kN)	X(m)
ULB01	47668.815	197825.580	0.000	5743.231	5743.231	12.450
ULB08	43659.654	158153.430	0.528	7266.365	3254.033	10.867
UEB14	27424.304	90989.011	0.832	5291.811	1316.455	9.953
ULB22	28867.689	93655.539	0.906	5755.175	1200.894	9.733
SVB16	33584.349	121387.027	0.536	5612.981	2479.634	10.843
SVB14	28867.689	101543.430	0.632	5068.177	1887.893	10.553
SVB14	28867.689	101543.430	0.632	5068.177	1887.893	10.553
SVB22	28867.689	93655.539	0.906	5755.175	1200.894	9.733

註) B : 기초의 폭원 (8.300m), M = Mr-Mo, e = B/2 - M/V

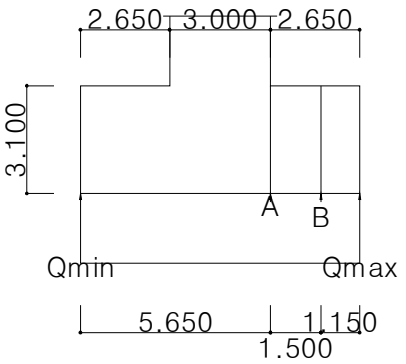
- 하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

$$Q_{\max} = \frac{V}{B}\left(1+\frac{6e}{B}\right), Q_{\min} = \frac{V}{B}\left(1-\frac{6e}{B}\right)$$

: 저면반력의 작용폭(x = 3*[B/2-e])이 B보다 큰 경우

=>SVB16, SVB14, SVB14, SVB22, ULB01, ULB08, UEB14, ULB22

③ 기초의 단면력 계산



㉮ 기초자중에 의한 단면력

Vb = 1.150 x 3.100 x 8.300 x 25.000 = 739.738 kN

Ma = 2.821 x 3.100 x 8.300 x 25.000 x 2.821/2 = 2559.505 kN.m

㉯ 지반반력에 의한 단면력

Ma = Qa x 2.821² / 2 + (Qmax - Qa) / 2 x 2.821² x 2/3

㉰ 사용하중 단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에 의한 단면력		사용하중 단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN)	Qb(kN)	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vs(kN)	Ms(kN.m)
SVB16	5612.981	4548.020	5178.842	6205.298	20921.665	5465.561	18362.160
SVB14	5068.177	3987.263	4627.535	5575.034	18732.720	4835.297	16173.215
SVB14	5068.177	3987.263	4627.535	5575.034	18732.720	4835.297	16173.215
SVB22	5755.175	4207.269	5124.161	6255.618	20846.910	5515.881	18287.405

※ 사용하중단면력 = 지반반력에 의한 단면력 - 자중에 의한 단면력

㉱ 계수하중 단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에 의한 단면력		계수단면력	
	Qmax(kN)	Qa(kN)	Qb(kN)	Vb(kN)	Ma(kN.m)	Vu(kN)	Mu(kN.m)
ULB01	5743.231	5743.231	5743.231	6604.715	22852.433	5643.057	19525.076
ULB08	7266.365	5902.656	6710.440	8036.663	27104.274	7075.004	23776.918
UEB14	5291.811	3940.669	4741.008	5768.871	19264.149	5066.120	16832.620
ULB22	5755.175	4207.269	5124.161	6255.618	20846.910	5515.881	18287.405

※ 계수단면력 = 지반반력에 의한 단면력 - 자중에 의한 단면력 x 사하중계수

1) 단면 검토 : 교축방향

* 단면제원 및 설계가정

fck = 27 MPa, fy = 400 MPa, k1 = 0.85, Φf = 0.85, Φv = 0.80

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	Mu(kN.m)	Vu(kN)
8300.00	3100.00	3000.00	100.00	23776.92	7075.00

* 강도감소계수(Φ) 산정

T = As x fy = 30002.100 x 400.00 = 12000840.000

C = 0.85 x fck x a x b = 0.85 x 27.00 x a x 8300.000 = 190485.000 x a

T = C 이므로, a = 63.001 mm, c = 63.001 / β1 = 63.001 / 0.85 = 74.119 mm

εy = fy / Es = 400.00 / 200000.00 = 0.0020

εt = 0.00300 x (dt - c) / c = 0.00300 x (3000.00 - 74.119) / 74.119 = 0.11843

εt ≥ 0.00500 이므로 인장지배단면이며, Φ = 0.85 를 적용한다.

* 필요철근량 산정

$Mu / \Phi = As \times fy \times (d - a/2)$ ---------- ①

$a = As \times fy / (0.85 \times fck \times b)$ ---------- ②

식②를 식①에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다

$$\frac{fy^2}{2 \times 0.85 \times fck \times b} As^2 - fy \times d \times As + \frac{Mu}{\Phi} = 0 \text{ , } As = 23504.049 \text{ mm}^2$$

* 사용철근량 = 30002.1 mm² (철근도심 : 100.0 mm), [사용률 = 1.276]

1단 : H25 - 34.0 EA, H22 - 33.0 EA (= 30002.1 mm²)

* 철근비 검토

As,temp = 0.0015 x 8300.0 x 1200.0 = 14940.000 mm²

As,req = 23504.049 mm²

ρmin = Max(23504.049, 14940.000) / bd = 0.00094

ρmax = 0.714 x Pb = 0.714 x k1 x Φx (fck / fy) x {600 / (600 + fy)} = 0.02089

ρuse = As / bd = 0.00120

ρmax ≥ ρuse ≥ ρmin → 철근비 만족, ∴ O.K

* 휨에 대한 검토

a = As x fy / (0.85 x fck x b) = 63.001 mm

ΦMn = 0.85 x 30002.100 x 400 x (3000.00 - a/2) = 30280.812 kN.m

≥ Mu (= 23776.918 kN.m) ∴ O.K [안전률 1.274]

* 전단에 대한 검토 (d = 3000.00 mm)

ΦVc = 0.80 x 1/6 x √fck x b x d

= 0.80 x 1/6 x √27 x 8300.00 x 3000.00 = 17251.226 kN

≥ Vu (= 7075.004 kN) , 전단보강 불필요.

- 수평철근 검토

  * 0.0015hb 『도로교설계기준 P.252』

    단, 단위M당 1800 ㎟ 이하

    사용철근량 : H25 - 65.0 EA

    H25 - 33.0 EA = 49656.600 ㎟

    필요철근량 : 0.0015 x 3100.0 x 8300.0 = 38595.0 ㎟ < 49656.6 ㎟

    (49656.600 / 8.300) = 5982.723 ㎟ > (1800 ㎟)

    필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

    1800㎟보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

  * 단면적비(온도 및 건조수축 철근)『콘크리트구조설계기준 5.7.2』

    단면적대비 0.0020 이상

    사용철근량 : H25 - 65.0 EA

    H25 - 33.0 EA = 49656.600 ㎟

    필요철근량 : 0.0020 x 3100.0 x 8300.0 = 51460.0 ㎟ > 49656.600 ㎟

    (49656.600 / 8.300) = 5982.723 ㎟ > (1800㎟)

    필요철근량이 1800㎟보다 클경우 수축,온도 철근 단면적을 단위 m당

    1800 ㎟ 보다 크게 취할 필요가 없다. ∴ O.K

- 사용성 검토

  ① 응력 산정

  $fs = M / [As \times (d - \chi/3)] = 18362.160 \times 1000000 / [30002.100 \times (3000.000 - 365.156/3)]$

  $= 212.637$ MPa

  $\chi = -nAs/b + nAs/b\sqrt{[1 + 2bd/(nAs)]}$

  $= -7x30002.100/8300.0 + 7x30002.100/8300.0 \times \sqrt{[(1 + 2x8300.0x3000.0/(7x30002.100)]}$

  $= 365.156$ ㎜

  사용철근량 = 30002.1 ㎟ (철근도심 : 100.0 ㎜)

  1단 : H25 - 34.0 EA, H22 - 33.0 EA (= 30002.1 ㎟)

  ② 철근의 최대 중심간격

  Cc = 100.00 - 25/2 = 87.50 ㎜

  여기서 Cc ; 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면사이의 두께(㎜)

  Smin : 375 x (Kcr / fs) - 2.5 x Cc = 375 x (210 / 212.64) - 2.5 x 87.50 = 151.60 ㎜

  300 x (Kcr / fs) = 300 x (210 / 212.64) = 296.28 ㎜

  습윤환경이므로 Kcr = 210 적용

  Sa는 작은 값인 151.60 ㎜ 를 적용

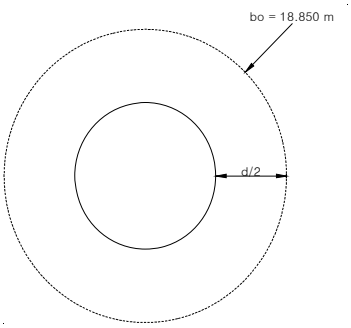
  S = 8300.00 / 67.0 EA = 123.88 ≤ Sa (= 151.60 ㎜) ∴ O.K

11. 기초 2방향전단(뚫림) 검토

1) 최대 연직하중(Vu) : -40728.147 kN

2) PUNCHING SHEAR 검토위치 : 기둥전면 d/2

3) 위험단면 길이(bo) = 18.85 m



4) 콘크리트가 부담하는 전단강도

ks = $(300 / d)^{0}.25$ = $(300 / 3000)^{0}.25$ = 0.562

kbo = $4/\sqrt{(\alpha s \times bo / d)} \leq 1.25$

= $4/\sqrt{(1.00 \times 18850 / 3000)} \leq 1.25$ = 1.25

αs = 1.00 (내부기둥)

fte = $0.21 \times \sqrt{(Fck)}$ = $0.21 \times \sqrt{(27.0)}$ = 1.091 MPa

fcc = $(2 / 3) \times fck$ = $(2 / 3) \times 27.0$ = 18.000 MPa

$\cot\Psi$ = $(\sqrt{(fte \times (fte + fcc))}/fte$

= $(\sqrt{(1.091 \times (1.091 + 18.000))}/1.091$ = 4.183

cu = $d \times [25 \times \sqrt{(\rho / fck)} - 300 \times (\rho / fck)]$

= $d \times [25 \times \sqrt{(0.005/27.0)} - 300 \times (0.005 / 27.0)$ = 854.0 mm

vc = $ks \times kbo \times fte \times \cot\Psi \times (Cu / d)$

= $0.562 \times 1.250 \times 1.091 \times 4.183 \times (854.0 / 3000)$ = 0.913 MPa

Vc = $vc \times bo \times d$

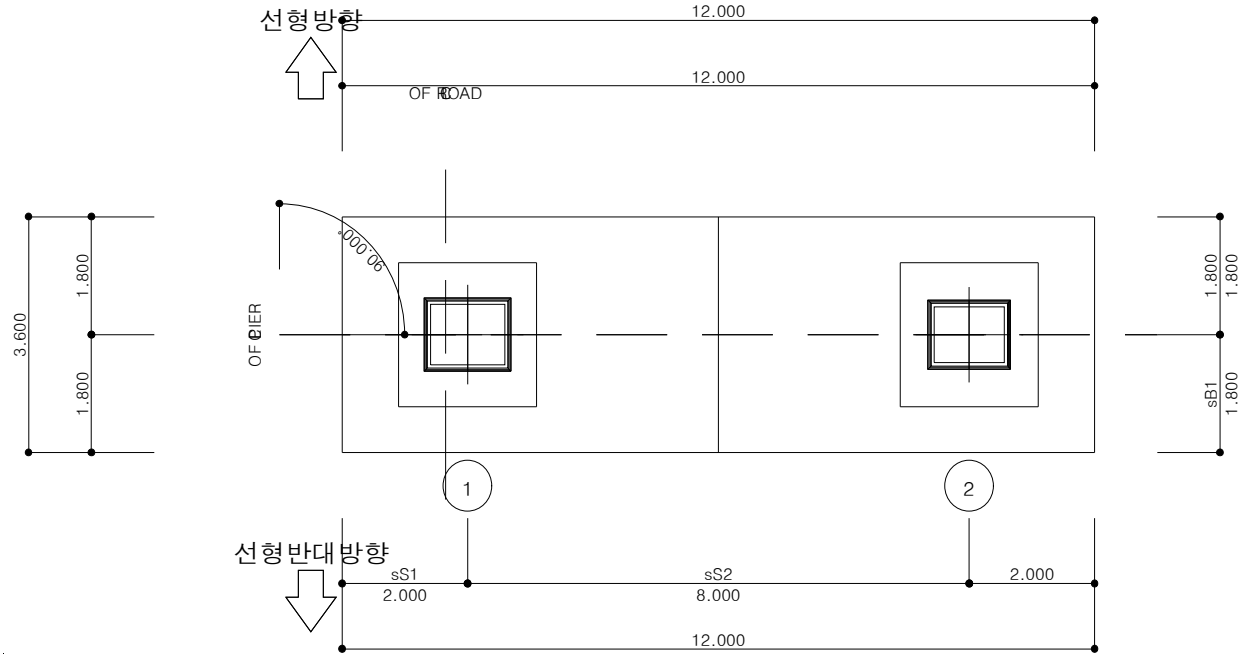
= $913.251 \times 18.850 \times 3.000$

= 51643.148 kN

∴ 콘크리트가 부담하는 전단강도(ϕVc) = 0.80×51643.148 = 41314.519 kN

※ ΦVc > Vu ---------- O.K

12. 교량 받침부 검토



12.1 받침 연단거리 검토

① 필요 연단거리

- 거더의 경간길이가 100m 이하이므로 S = 200 + 5.0L

S = 200 + 5.0 x 93.000 = 665.000 mm

② 실제 연단거리

구 분	필요연단	받침 규격		연단거리	비 고
		교축방향	직각방향		
1	665.000	924.000	1184.000	1338.000	O.K
2	665.000	855.000	1115.000	1372.500	O.K

12.2 최소 받침지지 길이 검토

① 최소 받침지지 길이

: 연속 지점부 이므로 생략한다.

12.3 교량받침 수직력, 수평력 검토

구 분	수직력			수평력		
	허용값	상부반력	비 고	허용값	탄성지진력	비 고
SHOE 1	14000.000	13511.693	O.K	1393.400	1049.680	O.K
SHOE 2	12000.000	11952.372	O.K	1184.800	912.120	O.K

- 탄성지진력은 응답수정계수(R = 1.0)를 고려한 값이며 내진장치 불필요

12.4 교량받침 보강 철근 검토

① 교량받침에 작용하는 하중

구 분	수직력	수평력		보강범위(mm)		비 고
		교축방향	직각방향	교축방향	직각방향	
1	13511.693	1299.707	779.120	2984.000	2924.000	
2	11952.372	1145.918	671.353	2915.000	2855.000	

탄성지진력은 응답수정계수(R = 1.0)를 고려한 값

② 교량받침 하면 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	21170.164	22064.700	O.K	17539.879	20903.400	O.K
2	19024.103	22064.700	O.K	15702.864	20903.400	O.K

③ 교량받침 콘크리트 보강철근

구 분	교축방향			직각방향		
	필요철근량	사용철근량	비 고	필요철근량	사용철근량	비 고
1	7220.592	20628.000	O.K	4328.446	20628.000	O.K
2	6366.209	20628.000	O.K	3729.741	20628.000	O.K

12.5 교량받침 하면 보강 : 교량받침 1

① 교량받침에 작용하는 하중

- 연직하중 : 최대반력

  P = 13511.693 kN

- 교축방향 수평하중 : 탄성지진력, 온도변화의 영향

  Hx1 = 9964.417 x 0.150 / 1.15 = 1299.707 kN

  Hx2 = 1049.680 / 1.33 = 789.233 kN

  ☞ 수평력은 Hx1, Hx2 중 큰 값인 1299.707 kN를 적용한다.

- 교축직각방향 수평하중 : 탄성지진력, 풍하중의 영향

  B/D = 12.600 / 4.020 = 3.134 [1≤ B/D< 8]

  W1 = [4.0 - 0.2 x (12.600 / 4.020)] x 4.020 = 13.6 kN/m ≥ 6.0 이므로

  Hy1 = 13.560 x 175.000 / 2 / 2EA / 1.25 = 474.600 kN

  Hy2 = 1036.230 / 1.33 = 779.120 kN

  ☞ 수평력은 Hy1, Hy2 중 큰 값인 779.120 kN를 적용한다.

② 연직하중에 대한 보강

b1x = 924.000 mm b1y = 1184.000 mm

b2x = 1800.000 mm b2y = 2000.000 mm

bcx = 2 x b2x = 3600.000 mm < 5 x b1x = 4620.000 mm

bcy = 2 x b2y = 4000.000 mm < 5 x b1y = 5920.000 mm

Asx1 = 1/4 x (1 - b1x/bcx) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 924.000/3600.000) x 13511.693 x 10^3 /180.000

= 13949.572 mm^2

Asy1 = 1/4 x (1 - b1y/bcy) x P/fsa

= 1/4 x (1 - 1184.000/4000.000) x 13511.693 x 10^3 /180.000

= 13211.433 mm^2

③ 수평하중에 대한 보강

Asx2 = Hx/fsa

= 1299.707 x 10^3 / 180.000

= 7220.592 mm^2

Asy2 = Hy/fsa

= 779.120 x 10^3 / 180.000

= 4328.446 mm^2

④ 철근 보강 범위

- 교축직각방향 철근보강 범위

Bxo = b1x + b2y = 924.000 + 2000.000 = 2924.000 mm

- 교축방향 철근보강 범위

Byo = b1y + b2x = 1184.000 + 1800.000 = 2984.000 mm

⑤ 철근량 산정

- 교축직각방향

Asy = Asy1 + Asy2 = 13211.433 + 4328.446 = 17539.879 mm^2

Bxo = 2924.000 mm 범위내에서 H22 - 54 EA

As = 387.100 x 54 = 20903.400 mm^2 ∴ O.K

- 교축방향

Asx = Asx1 + Asx2 = 13949.572 + 7220.592 = 21170.164 mm^2

Byo = 2984.000 mm 범위내에서 H22 - 57 EA

As = 387.100 x 57 = 22064.700 mm^2 ∴ O.K

12.6 교량받침 콘크리트 보강 : 교량받침 1

① 교축직각방향

As2 = Hy/fsa = 779.120 x 10^3 / 180.000 = 4328.446 mm^2

사용철근 : H19 - 36 EA + H19 - 36 EA

As = 286.500 x 36 + 286.500 x 36 = 20628.000 mm^2 ∴ O.K

② 교축방향

As1 = Hx/fsa = 1299.707 x 10^3 / 180.000 = 7220.592 mm^2

사용철근 : H19 - 36 EA + H19 - 36 EA

As = 286.500 x 36 + 286.500 x 36 = 20628.000 mm^2 ∴ O.K

내진해석

목　　차

1. 설계대상 교량제원 및 설계상수

2. 단면특성
   2.1 상부구조
   2.2 하부구조
   2.3 받침상수

3. 구조해석
   3.1 모델링

4. 고유치 해석결과
   4.1 주기 및 진동수
   4.2 질량참여율
   4.3 모드형상

5. 입력파형의 정의

6. 내진해석결과
   6.1 받침부재력
   6.2 기둥부재력

1. 설계대상 교량제원 및 설계상수

1.1 교량형식 : Steel Box 거더교

1.2 해석 대상 교량 총연장 :
81.820 + 93.00 + 81.90 = 257.00 m

1.3 교 폭 : 12.60 m

1.4 교각형식
T형 교각

1.5 교각기초형식 : 직접기초

1.6 내진설계상수
(1) 내진등급 : 내진 1 등급교 (도로교 설계기준 pp.456)
(2) 지진구역계수 : 0.11 (도로교 설계기준 pp.456)
(3) 위험도계수 : I = 1.4 (도로교 설계기준 pp.456)
(2) 가속도계수 : A = 0.154 (도로교 설계기준 pp.455)
(3) 지반계수 : S = 1.5 (지반종류 2 , 도로교 설계기준 pp.457)
(4) 응답수정계수 (도로교 설계기준 p.458)
(5) 고유치 해석방법 : Ritz Vector
(6) 받침형식 : 에너지분산받침

1.7 해석방법

(1) 해석방법 선정
비선형 시간이력 해석
(2) 방향조합방법 : 100-30%방법

1.8 해석모델
(1) 사용프로그램 : SAP2000
(2) 모델링 : Frame요소사용
(3) 질량산정 : 1,2차 고정하중 및 자중을 각 요소에
분포질량으로 입력

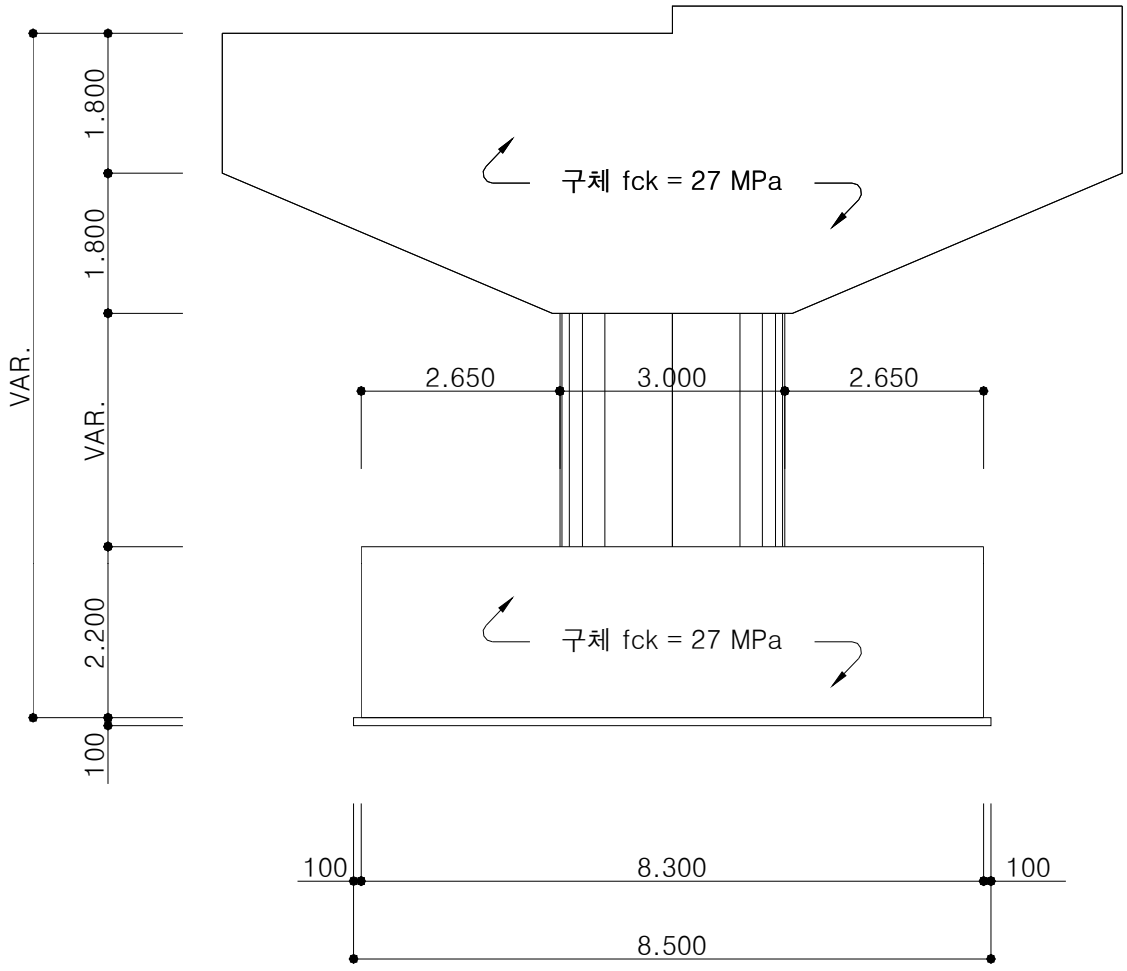
2. 단면특성

2.1 상부구조

: 상부구조는 Steel Box거더교로 이루어져 있으며 교폭은 12.60m이다.

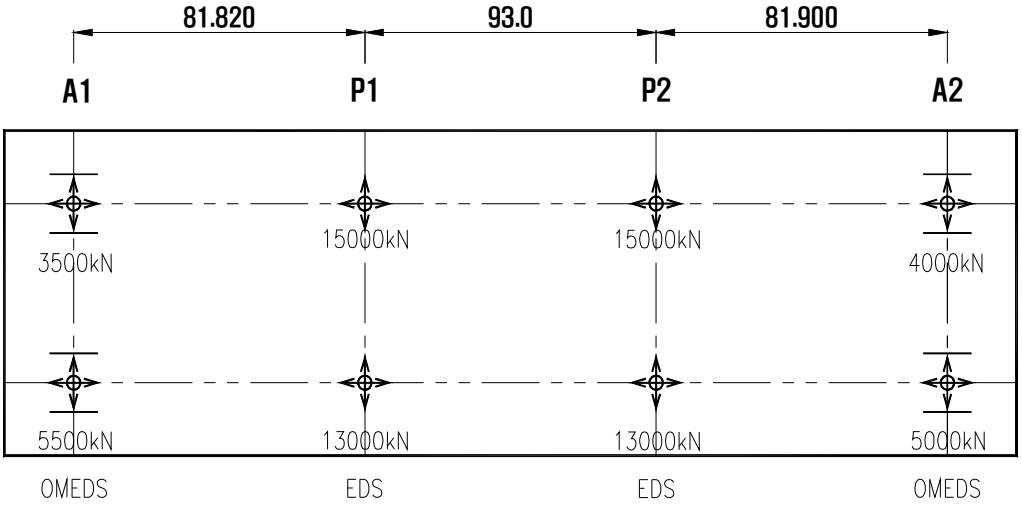
2.2 하부구조

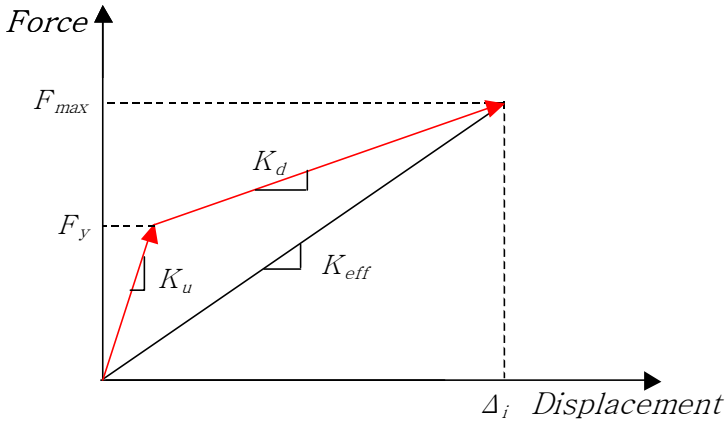
: 하부구조는 T형교각으로 구성되어져 있으며 개략적인 제원은 다음과 같다.



2.3 적용 받침 특성

1) 받침배치





Characteristics of Bilinear Isolation Bearing

F_y = *Yield force*
F_{max} = *Maximum force*
K_d = *Post-elastic stiffness*
K_u = *Elastic stiffness*
K_{eff} = *Effective stiffness*
Δ_i = *Maximum bearing displacement*

3) 받침 특성치

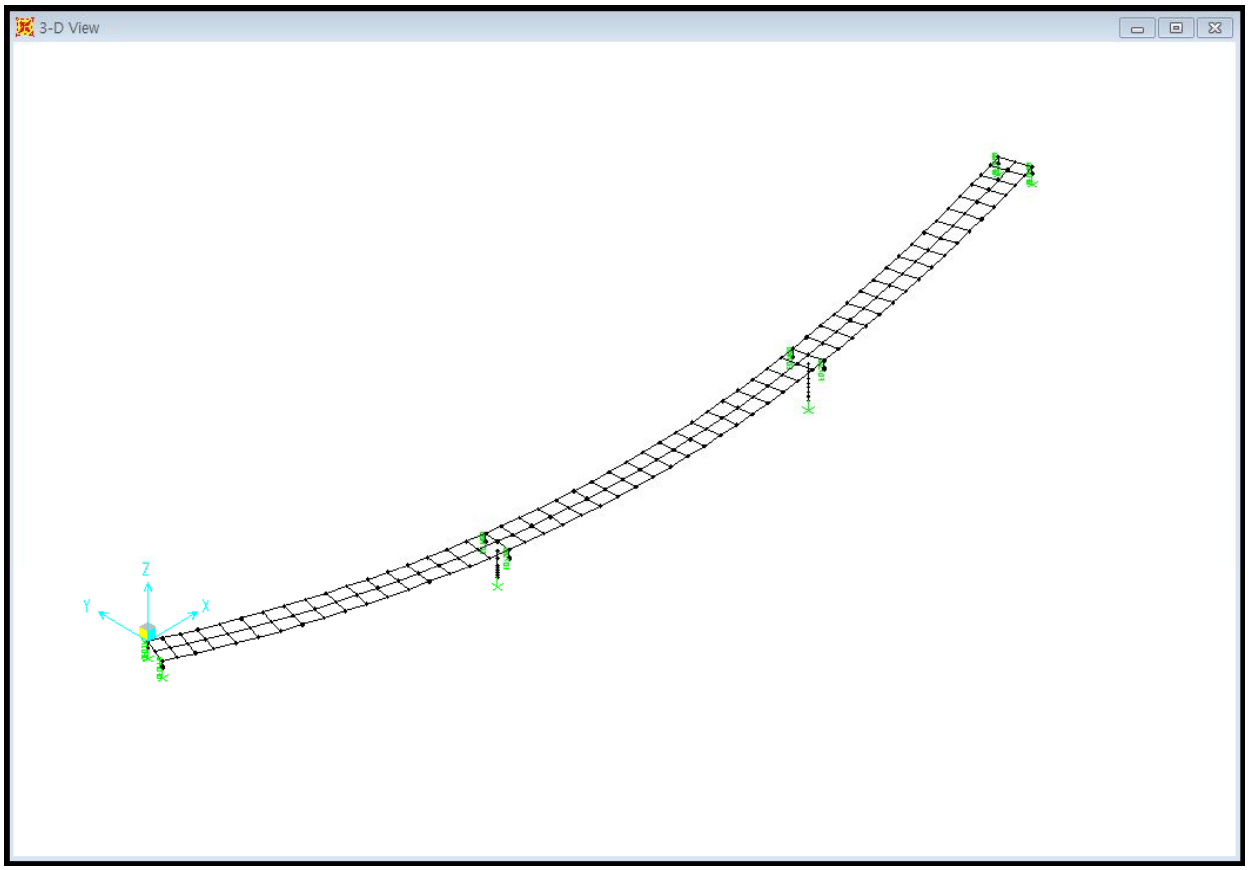
```
* * SAP2000 Non-Liner Link-PROPERTY
  NAME=OED3500    TYPE=Isolator1
    DOF=U1  KE=1E+08  CE=0
    DOF=U2  KE=2541  CE=0  K=160063  YIELD=127  RATIO=0
    DOF=U3  KE=8170  CE=0  K=160063  YIELD=127  RATIO=.03517
  NAME=OED5500    TYPE=Isolator1
    DOF=U1  KE=1E+08  CE=0
    DOF=U2  KE=4542  CE=0  K=286085  YIELD=227  RATIO=0
    DOF=U3  KE=10874  CE=0  K=286085  YIELD=227  RATIO=.0221
  NAME=ED1500    TYPE=Isolator1
    DOF=U1  KE=1E+08  CE=0
    DOF=U2  KE=24553  CE=0  K=894236  YIELD=710  RATIO=.01158
    DOF=U3  KE=24553  CE=0  K=894236  YIELD=710  RATIO=.01158
  NAME=ED1300    TYPE=Isolator1
    DOF=U1  KE=1E+08  CE=0
    DOF=U2  KE=20933  CE=0  K=774740  YIELD=615  RATIO=.01114
    DOF=U3  KE=20933  CE=0  K=774740  YIELD=615  RATIO=.01114
  NAME=OED4000    TYPE=Isolator1
    DOF=U1  KE=1E+08  CE=0
    DOF=U2  KE=3093  CE=0  K=194809  YIELD=155  RATIO=0
    DOF=U3  KE=8060  CE=0  K=194809  YIELD=155  RATIO=.0255
  NAME=OED5000    TYPE=Isolator1
    DOF=U1  KE=1E+08  CE=0
    DOF=U2  KE=3954  CE=0  K=249046  YIELD=198  RATIO=0
    DOF=U3  KE=8606  CE=0  K=249046  YIELD=198  RATIO=.01868
```

3. 구조해석

3.1 MODELING

RAMP-A교의 기본적인 모델링은 상부 및 하부구조물은 FRAME요소를 이용하였고,
하부구조와 상부구조를 연결하는 교량받침의 특성에 대해서 SAP2000에서 정의하는
NLLink 라는 요소를 사용하였다.

1) 교량전체 모델



4. 고유치 해석결과

아래의 모드형상에서 알 수 있는 것처럼 1차 모드는 상판의 교축방향 병진모드 2차 모드는 상판의 교축직각방향 병진모드를 나타나고 있다. 전체적으로 교량의 기본적인 거동을 잘 표현하고 있다 판단된다.

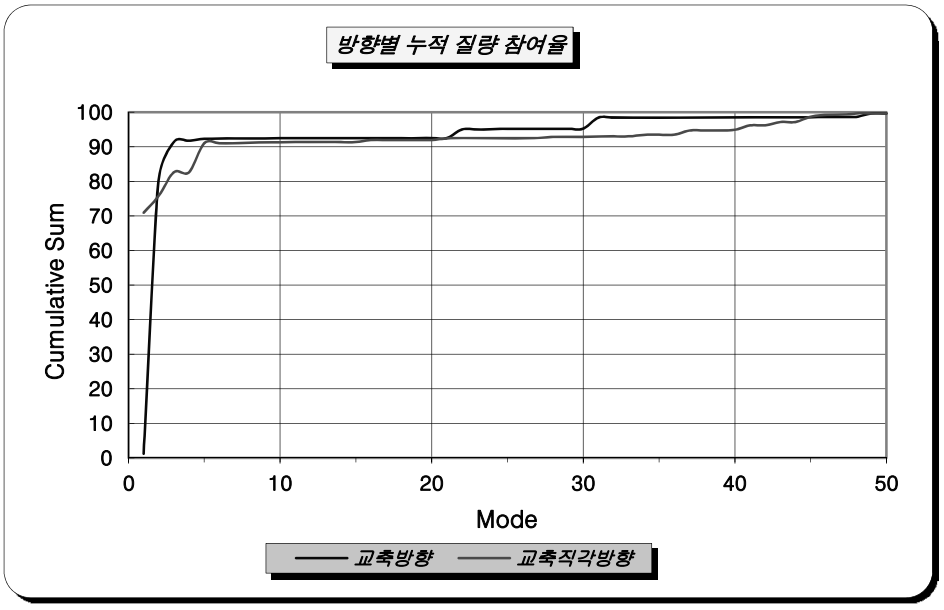
4.1 주기 및 진동수

< 모드별 주기 및 진동수 >

MODE	PERIOD	FREQUENCY		EIGENVALUE	비고
	(TIME)	(CYC/TIME)	(RAD/TIME)	(RAD/TIME)**2	
1	1.5093	0.6625	4.16	17.33	
2	1.4551	0.6872	4.32	18.65	
3	1.3788	0.7253	4.56	20.77	
4	1.3293	0.7523	4.73	22.34	
5	1.2611	0.7930	4.98	24.82	
6	0.8260	1.2107	7.61	57.87	
7	0.7266	1.3762	8.65	74.77	
8	0.5717	1.7491	10.99	120.78	
9	0.5652	1.7694	11.12	123.60	
10	0.4376	2.2850	14.36	206.12	
11	0.4066	2.4595	15.45	238.81	
12	0.3970	2.5188	15.83	250.47	
13	0.3477	2.8763	18.07	326.62	
14	0.3355	2.9802	18.73	350.64	
15	0.3248	3.0790	19.35	374.27	
16	0.2738	3.6526	22.95	526.70	
17	0.2324	4.3034	27.04	731.12	
18	0.2265	4.4151	27.74	769.56	
19	0.2072	4.8271	30.33	919.88	
20	0.2068	4.8361	30.39	923.31	
21	0.1822	5.4874	34.48	1188.77	
22	0.1691	5.9143	37.16	1380.93	
23	0.1635	6.1160	38.43	1476.72	
24	0.1599	6.2555	39.30	1544.85	
25	0.1589	6.2932	39.54	1563.53	
26	0.1543	6.4823	40.73	1658.87	
27	0.1450	6.8970	43.33	1877.92	
28	0.1367	7.3180	45.98	2114.17	
29	0.1234	8.1034	50.91	2592.33	
30	0.1167	8.5695	53.84	2899.17	
31	0.1053	9.4979	59.68	3561.33	
32	0.1011	9.8921	62.15	3863.09	
33	0.1004	9.9619	62.59	3917.85	
34	0.0992	10.0838	63.36	4014.27	
35	0.0945	10.5827	66.49	4421.36	
36	0.0825	12.1262	76.19	5805.09	
37	0.0776	12.8796	80.93	6548.89	
38	0.0708	14.1218	88.73	7872.97	
39	0.0599	16.7017	104.94	11012.44	
40	0.0557	17.9486	112.77	12718.06	
41	0.0548	18.2344	114.57	13126.28	
42	0.0474	21.0758	132.42	17535.92	
43	0.0458	21.8431	137.24	18835.94	
44	0.0357	28.0337	176.14	31025.57	
45	0.0333	30.0218	188.63	35582.24	
46	0.0302	33.0962	207.95	43243.13	
47	0.0242	41.3885	260.05	67626.89	
48	0.0180	55.5077	348.77	121637.34	
49	0.0161	62.2356	391.04	152910.74	
50	0.0107	93.3073	586.27	343708.96	

4.2 질량 참여율

고유치 해석결과 방향별 유효 질량 참여율의 합이 90%를 상회함을 확인하여 본 해석이 교량의 동적거동을 충분히 구현하고 있음을 확인하였다.

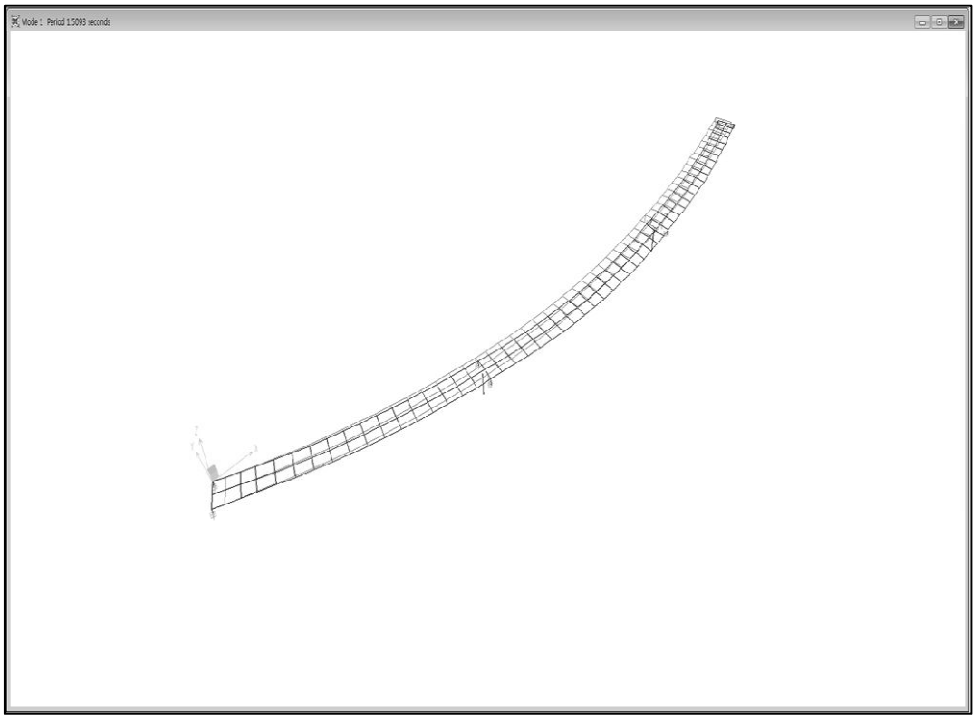


< 질량참여율 >

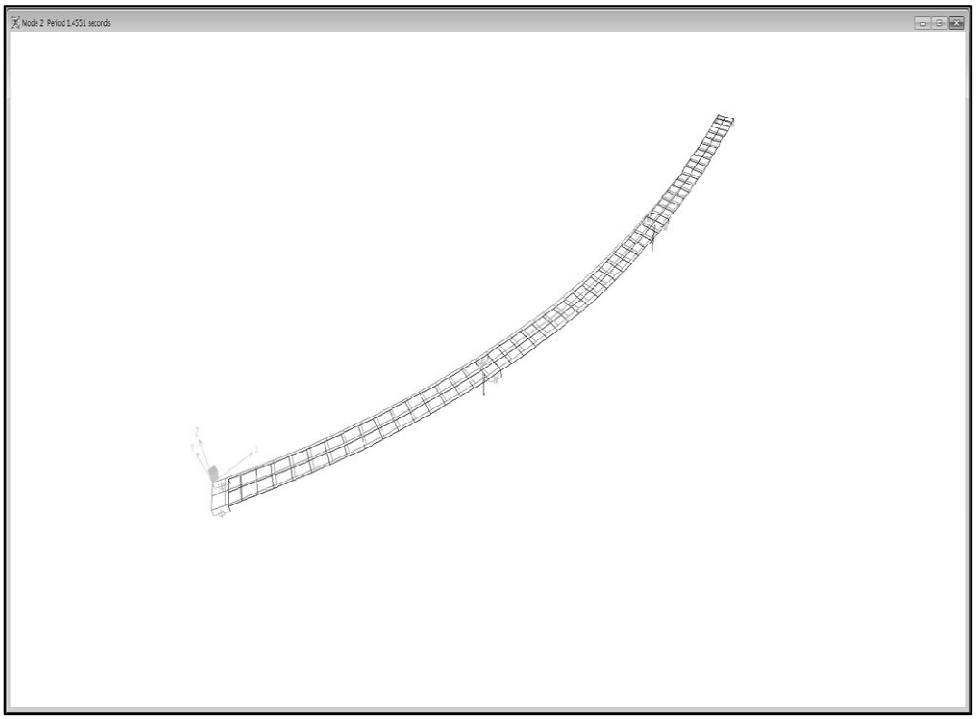
MODE	PERIOD (SEC)	INDIVIDUAL MODE (PERCENT)			CUMULATIVE SUM (PERCENT)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	1.509	1.225	70.896	0.003	1.225	70.896	0.003
2	1.455	79.615	4.960	0.006	80.840	75.855	0.009
3	1.379	10.560	6.782	0.006	91.400	82.638	0.016
4	1.329	0.345	0.001	0.692	91.745	82.638	0.708
5	1.261	0.543	8.368	0.014	92.288	91.006	0.722
6	0.826	0.069	0.002	0.018	92.357	91.008	0.740
7	0.727	0.076	0.039	0.002	92.433	91.047	0.741
8	0.572	0.000	0.115	37.903	92.433	91.161	38.644
9	0.565	0.006	0.101	23.038	92.439	91.262	61.682
10	0.438	0.022	0.010	0.001	92.461	91.272	61.683
11	0.407	0.000	0.058	0.002	92.461	91.330	61.686
12	0.397	0.033	0.001	0.003	92.493	91.330	61.688
13	0.348	0.002	0.002	0.010	92.495	91.333	61.699
14	0.336	0.000	0.000	0.082	92.495	91.333	61.781
15	0.325	0.009	0.000	0.004	92.505	91.333	61.785
16	0.274	0.000	0.603	0.008	92.505	91.936	61.793
17	0.232	0.000	0.000	0.255	92.505	91.936	62.048
18	0.226	0.007	0.033	0.001	92.512	91.969	62.048
19	0.207	0.008	0.001	0.001	92.520	91.970	62.050
20	0.207	0.000	0.002	0.000	92.520	91.971	62.050
21	0.182	0.002	0.443	0.081	92.522	92.414	62.131
22	0.169	2.482	0.072	0.000	95.004	92.486	62.132
23	0.164	0.005	0.001	0.004	95.009	92.487	62.136
24	0.160	0.077	0.000	0.002	95.086	92.487	62.137
25	0.159	0.111	0.008	0.001	95.197	92.495	62.138
26	0.154	0.015	0.000	0.000	95.211	92.495	62.138
27	0.145	0.002	0.001	3.338	95.213	92.496	65.477
28	0.137	0.002	0.349	0.031	95.216	92.845	65.507
29	0.123	0.000	0.001	0.002	95.216	92.845	65.509
30	0.117	0.023	0.029	0.010	95.239	92.874	65.519
31	0.105	3.186	0.052	0.006	98.424	92.926	65.525
32	0.101	0.001	0.069	8.129	98.425	92.995	73.654
33	0.100	0.003	0.002	0.064	98.428	92.996	73.718
34	0.099	0.000	0.428	1.700	98.428	93.425	75.419
35	0.094	0.004	0.051	0.091	98.433	93.476	75.509
36	0.082	0.001	0.002	0.009	98.434	93.478	75.518
37	0.078	0.006	1.199	0.123	98.439	94.677	75.641
38	0.071	0.020	0.023	0.006	98.459	94.699	75.647
39	0.060	0.017	0.049	0.064	98.476	94.749	75.711
40	0.056	0.000	0.156	3.278	98.476	94.904	78.989
41	0.055	0.027	1.271	0.159	98.503	96.175	79.148
42	0.047	0.001	0.021	3.923	98.504	96.196	83.071
43	0.046	0.004	0.960	0.010	98.508	97.155	83.081
44	0.036	0.001	0.001	7.278	98.509	97.156	90.359
45	0.033	0.000	1.534	0.001	98.509	98.690	90.360
46	0.030	0.110	0.562	0.023	98.619	99.252	90.383
47	0.024	0.001	0.001	4.940	98.621	99.253	95.323
48	0.018	0.010	0.394	0.000	98.631	99.646	95.323
49	0.016	1.003	0.003	0.015	99.634	99.649	95.339
50	0.011	0.001	0.000	0.552	99.635	99.649	95.891

4.3 모드형상(Mode Shape)

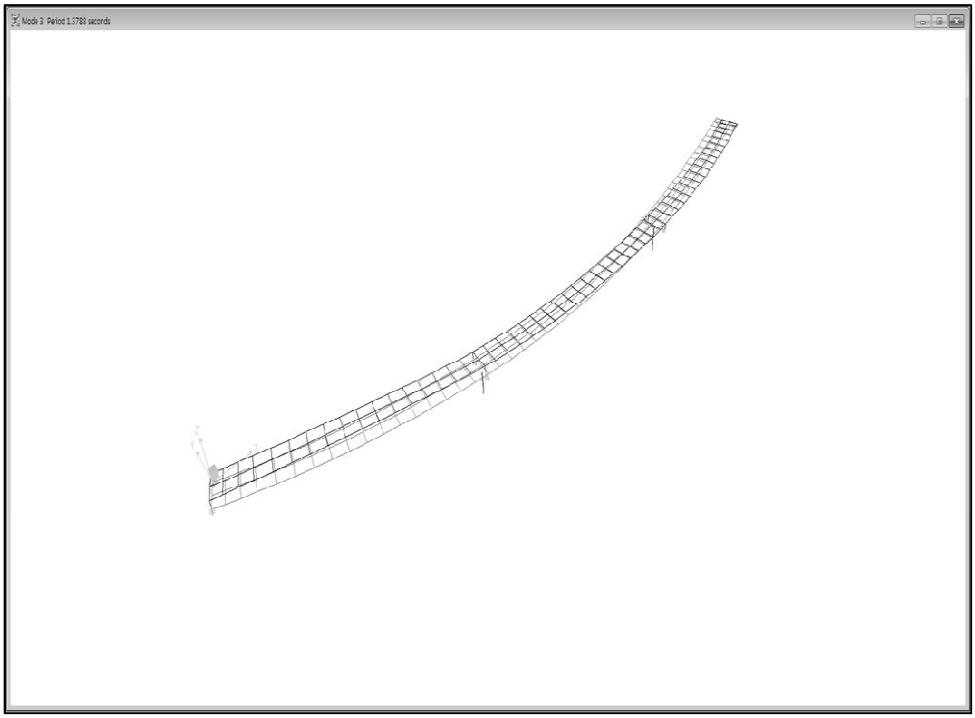
■ Mode 1 T = 1.5093 sec



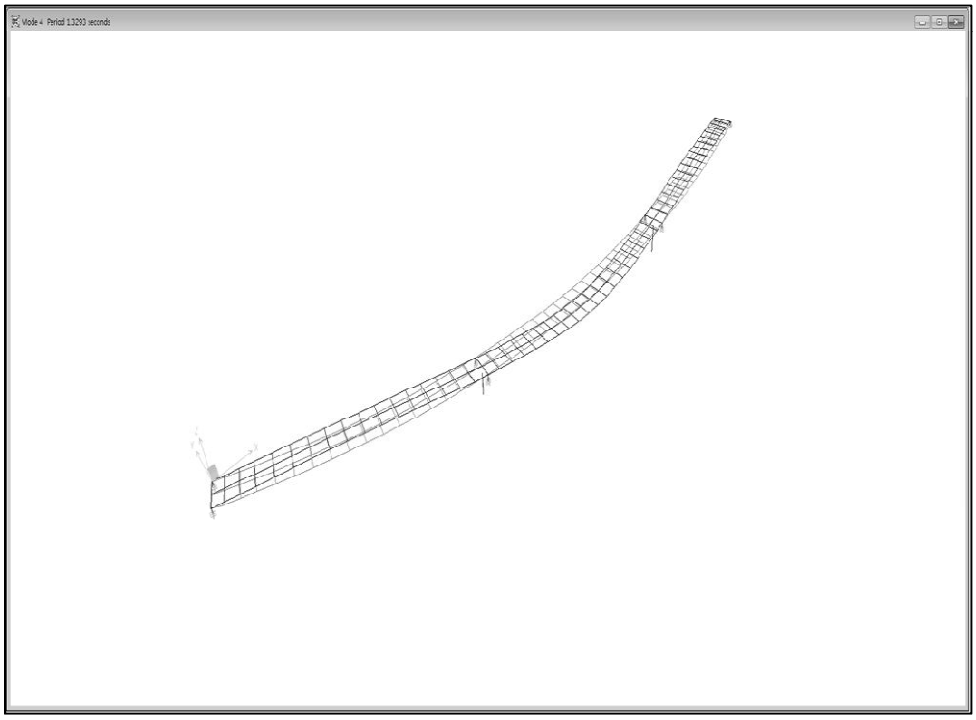
■ Mode 2 T = 1.4551 sec



■ Mode 3 T = 1.3788 sec



■ Mode 4 T = 1.3293 sec



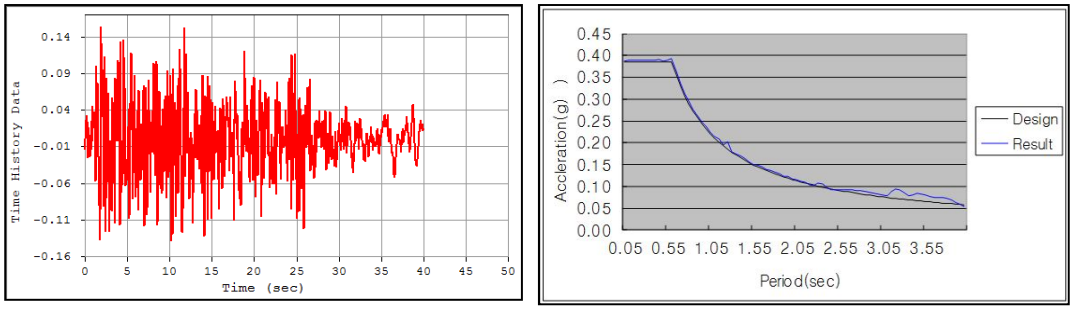
5. 입력파형의 정의

- 본 해석에서는 2005 도로교설계기준 6.10.7.5절의 세목에 준하여 인공지진파를 선택.수정한 후 해석에 이용하였다.
- 또한 설계기준 표 6.3.6에서 정의한 지반분류II에 부합하는 서로 다른 실제 지진기록으로부터 얻은 네 쌍의 수평지반운동 시간이력 성분을 이용하였으며, 주파수 조절을 통해 다음의 두 가지 기준을 만족하도록 하였다.
- 작성된 시간이력이 설계지반 응답스펙트럼에 부합되기 위한 작성된 시간이력의 평균 응답스펙트럼에 대한 기준

① 시간이력의 응답스펙트럼 값이 설계지반 응답스펙트럼값보다 낮은 주기의 수는 5개 이하이고 낮은 정도는 10% 이내이어야 한다.

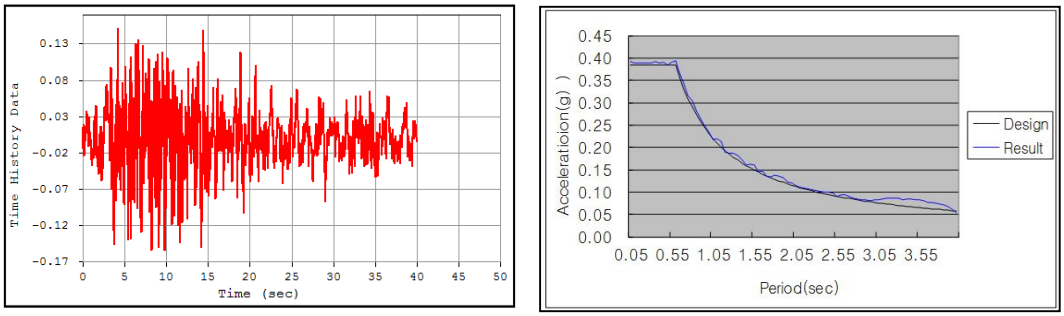
② 시간이력의 응답스펙트럼을 계산하는 주기의 간격은 스펙트럼 값의 변화가 10%이상 되지 않을 정도로 충분히 작아야 한다. (2005 도로교 설계기준 6.10.7.5를 적용)

1. The Frequency-Scaled Ground Motion Input Histories (Pair1)



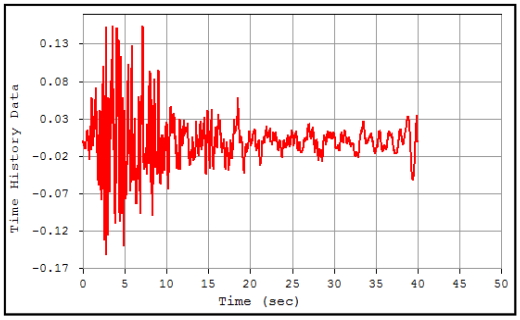
- The Name of Recorded Event : Imperial Valley 1979 Array 6 239°
- The Duration of Ground Motion : 40 sec
- Acceleration Coefficient : 0.154
- Soil Profile Type : II

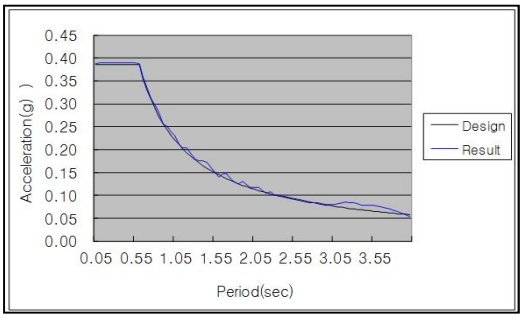
2. The Frequency-Scaled Ground Motion Input Histories(Pair2)



- The Name of Recorded Event : Kern Country 1952 Taft S69° E
- The Duration of Ground Motion : 40 sec
- Acceleration Coefficient : 0.154
- Soil Profile Type : II

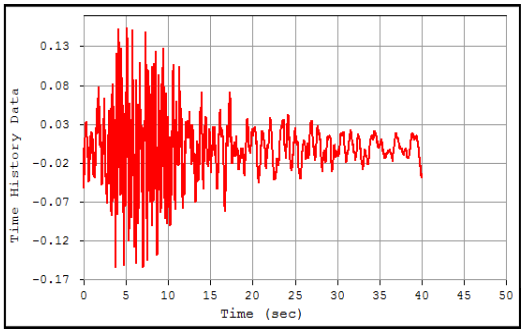
3. The Frequency-Scaled Ground Motion Input Histories(Pair3)

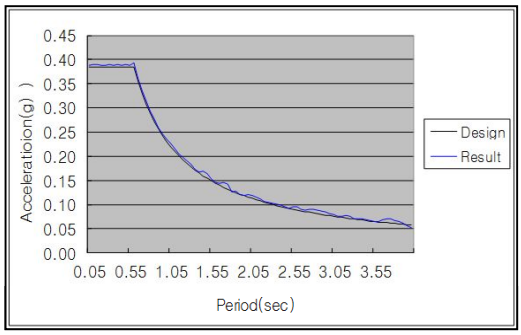




- The Name of Recorded Event : Loma Prieta Corralitos 0°
- The Duration of Ground Motion : 40 sec
- Acceleration Coefficient : 0.154
- Soil Profile Type : II

4. The Frequency-Scaled Ground Motion Input Histories(Pair4)





- The Name of Recorded Event : Northridge 1994 0°
- The Duration of Ground Motion : 40 sec
- Acceleration Coefficient : 0.154
- Soil Profile Type : II

6. 2 내진해석 결과요약

1) 받침부재력

◎ 지진력의 조합

하중경우 1 : 1.0 × (종방향축의 해석) + 0.3 × (횡방향축의 해석)

하중경우 2 : 1.0 × (횡방향축의 해석) + 0.3 × (종방향축의 해석)

- 전단 설계력 (kN)

PIER NO	Element	COMB1		COM2		교량받침				비고
		교축	교직	교축	교직	수직용량	구분	수평용량	검토	
A1	1	165.06	221.01	164.98	325.88	3500	M	465	O.K.	
	2	295.05	355.50	294.93	473.13	5500	M	607	O.K.	
P1	3	1168.03	617.50	822.49	1021.67	15000	M	1393	O.K.	
	4	1018.29	522.71	724.43	874.79	13000	M	1185	O.K.	
P2	5	1049.68	523.27	602.54	1036.23	15000	M	1393	O.K.	
	6	912.12	452.33	530.38	892.90	13000	M	1185	O.K.	
A2	7	201.49	224.95	201.48	318.70	4000	M	453	O.K.	
	8	257.39	280.14	257.36	366.78	5000	M	477	O.K.	

※응답수정계수 나누기 전의 값임.

- 받침변위 (mm)

PIER NO	Element	COMB1		COM2		교량받침				비고
		교축	교직	교축	교직	수직용량	구분	허용변위	검토	
A1	1	33.8	9.9	15.1	29.2	3500	M	60	O.K.	
	2	35.1	9.8	14.9	29.0	5500	M	60	O.K.	
P1	3	31.4	4.9	5.3	22.3	15000	M	66	O.K.	
	4	32.5	4.9	5.0	22.4	13000	M	66	O.K.	
P2	5	24.8	3.4	5.4	26.4	15000	M	66	O.K.	
	6	25.8	3.3	5.5	26.4	13000	M	66	O.K.	
A2	7	34.4	7.9	12.6	25.4	4000	M	60	O.K.	
	8	35.7	7.9	12.2	25.4	5000	M	60	O.K.	

2) 기둥부재력

구분		Frame	LOAD	축력(kN)	전단력(KN)	모멘트(KN-m	변위(m)	전단력(KN)	모멘트(KN-m)	변위(m)
				P	V2	M3		V3	M2	
P1	상단	P1A	COMB1	3206.6	2756.5	9933.4	0.0063	1219.2	7526.0	0.0040
		P1A	COMB2	3151.5	1823.5	6332.5	0.0038	2024.0	14042.2	0.0078
	하단	P1B	COMB1	3569.0	2549.0	16066.1		1164.4	10258.9	
		P1B	COMB2	3481.2	1689.6	10422.9		1931.1	18761.7	
P2	상단	P2A	COMB1	3408.2	2417.4	9471.5	0.0140	1079.5	6473.5	0.0079
		P2A	COMB2	3241.9	1384.9	5253.2	0.0065	2125.0	14624.6	0.0184
	하단	P2B	COMB1	3923.3	2233.7	19220.9		999.6	10170.5	
		P2B	COMB2	3771.9	1281.6	10824.8		2053.8	21556.0	

상부구조의 여유간격 검토

지진시에 상부구조와 교대 혹은 인접하는 상부구조간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하고, 설계시 고려된 내진성능이 충분히 발휘할 수 있도록 하기 위하여 상부구조의 단부에는 여유간격을 설치하여야 한다. 상부구조의 여유간격은 다음식에 의한 값보다 작아서는 안된다.

$\Delta li = d + 0.6\Delta lt$

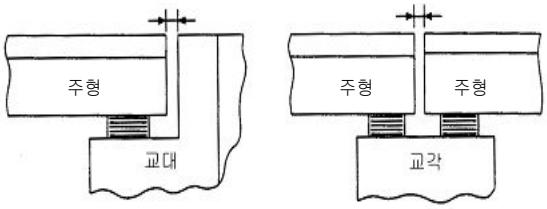
여기서, Δli : 상부구조의 여유간격
d : 지반에 대한 상부구조의 총변위 (di + dsub)
Δlt : 온도변화에 의한 이동량 (mm)
(Δls 와 Δlc 는 수축량이므로 고려하지 않음)

- 상부구조의 여유간격 검토

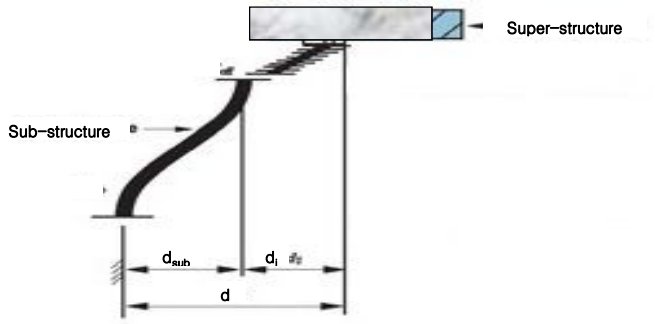
상부구조의 여유간격은 도로교설계기준 2.4.1.3 page.42에서 규정하는 여유량을 고려한 가동받침의 이동량보다 커야 하며, 또한 교축직각방향의 지진시 변위에 의한 인접상부구조 및 주요구조부재간의 충돌 가능성이 있을 때는 이를 방지하기 위한 여유간격을 설치한다.

(단위:mm)

구 분	상부구조의 총변위 (d)			온도변위	여유간격	설치유간	검토결과
	받침변위	교각변위	상부변위				
	(di)	(dsub)	(di+dsub)	(Δlt)	(Δli)		
A1	35.1	0.0	35.1	77.1	65.9	180	O.K
A2	35.7	0.0	35.7	77.1	66.5	100	O.K



<그림> 상부구조의 여유간격



<그림> 지반에 대한 상부구조의 총변위 (d = di + dsub)

2. 옥산 JCT Ramp-C교

상부 구조

목 차

1. 설계기준

2. 단면가정

3. 바닥판 설계

3.1 좌측 캔틸레버부

3.2 우측 캔틸레버부

3.3 가로등 설치구간

3.4 중앙부바닥판(경험적설계)

3.5 내부지점부 주장율검토

3.6 진입부 바닥판

3.7 하부콘크리트 철근량 산정

4. 주거더의 설계

4.1 강재플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

4.2 단면정수 산정

4.3 작용하중의 산정

4.4 모델링 및 하중조합

1) 모 델 링

2) 단면제정수

3) 하중조합

4.5 주거더의 부재력 집계

4.6 반력 집계

4.7 뒴비틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토

4.8 2차 부정정력에 대한 영향검토

5. 주거더 응력검토

5.1 정모멘트구간 응력검토

5.2 교번구간 응력검토

5.3 이중합성구간 응력검토

5.4 응력검토 요약

6. 이음부 설계

6.1 정모멘트구간 현장이음 설계

6.2 부모멘트구간 현장이음 설계

6.3 용접부 검토

7. 보강재 설계

7.1 플랜지 보강재 설계

7.2 복부판 보강재 설계

7.3 지점보강재 설계

7.4 잭업보강재 설계

8. 가로보 설계

8.1 가로보 설계

8.2 가로보 연결

9. 다이아프램 설계

9.1 중간다이아프램(K-다이아프램)

9.2 교대부 다이아프램

9.3 교각부 다이아프램

9.4 다이아프램 응력검토

9.5 수평브레이싱 설계

10. 전단연결재 설계

10.1 상부바닥판 전단연결재

10.2 하부슬래브 전단연결재

11. 사용성 검토

11.1 피로 검토

11.2 처짐 검토

12. 솟음(CAMBER)

13. 신축이음 검토

1. 설 계 조 건

1) 교 량 제 원

① 교 량 명 : 옥산JCT RAMP-C교

② 교 량 등 급 : 1등급

③ 교 량 형 식 : 이중합성 강박스 거더교 (DCB Girder Bridge)

④ 지 간 : 82 + 93 + 82= 257

⑤ 교 폭 : 9.000 m

⑥ 거 더 제 원 : B = 2.200 m , H = 2.500 ~ 3.700 m

⑦ 사 각 (SKEW) : 0.0 °

⑧ 곡 선 반 경 : R = 300 m

⑨ 설 계 속 도 : 60 km/h

2) 하 중 조 건

① 고 정 하 중 (☞ 도.설.기 2.1.2)

- 철근 콘크리트 : 25.000 kN/㎥
- 무근 콘크리트 : 23.500 kN/㎥
- 강 재 : 78.500 kN/㎥
- 교면 포장 : 23.500 kN/㎥

② 활 하 중 (☞ 도.설.기 2.1.3)

- 활하중은 교축방향으로 차도부분에 차선당 1대의 DB하중이나 차선분의 DL하중중 설계부재에 가장 불리한 경우를 재하한다.
- 차 륜 하 중 : DB - 24 Pr = 96.000 kN
  Pf = 24.000 kN
- 차 선 하 중 : DL - 24 Wl = 12.700 kN/m
  Pm = 108.000 kN
  Ps = 156.000 kN

3차선이상의 활하중이 동시에 재하하는 경우에는 다음의 백분율로 감소시킨다.

(3차선 일때의 90%, 4차선이상인 경우에는 75%)

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

③ 콘크리트의 크리프와 건조수축의 영향

- 철근 콘크리트의 바닥판의 크리프와 건조수축의 영향에 대한 단면력을 검토한다.

④ 지점침하에 의한 영향

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

⑤ 온도변화에 대한 영향

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

⑥ 풍하중(kN/m) (☞ 도.설.기 표 2.1.9)

- 단면형상이 1 ≤ B/D < 8 일때 : [4.0-0.2(B/D)]×D ≥ 6
- 단면형상이 8 ≤ B/D 일때 : 2.4D ≥ 6 (☞ 도.설.기 표 2.1.11)

부재의 단면형상		풍하중(kN/m^2)
트러스	활하중 재하시	1.25/√ ϕ
	활하중 비재하시	2.50/√ ϕ
교량의 바닥판	활하중 재하시	1.500
	활하중 비재하시	3.000

⑦ 충돌하중 (☞ 도.설.해 P112)

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

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

- 다음에 제시된 충돌력은 벽식 강성 방호 울타리인 경우 바닥판의 설계에만 사용하며, 이 충돌력만을 사용하여 차량 방호 울타리 자체를 설계하는 것은 곤란하다.
  - 수평 충돌력 H는 노면상 1.0 m 높이에 교축을 따라 1.0m마다 작용하면 다음식으로 구한다

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

  - 방호벽 상단에 횡방향으로 10 kN/m의 수평하중을 재하한다. (다만, 곡률반지름 R≤200m인 곡선부에 대해서는 ①, ② 모두에 대해 그 수평충돌력은 계산된 값의 2배로 한다)

⑧ 원심하중 (☞ 도.설.기 2.1.17)

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

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

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분률
V : 설계속도 (km/h)
R : 곡선반경(m)

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

3) 사 용 재 료

① 상부 바닥판 콘크리트 (상부슬래브)

- 강 도 : fck = 27 MPa
- 탄성계수 : Ec = 27,804 MPa
- 탄성계수비 : n = 7

② 하부 바닥판 콘크리트 (지점부 하부슬래브)

- 강 도 : fck = 40 MPa
- 탄성계수 : Ec = 30,891 MPa
- 탄성계수비 : n = 7

③ 철 근 (SD400)

- 항복강도 : fy = 400 MPa
- 탄성계수 : Es = 200,000 MPa

④ 강 재

- 주부재 : HSB500 사용 (상판, 하판, 복부판, 상부종리브, 하부종리브, 수평보강재, 지점부 다이아프램, 지점보강재, 솔플레이트)
- 부부재 : SM400 사용 (지점부외 다이아프램, 수직보강재, 횡리브, 세로보, 가로보,)
- 탄성계수 : Est = 205,000 MPa
- 전단탄성계수 : G = 79,000 MPa

⑤ 강재의 허용응력

- 허용 인장 응력 (MPa) (☞ 도.설.기 표 3.3.1)

<table>
<tr><th colspan="2">강 종
응력 종류, 판두께(mm)</th><th>SS 400
SM 400
SMA400</th><th>SM 490</th><th>SM490Y
SM 520
SMA490</th><th>SM 570
SMA570</th><th>HSB500</th><th>HSB600</th><th>HSB800</th></tr>
<tr><td rowspan="3">축방향 인장응력
및
휨 인장응력</td><td>40 이하</td><td>140</td><td>190</td><td>215</td><td>270</td><td rowspan="3">230</td><td rowspan="3">270</td><td rowspan="3">380</td></tr>
<tr><td>40 초과 75 이하</td><td rowspan="2">130</td><td rowspan="2">175
(190)</td><td>200
(215)</td><td>260
(270)</td></tr>
<tr><td>75 초과 100이하</td><td>195
(215)</td><td>250
(270)</td></tr>
</table>

* TMC 강재일 경우에는 ()의 값을 적용한다.

- 허용 압축/전단/지압 응력 (MPa)　　(☞ 도.설.기 표 3.3.4(a), 표 3.3.5)

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

* TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

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

- 항복 응력 (MPa)　　(☞ 도.설.기 표 3.2.3)

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

* TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

- 국부좌굴을 고려하지 않는 허용 축방향 압축응력 (MPa) (☞ 도.설.기 표 3.3.2)

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

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

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

- a) 이외의 허용 휨압축응력 (MPa) (☞ 도.설.기 표 3.3.4(a))

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

* TMC 강재일 경우에는 ( )안의 값을 적용한다.

- a) 이외의 허용 휨압축응력 (MPa) (계속) (☞ 도.설.기 표 3.3.4(a))

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

- 강재 주거더의 허용응력 증가율 (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

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

- 마찰이음용 고장력 볼트 허용력 (kN) (1볼트 1마찰면 마다) (☞ 도.설.기 표 3.3.3)

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

4) 설 계 방 법

① 바닥판 : 극한강도 설계법 + 경험적설계법

② 강합성거더 : 허용응력 설계법

5) 참 고 문 헌

① 도로교설계기준---------- 국토해양부 (2010) [☞ 도.설]

② 도로교설계기준 해설---------- 대한토목학회 (2008) [☞ 도.설.해]

③ 도로설계요령---------- 한국도로공사 (2009) [☞ 도.설.요]

④ 도로설계편람---------- 국토해양부 (2008) [☞ 도.설.편]

⑤ 콘크리트구조기준---------- 국토해양부 (2012) [☞ 콘.기]

⑥ 강도로교상세부설계지침---------- 국토해양부 (2006)

⑦ 강구조편람---------- 한국강구조학회 (1995)

⑧ 개구제형 강거더 설계지침---------- 한국도로공사 (2002)

⑨ 강교설계의 기초---------- 도서출판 건설도서 (2005)

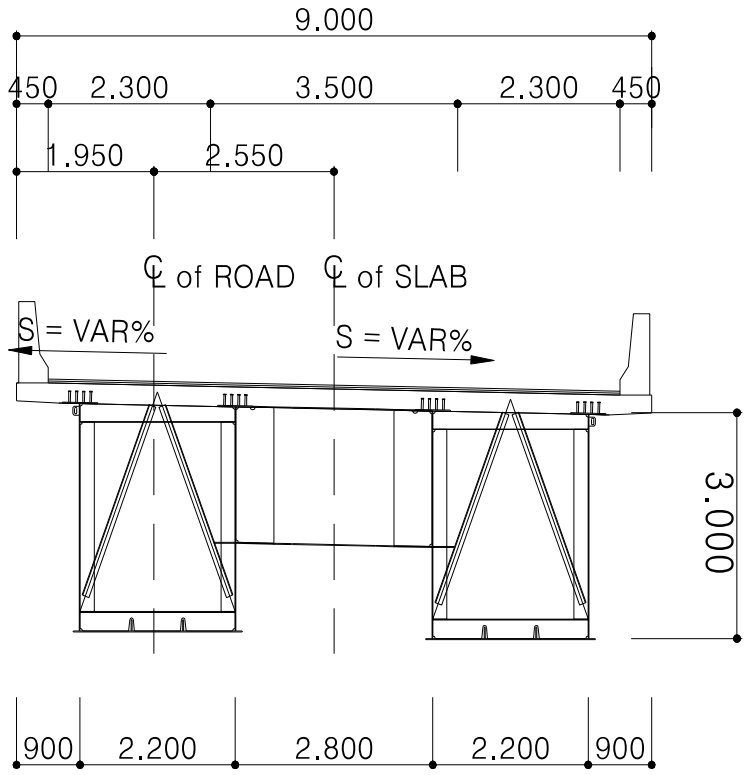
⑩ STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES---------- AASHTO (1996)

⑪ DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES---------- HEINS,C.P. (1979)

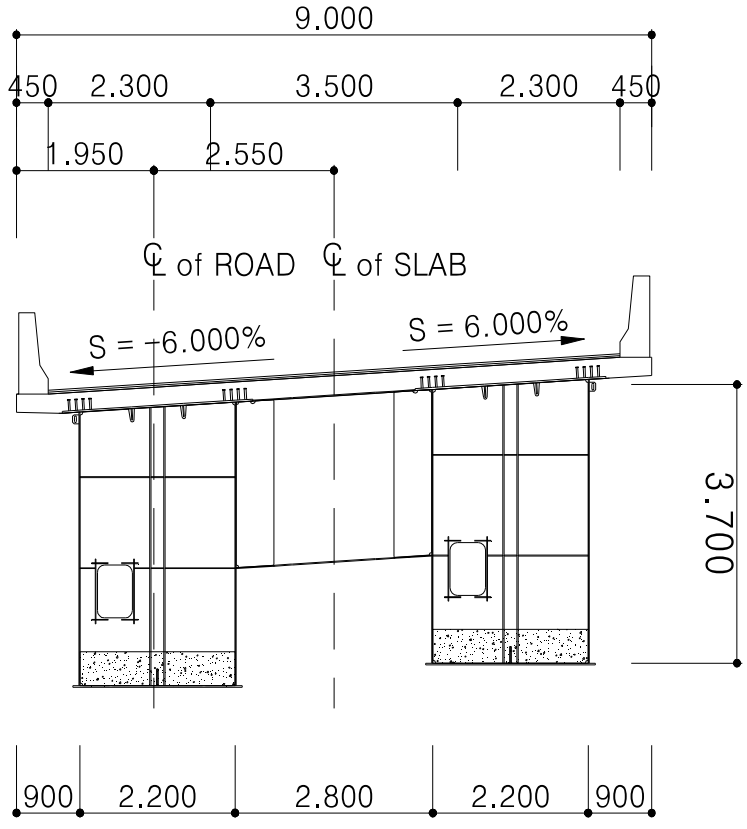
⑫ ENGINEERING FOR STEEL CONSTRUCTION---------- AISC (1984)

2. 단면가정

중앙부

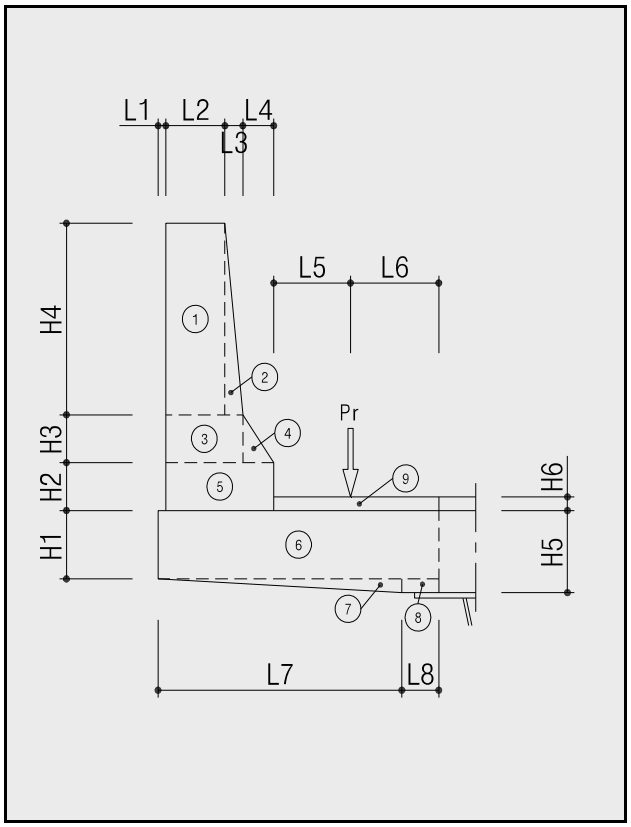


지점부



3. 바닥판 설계

3.1 좌측 캔틸레버부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.266 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.025 m
H7	0.000 m	L7	0.600 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량	23.500 kN/m³
포장 단위중량	23.500 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
탱크 총 중량	
탱크궤도 길이	
탱크하중 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.000	5.578	0.630	3.514
2	½ × 0.070 × 0.970 × 25.000	0.849	0.492	0.417
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.595	0.781
4	½ × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.405	0.106
5	0.420 × 0.175 × 25.000	1.838	0.535	0.983
6	0.775 × 0.240 × 25.000	4.650	0.388	1.802
7	½ × 0.600 × 0.026 × 25.000	0.195	0.375	0.073
8	0.175 × 0.026 × 25.000	0.114	0.088	0.010
9	0.325 × 0.050 × 23.500	0.382	0.163	0.062
TOTAL		15.179		**7.748**

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8·X + 1.14 = 0.8 × 0.025 + 1.14 = 1.160 m 여기서, X = 0.025 m

▪ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.025) = 0.375 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (96.00 / 1.160)×0.025×(1 + 0.30) = **2.690** kN·m/m

(3) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2\times 7.5+2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

H = (60.000 / 60)² × 7.5 + 2.5 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.183 m

Mco = 10.000 × 1.183 = 11.830 kN·m/m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.453 m

Mco = 10.000 × 1.453 = 14.530 kN·m/m

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

Mco = 14.530 = **14.530** kN·m/m

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m²) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.270 = 3.810 kN/m

Mw = 3.810 × (1.270 / 2 + 0.05 + 0.27 / 2) = **3.117** kN·m/m

(5) 원 심 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79\ V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

CF = 0.79 × 60.000² / 300.000 = 9.480 (%)

Pcf = 96.000 / 1.160 × 9.480 / 100 = 7.846 kN/m 작용높이 h = 1.983 m

Mcf = 7.846 × 1.983 = **15.558** kN·m/m

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{co})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	**7.748**	**2.690**	**0.000**	**14.530**	**0.000**	**3.117**	**15.558**

(7) 하 중 조 합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	10.073	5.783			20.225	36.081
CASE 2	"	10.073	3.497	18.889		20.225	52.683
CASE 3	"	10.073	3.497		2.026	20.225	35.820
CASE 4	"	9.298		17.436	3.740		30.474
CASE 5	"	10.073			4.052		14.125
최대 계수 모멘트							**52.683**
CASE 6	"	7.748	2.690		0.935	0.000	11.373
CASE 7	"	7.748	2.690	0.000		0.000	10.438
최대 사용 모멘트							**11.373**

(9) 캔틸레버판 단부 설계

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

② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량과 동일하게 배근한다.

③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.03 ≤ 0.25인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)

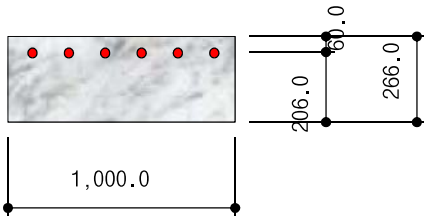
$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.025 + 180) = 187.0$ mm < 220.0 mm ∴ $h_{req} = 220.0$ mm

$h_{use} = 266.0$ mm > $h_{req} = 220.0$ mm ····· **O.K !!**

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	=	27.0 MPa	f_y	=	400.0 MPa
M_u	=	52.7 kN·m	M	=	11.4 kN·m
b	=	1,000.0 mm	h	=	266.0 mm
β	=	0.85	d'	=	60.0 mm
$Ø_f$	=	0.85	d	=	206.0 mm



▪ 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

$T = A_s \times f_y$ = 993.0 × 400.0 = 397,200.0

$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b$ = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 17.307mm

c = 17.307 / β = 17.307 / 0.85 = 20.361 mm

$\varepsilon_y = f_y / E_s$ = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

$\varepsilon_t = 0.003 \times (dt - c) / c = 0.003 \times (206.0 - 20.361) / 20.361$ = 0.0274

ε_t = 0.0274 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 0.017429 A_s ---------- ①

$M_u = \Phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 70,040.0 A_s - 170.0 $A_s \cdot a$ ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

52,683,492.2 = -2.962963 A_s^2 + 70,040.0 A_s

∴ $A_{s\,req}$ = **777.783** mm^2

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\,use}$ = H 16 @ 400.0 = 496.5 mm^2

H 16 @ 400.0 = 496.5 mm^2

Σ = **993.0** mm^2 [사용률 = 1.277] ····· 0.K !!

▪ 철근량 검토

$A_{s\,min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 721.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y× b × d = 669.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 532.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\,min}$ = **721.0** mm^2

$A_{s\,max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **4,303.9** mm^2 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\,max}$ ≥ $A_{s\,use}$ ≥ $A_{s\,min}$ ····· 0.K !!

▪ 휨에 대한 검토

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 17.307 mm

ΦM_n = 0.85×993.0×400.0×(206.0-a/2) = **66.628** kN·m

∴ ΦMn ≥ Mu [사용률 = 1.265] ····· 0.K !!

▪ 배력 철근량 산정 (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

백분율 = 120 / √(L) = 120 / √(0.775) = 136.311 % ≥ 67.0 %

A_s = 777.783 × 67.000 % = 521.115 mm^2

수축·온도철근량 = 0.002 · b · h = 532.000 mm^2

∴ $A_{s\ req}$ = 532.000 mm^2

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 500.0 = 397.2 mm^2

H 16 @ 500.0 = 397.2 mm^2

Σ = **794.4** mm^2 **[사용률 = 1.493]** ····· **O.K !!**

② 캔틸레버부 단부 설계

철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다.

▪ 주 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **1,555.566** mm^2

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 200.0 = 993.0 mm^2

H 13 @ 200.0 = 633.5 mm^2

Σ = **1,626.5** mm^2 **[사용률 = 1.046]** ····· **O.K !!**

▪ 배 력 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **1,064.000** mm^2

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 250.0 = 794.4 mm^2

H 16 @ 250.0 = 794.4 mm^2

Σ = **1,588.8** mm^2 **[사용률 = 1.493]** ····· **O.K !!**

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	= Es / Ec	=	7.0		
$A_{s\,use}$	= H 16 @ 400.0	=	496.5	mm^2	(개수 = 5.0 ea)
	H 16 @ 400.0	=	496.5	mm^2	
		Σ =	**993.0**	mm^2	
철근비 ρ	= A_s / bd				
	= 993.0 / (1,000.0 × 206.0)	=	0.00482		
중립축 k	= $-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$				
	= -0.0337 +√(2×0.0337 + 0.0337²)	=	0.22822		
중립축 거리 x	= k × d = 0.22822 × 206.0	=	47.013		
j	= 1 - k / 3 = 1 - 0.228 / 3	=	0.924		
철근 응력 f_s	= M / (A_s × j × d)				
	= 11.37 / (993.0 × 0.924 × 206.0)	=	60.176	MPa	

▪ 균 열 검 토 (☞ 콘.설.해 4.2)

최소 두께 c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 mm

인장연단 폭 s_1 = 375 × (210 / f_s) - 2.5·c_c (☞ 콘.설.해 6.3.3)

= 375×(210 / 60.176) - 2.5×52.050 = 1,178.535 mm

인장연단 폭 s_2 = 300 × (210 / f_s)

= 300×(210 / 60.176) = 1,046.928 mm

Min = 1,046.928 mm

∴ **s** = 1,000.0 / 5.0ea = **200.0 mm** ≤ **s_a** = **1,046.9 mm** ····· **O.K !!**

▪ 처 짐 검 토

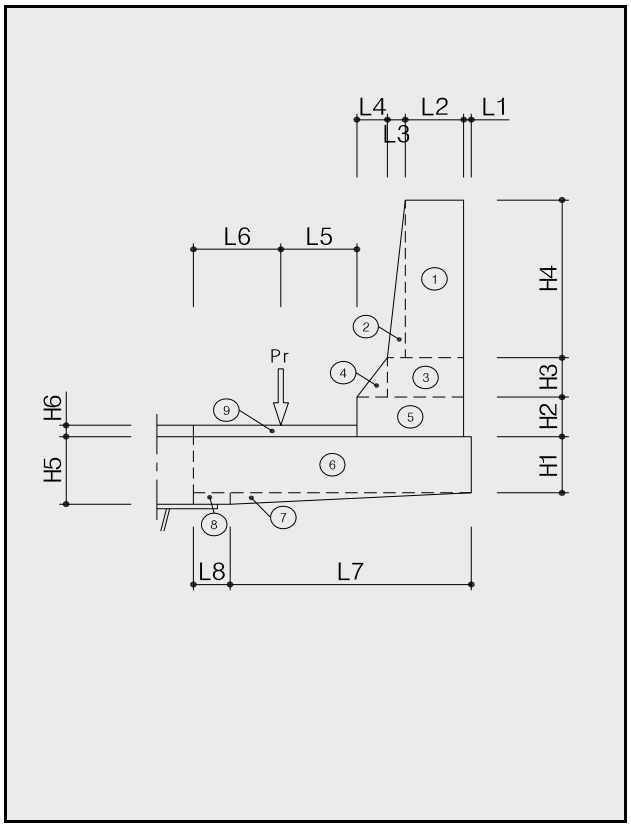
처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

t(min) = L / 10 = 775.0 / 10 = 77.5 mm

∴ t(min) = 77.5 mm ≤ h = 266.0 mm ····· **O.K !!**

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

3.2 우측 캔틸레버부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.266 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.025 m
H7	0.000 m	L7	0.600 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
무근콘크리트 단위중량	23.500 kN/m³
포장 단위중량	23.500 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
탱크 총 중량	
탱크궤도 길이	
탱크하중 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.000	5.578	0.630	3.514
2	½ × 0.070 × 0.970 × 25.000	0.849	0.492	0.417
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.595	0.781
4	½ × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.405	0.106
5	0.420 × 0.175 × 25.000	1.838	0.535	0.983
6	0.775 × 0.240 × 25.000	4.650	0.388	1.802
7	½ × 0.600 × 0.026 × 25.000	0.195	0.375	0.073
8	0.175 × 0.026 × 25.000	0.114	0.088	0.010
9	0.325 × 0.050 × 23.500	0.382	0.163	0.062
TOTAL		15.179		**7.748**

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8·X + 1.14 = 0.8 × 0.025 + 1.14 = 1.160 m 여기서, X = 0.025 m

▪ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.025) = 0.375 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (96.00 / 1.160)×0.025×(1 + 0.30) = **2.690** kN·m/m

(3) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2\times 7.5+2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

H = (60.000 / 60)² × 7.5 + 2.5 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.183 m

Mco = 10.000 × 1.183 = 11.830 kN·m/m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.453 m

Mco = 10.000 × 1.453 = 14.530 kN·m/m

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

Mco = 14.530 = **14.530** kN·m/m

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m^2) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.270 = 3.810 kN/m

Mw = 3.810 × (1.270 / 2 + 0.05 + 0.27 / 2) = **3.117** kN·m/m

(5) 원 심 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79\ V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

CF = 0.79 × 60.000² / 300.000 = 9.480 (%)

Pcf = 96.000 / 1.160 × 9.480 / 100 = 7.846 kN/m 작용높이 h = 1.983 m

Mcf = 7.846 × 1.983 = **15.558** kN·m/m

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	**7.748**	**2.690**	**0.000**	**14.530**	**0.000**	**3.117**	**15.558**

(7) 하 중 조 합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	0.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	0.00		0.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	10.073	5.783			20.225	36.081
CASE 2	"	10.073	3.497	18.889		20.225	52.683
CASE 3	"	10.073	3.497		2.026	20.225	35.820
CASE 4	"	9.298		17.436	3.740		30.474
CASE 5	"	10.073			4.052		14.125
최대 계수 모멘트							**52.683**
CASE 6	"	7.748	2.690		0.935	0.000	11.373
CASE 7	"	7.748	2.690	0.000		0.000	10.438
최대 사용 모멘트							**11.373**

(9) 캔틸레버판 단부 설계 (☞ 도.설.해 4.7.6.4)

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

② 배력철근량 : 들보단부 이외의 캔틸레버부 바닥판 상측에 배력 철근량과 동일하게 배근한다.

③ 배치범위 : 도로교설계기준 강교편 바닥판에 배치 범위가 명시되지 않아 콘크리트편 4.7.5.7을 적용하여 캔틸레버판의 고정하중에 대한 지간을 배치 범위로 적용한다.

(10) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.03 ≤ 0.25인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)

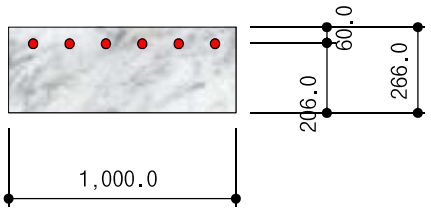
$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.025 + 180) = 187.0$ mm < 220.0 mm $\therefore h_{req} = 220.0$ mm

$h_{use} = 266.0$ mm $> h_{req} = 220.0$ mm ····· **O.K !!**

(11) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	=	27.0 MPa	f_y	=	400.0 MPa
M_u	=	52.7 kN·m	M	=	11.4 kN·m
b	=	1,000.0 mm	h	=	266.0 mm
β	=	0.85	d'	=	60.0 mm
$Ø_f$	=	0.85	d	=	206.0 mm



▪ 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

$T = A_s \times f_y$ = 993.0 × 400.0 = 397,200.0

$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b$ = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 17.307mm

c = 17.307 / β = 17.307 / 0.85 = 20.361 mm

$\varepsilon_y = f_y / E_s$ = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

$\varepsilon_t = 0.003 \times (dt - c) / c$ = 0.003 × (206.0 - 20.361) / 20.361 = 0.0274

ε_t = 0.0274 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 0.017429 A_s ---------- ①

$M_u = \Phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 70,040.0 A_s - 170.0 $A_s \cdot a$ ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

52,683,492.2 = -2.962963 A_s^2 + 70,040.0 A_s

∴ $A_{s\,req}$ = **777.783** mm^2

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\,use}$ = H 16 @ 400.0 = 496.5 mm^2

H 16 @ 400.0 = 496.5 mm^2

Σ = **993.0** mm^2 [사용률 = 1.277] ····· 0.K !!

▪ 철근량 검토

$A_{s\,min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 721.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y× b × d = 669.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 532.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\,min}$ = **721.0** mm^2

$A_{s\,max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **4,303.9** mm^2 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\,max}$ ≥ $A_{s\,use}$ ≥ $A_{s\,min}$ ····· 0.K !!

▪ 휨에 대한 검토

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 17.307 mm

ΦM_n = 0.85×993.0×400.0×(206.0-a/2) = **66.628** kN·m

∴ ΦMn ≥ Mu [사용률 = 1.265] ····· 0.K !!

▪ 배력 철근량 산정 (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

백분율 = 120 / √(L) = 120 / √(0.775) = 136.311 % ≥ 67.0 %

A_s = 777.783 × 67.000 % = 521.115 mm^2

수축·온도철근량 = 0.002 · b · h = 532.000 mm^2

∴ $A_{s\ req}$ = 532.000 mm^2

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 500.0 = 397.2 mm^2

H 16 @ 500.0 = 397.2 mm^2

Σ = **794.4** mm^2 **[사용률 = 1.493]** ····· **O.K !!**

② 캔틸레버부 단부 설계 (☞ 도.설.해 4.7.6.4)

철근 콘크리트 바닥판의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버 바닥판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다.

▪ 주 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **1,555.566** mm^2

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 200.0 = 993.0 mm^2

H 13 @ 200.0 = 633.5 mm^2

Σ = **1,626.5** mm^2 **[사용률 = 1.046]** ····· **O.K !!**

▪ 배 력 철 근

∴ $A_{s\ req}$ = **1,064.000** mm^2

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 250.0 = 794.4 mm^2

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 250.0 = 794.4 mm^2

Σ = **1,588.8** mm^2 **[사용률 = 1.493]** ····· **O.K !!**

③ 사용성 검토

탄성계수비 n	= Es / Ec	=	7.0		
$A_{s\,use}$	= H 16 @ 400.0	=	496.5	mm^2	(개수 = 5.0 ea)
	H 16 @ 400.0	=	496.5	mm^2	
		Σ =	**993.0**	mm^2	
철근비 ρ	= A_s / bd				
	= 993.0 / (1,000.0 × 206.0)	=	0.00482		
중립축 k	= $-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$				
	= -0.0337 +√(2×0.0337 + 0.0337²)	=	0.22822		
중립축 거리 x	= k × d = 0.22822 × 206.0	=	47.013		
j	= 1 - k / 3 = 1 - 0.228 / 3	=	0.924		
철근 응력 f_s	= M / (A_s × j × d)				
	= 11.37 / (993.0 × 0.924 × 206.0)	=	60.176	MPa	

▪ 균 열 검 토 (☞ 콘.설.해 4.2)

최소 두께 c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 mm

인장연단 폭 s_1 = 375 × (210 / f_s) - 2.5·c_c (☞ 콘.설.해 6.3.3)

= 375×(210 / 60.176) - 2.5×52.050 = 1,178.535 mm

인장연단 폭 s_2 = 300 × (210 / f_s)

= 300×(210 / 60.176) = 1,046.928 mm

Min = 1,046.928 mm

∴ **s** = 1,000.0 / 5.0ea = **200.0 mm** ≤ **s_a** = **1,046.9 mm** ····· **O.K !!**

▪ 처 짐 검 토

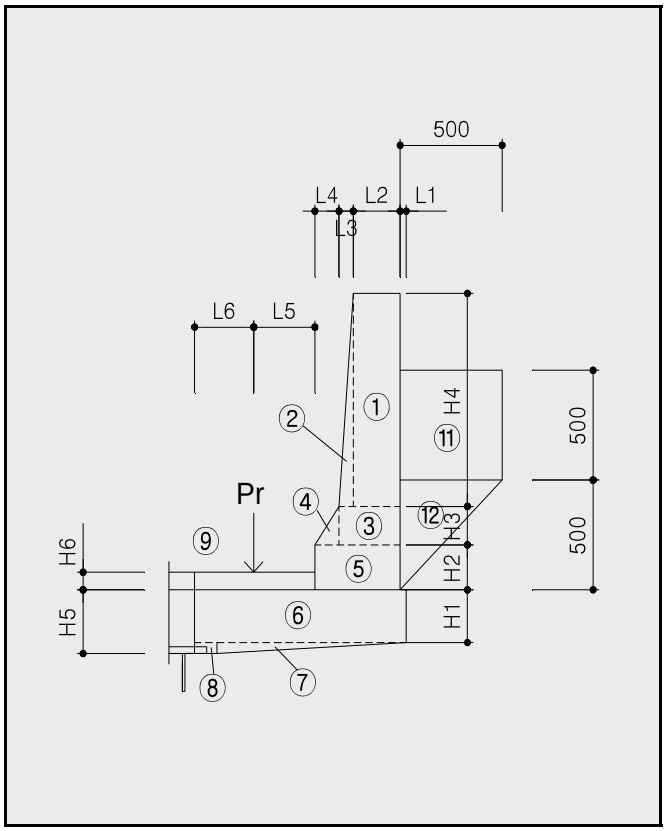
처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

t(min) = L / 10 = 775.0 / 10 = 77.5 mm

∴ t(min) = 77.5 mm ≤ h = 266.0 mm ····· **O.K !!**

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

3.3 캔틸레버부 가로등 기초부



H1	0.240 m	L1	0.030 m
H2	0.175 m	L2	0.230 m
H3	0.175 m	L3	0.070 m
H4	0.970 m	L4	0.120 m
H5	0.266 m	L5	0.300 m
H6	0.050 m	L6	0.025 m
H7	0.000 m	L7	0.600 m
R	300 m	L8	0.175 m
V	60.000 km/h	L9	0.000 m

콘크리트 단위중량	25.000 kN/m³
포장 단위중량	23.500 kN/m³
DB 1후륜 하중 (Pr)	96.000 kN
탱크 총 중량	
탱크궤도 길이	
탱크하중 작용점(L5)	
트레일러 1후륜 하중	
트레일러하중 작용점(L5)	

(1) 고 정 하 중

NO.	산 식	작용하중(kN)	작용거리(m)	모멘트(kN·m)
1	0.230 × 0.970 × 25.000	5.578	0.630	3.514
2	½ × 0.070 × 0.970 × 25.000	0.849	0.492	0.417
3	0.300 × 0.175 × 25.000	1.313	0.595	0.781
4	½ × 0.120 × 0.175 × 25.000	0.263	0.405	0.106
5	0.420 × 0.175 × 25.000	1.838	0.535	0.983
6	0.775 × 0.240 × 25.000	4.650	0.388	1.802
7	½ × 0.600 × 0.026 × 25.000	0.195	0.375	0.073
8	0.175 × 0.026 × 25.000	0.114	0.088	0.010
9	0.325 × 0.050 × 23.500	0.382	0.163	0.062
10	난 간 하 중	0.000	0.000	0.000
11	0.500 × 0.500 × 25.000	6.250	1.025	6.406
12	½ × 0.500 × 0.500 × 25.000	3.125	0.942	2.943
13	가 로 등 하 중	2.000	1.025	2.050
TOTAL		26.554		**19.147**

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 윤하중 분포폭 (☞ 도.설 3.6.1.4)

E = 0.8·X + 1.14 = 0.8 × 0.025 + 1.14 = 1.160 m 여기서, X = 0.025 m

▪ 충 격 계 수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.025) = 0.375 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (96.00 / 1.160)×0.025×(1 + 0.30) = **2.690** kN·m/m

(3) 차량 충돌 하중 (☞ 도.설.해 2.4.3.6)

① 수평충돌력 H는 노면상 1.0m 높이에 교축을 따라 1.0m 마다 작용시

$$H=(V/60)^2\times 7.5+2.5$$

여기서,

H : 강성 방호울타리 1m 높이에 직각으로 작용하는 교축 1m당의 수평충돌력(kN/m)

V : 차량의 충돌 속도(km/h), 최근 도로환경이 개선되고 주행속도가 높아지는 경향이 있으므로 충돌속도는 도로의 설계속도로 볼 수 있다.

H = (60.000 / 60)² × 7.5 + 2.5 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.183 m

Mco = 10.000 × 1.183 = 11.830 kN·m/m

② 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10.000 kN/m 의 수평하중 재하시

H = 10.000 = 10.000 kN/m 작용높이 h = 1.453 m

Mco = 10.000 × 1.453 = 14.530 kN·m/m

③ 곡선반경 R > 200m 이므로 ①과 ②에 의해 계산된 값중에서 큰 값을 적용

Mco = 14.530 = **14.530** kN·m/m

(4) 풍 하 중 (3.000 kN/m^2) (☞ 도.설.해 2.1.11)

Pw = 3.000 × 1.270 = 3.810 kN/m

Mw = 3.810 × (1.270 / 2 + 0.05 + 0.27 / 2) = **3.117** kN·m/m

(5) 원 심 하 중 (☞ 도.설.해 2.1.17)

$$CF=0.79\ V^2 / R(\%)$$

여기서,

CF : 원심하중으로서 충격을 포함하지 않은 활하중의 백분율

V : 설계속도 (km/h)

R : 곡선반경 (m)

▪ 일반 차량하중 작용시

CF = 0.79 × 60.000² / 300.000 = 9.480 (%)

Pcf = 96.000 / 1.160 × 9.480 / 100 = 7.846 kN/m 작용높이 h = 1.983 m

Mcf = 7.846 × 1.983 = **15.558** kN·m/m

(6) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{Co})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	**19.147**	**2.690**	**0.000**	**14.530**	**0.000**	**3.117**	**15.558**

(7) 하 중 조 합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.30	1.30	1.30		1.30	차량 충돌하중
CASE 3	"	1.30	1.30		0.65	1.30	활하중 재하시
CASE 4	"	1.20		1.20	1.20		차량 충돌하중
CASE 5	"	1.30			1.30		
CASE 6	"	1.00	1.00		0.30	1.00	사용모멘트
CASE 7	"	1.00	1.00	1.00		1.00	차량충돌 사용모멘트

(8) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	24.892	5.783			20.225	50.899
CASE 2	"	24.892	3.497	18.889		20.225	67.502
CASE 3	"	24.892	3.497		2.026	20.225	50.639
CASE 4	"	22.977		17.436	3.740		44.153
CASE 5	"	24.892			4.052		28.943
최대 계수 모멘트							**67.502**
CASE 6	"	19.147	2.690		0.935	15.558	38.330
CASE 7	"	19.147	2.690	14.530		15.558	51.925
최대 사용 모멘트							**51.925**

(9) 바닥판의 최소 두께 (X = 0.03 ≤ 0.25인 경우) (☞ 도.설.해 3.6.1.5)

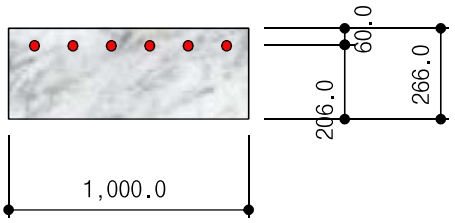
$h_{min} = (280 \cdot L + 180) = (280 \times 0.025 + 180) = 187.0$ mm < 220.0 mm $\therefore h_{req} = 220.0$ mm

$h_{use} = 266.0$ mm $> h_{req} = 220.0$ mm ····· **O.K !!**

(10) 단 면 검 토

① 캔틸레버부

f_{ck}	= 27.0 MPa	f_y	= 400.0 MPa		
M_u	= 67.5 kN·m	M	= 51.9 kN·m		
b	= 1,000.0 mm	h	= 266.0 mm		
β	= 0.85	d'	= 60.0 mm		
$Ø_f$	= 0.85	d	= 206.0 mm		



▪ 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

$T = A_s \times f_y$ = 1,626.5 × 400.0 = 650,600.0

$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b$ = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 28.349mm

c = 28.349 / β = 28.349 / 0.85 = 33.351 mm

$\varepsilon_y = f_y / E_s$ = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

$\varepsilon_t = 0.003 \times (dt - c) / c$ = 0.003 × (206.0 − 33.351) / 33.351 = 0.0155

ε_t = 0.0155 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 0.017429 A_s ---------- ①

$M_u = Ø_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 70,040.0 A_s − 170.0 $A_s \cdot a$ ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

67,502,138.1 = −2.962963 A_s^2 + 70,040.0 A_s

∴ $A_{s\,req}$ = **1,006.632** mm^2

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\,use}$ = H 16 @ 200.0 = 993.0 mm^2

H 13 @ 200.0 = 633.5 mm^2

Σ = **1,626.5** mm^2 **[사용률 = 1.616]** ····· **0.K !!**

▪ 철근량 검토

$A_{s\,min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 721.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y × b × d = 669.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 532.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\,min}$ = **721.0** mm^2

$A_{s\,max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **4,303.9** mm^2 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\,max}$ ≥ $A_{s\,use}$ ≥ $A_{s\,min}$ ····· **0.K !!**

▪ 휨에 대한 검토

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 28.349 mm

$ØM_n$ = 0.85×1,626.5×400.0×(206.0−a/2) = **106.082** kN·m

∴ $ØM_n$ ≥ M_u **[사용률 = 1.572]** ····· **0.K !!**

▪ 배력 철근량 산정 (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

수축·온도철근량 = 0.002 · b · h = 532.000 mm^2

∴ $A_{s\ req}$ = 532.000 mm^2

▪ 배력철근 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 250.0 = 794.4 mm^2

Σ = **794.4** mm^2 **[사용률 = 1.493]** ····· **0.K !!**

② 사용성 검토

탄성계수비 n	= Es / Ec	=	7.1		
$A_{s\ use}$	= H 16 @ 200.0	=	993.0 mm^2	(개수 = 10.0 ea)	
	H 13 @ 200.0	=	633.5 mm^2		
		Σ =	**1,626.5** mm^2		
철근비 ρ	= A_s / bd				
	= 1,626.5 / (1,000.0 × 206.0)	=	0.00790		
중립축 k	= $-n\rho + \sqrt{(2n\rho + (n\rho)^2)}$				
	= $-0.0561 + \sqrt{(2\times0.0561 + 0.0561^2)}$	=	0.28344		
중립축 거리 x	= k × d = 0.28344 × 206.0	=	58.389		
j	= 1 - k / 3 = 1 - 0.283 / 3	=	0.906		
철근 응력 f_s	= M / (A_s × j × d)				
	= 51.92 / (1,626.5 × 0.906 × 206.0)	=	171.141 MPa		

▪ 균 열 검 토 (☞ 콘.설.해 4.2)

최소 두께 c_c = 60.0 - 15.9 / 2 = 52.050 mm

인장연단 폭 s_1 = 375 × (210 / f_s) - 2.5·c_c (☞ 콘.설.해 6.3.3)

= 375×(210 / 171.141) - 2.5×52.050 = 330.021 mm

인장연단 폭 s_2 = 300 × (210 / f_s)

= 300×(210 / 171.141) = 368.117 mm

Min = 330.021 mm

∴ **s** = 1,000.0 / 10.0ea = **100.0 mm** ≤ s_a = **330.0 mm** ····· **0.K !!**

▪ 처 짐 검 토

처짐 계산을 하지 않는 경우의 휨부재의 최소두께 (콘.설 P78)

t(min) = L / 10 = 1140.0 / 10 = = 114 mm

∴ t(min) = 114 mm ≤ h = 266.0 mm ····· **0.K !!**

∴ 별도의 처짐검토 필요 없음

3.4 중앙부 바닥판

1) 경험적 설계법에 의한 바닥판 슬래브계산

(1) 설 계 조 건 (☞ 도.설.해 4.7.7.3)

바닥판 제원		
바닥판 두께		240.0 mm
유효지간		2,310.0 mm
철근 덮개	상면	60.0 mm
	하면	40.0 mm

① 지지부재 : 강재 주거더

② 콘크리트가 현장타설되고 습윤양생도어야 함

③ 거더 플랜지부의 헌치와 같이 국부적으로 두껍게 한 곳을 제외한 상태에서 전체적으로 바닥판의 두께가 일정해야 함

④ 바닥판의 두게에 대한 유효지간의 비가 6이상 15이하인 경우

6 ≤ 2,310.0 mm / 240.0 mm = 9.63 ≤ 15 ····· O.K !!

⑤ 바닥판의 상부와 하부에 배근된 철근의 외측면 사이의 두께가 150mm 이상인 경우

8.0 mm + 140.0 mm + 6.5 mm = 154.45 ≥ 150 ····· O.K !!

⑥ 유효 지간이 표준차선폭 3.6m 이하인 경우

2.310 m ≤ 3.600 m ····· O.K !!

⑦ 바닥판의 흠집, 마모면, 그리고 보호피복두께층을 제외한 바닥판의 최소두께가 240mm 이상인 경우

240.0 mm ≥ 240.0 mm ····· O.K !!

⑧ 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께의 5배 이상이거나 캔틸레버부의 길이가 내측 바닥판 두께에 3배 이상이고 연속인 콘크리트 방호책과 구조적으로 합성이 된 경우

※ 캔틸레버 길이 5배 규정은 도.설.해 4.7.4.1 바닥판 최소두께 기준을 만족시키지 못하므로 무시

좌측 캔틸레버 (방호책있음) : 1.180m ≥ 0.240m × 3 = 0.720m ····· O.K !!

우측 캔틸레버 (방호책있음) : 1.120m ≥ 0.240m × 3 = 0.720m ····· O.K !!

⑨ 콘크리트의 28일 압축강도가 27MPa 이상인 경우

27.0 MPa ≥ 27.0 MPa ····· O.K !!

⑩ 철근 콘크리트 바닥판은 바닥판을 지지하는 구조부재들과 완전합성거동을 하여야함

(2) 철근 배근량 (☞ 도.설.해 4.7.7.4)

위 치			산 정 식				검 토
주 철 근	하 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.4% =	960.0	mm^2		····· O.K !!
		현장배근철근	H 13 @ 400.0 =	316.8	mm^2		
		현장배근철근	H 13 @ 180.0 =	703.9	mm^2		
	상 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.3% =	720.0	mm^2		····· O.K !!
		1 Cycle	H 16 @ 400.0 =	496.5	mm^2		
		2 Cycle	H 16 @ 400.0 =	496.5	mm^2		
배 력 철 근	하 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.3% =	720.0	mm^2		····· O.K !!
		사용철근량	H 16 @ 250.0 =	794.4	mm^2		
	상 면 철 근	필요철근량	240,000.0 × 0.3% =	720.0	mm^2		····· O.K !!
		사용철근량	H 16 @ 250.0 =	794.4	mm^2		
바닥판 슬래브 단면적 = 1,000.0 mm × 240.0 mm = 240,000.0 mm^2							

3.5 내부지점부 주장율검토 (☞ 도.설.해 3.9.2.3)

- 인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 무시하고 설계를 하는 경우에는 바닥판 콘크리트 단면적에 1.5% 이상의 교축방향 철근을 배근하여야 한다. 이경우 교축방향 철근의 총주변장의 바닥판 콘크리트의 단면적에 대한 비, 즉 주장률은 0.0035 ㎜/㎜2 이상으로 하면 좋다. 또한 바닥판 작용에 대처하기 위하여 배치된 철근을 교축방향 철근의 일부로 볼 수 있다.
- 철근은 고정하중에 의한 휨모멘트의 부호가 변하는 점을 지나서 바닥판 콘크리트의 압축측에 정착한다.

- 필요 철근량 산정

A_c = 1,000.0 × 240.0 = 240,000.0 mm^2

∴ $A_{s\ req}$ = 240,000.0 × 1.5% = **3,600.0** mm^2

- 사용 철근량

∴ $A_{s\ use}$ = H 19 @ 125.0 = 2,292.0 mm^2

H 19 @ 125.0 = 2,292.0 mm^2

Σ = **4,584.0** mm^2 **[사용률 = 1.273]** ····· **O.K !!**

- 주장률 검토

사용철근 개수 : 8.000 + 8.000 = 16.00 EA/m

주 장 률 : $\mu = \dfrac{\pi \times D \times n + \pi \times D \times n}{1000 \times t_m}$ > 0.0035 ㎜/㎜^{2}

여기서 , D : 철근 직경

n : 철근 개수

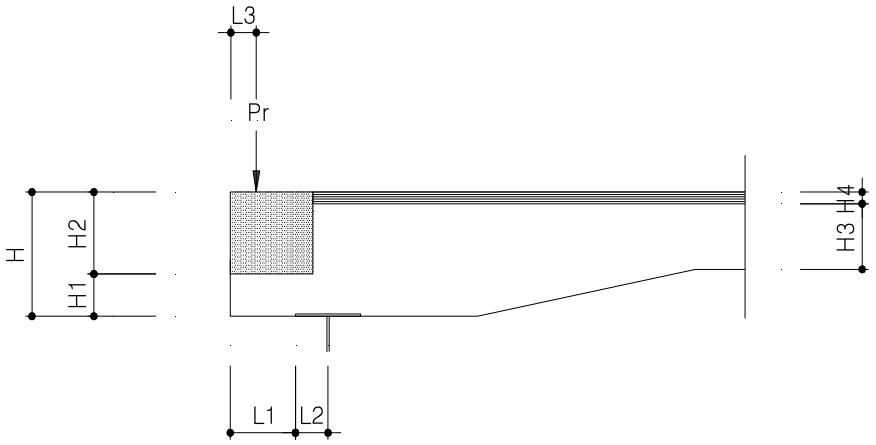
1,000 : 단위 폭 (㎜)

t_m : 중간 슬래브 두께 (㎜)

$\mu = \dfrac{\pi \times 19.10 \times 8.00 + \pi \times 19.10 \times 8.00}{1{,}000.00 \times 240.00} = 0.0040$ ㎜/㎜^{2}

μ = 0.0040 ㎜/㎜^{2} > μ_a = 0.0035 ㎜/㎜^{2} **O.K.**

3.6 진입부 바닥판



H	0.516 m	L	0.475 m
H1	0.196 m	L1	0.400 m
H2	0.320 m	L2	0.150 m
H3	0.266 m	L3	0.100 m
H4	0.050 m		

(1) 고 정 하 중

$0.475 \times 0.516 \times 25.000\ kN/m^3 = 6.128\ kN/m$

$MD = 6.128 \times 0.475 \times 0.500 = 1.455\ kN/m$

(2) 활 하 중 (DB-24 : Pr = 96 kN)

▪ 충 격 계 수 (☞ 도.설.해 2.1.4)

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 0.475) = 0.371 > 0.300 i = 0.300

▪ 작용 모멘트

MI+i = (0.48+0.6)×96.0/9.6×(1+0.300) = **13.975** kN·m/m (☞ 도.설.해 3.6.1.4)

(4) 작용 모멘트

구 분	고정하중(M_D)	활하중(M_{L+i})	군중하중(M_{L+i})	충돌하중(M_{CO})	난간충돌하중(M_{CO})	풍하중(M_W)	원심하중(M_{CF})
모 멘 트	**1.455**	**13.975**					

(5) 하 중 조 합 (☞ 도.설.해 2.2.3.2)

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	비 고
CASE 1	kN·m	1.30	2.15			1.30	
CASE 2	"	1.00	1.00		1.00	1.00	사용모멘트

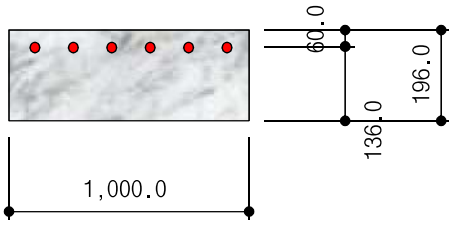
(6) 계산 적용 모멘트 산정

CASE	단위	M_D	M_{L+i}	M_{CO}	M_W	M_{CF}	소 계
CASE 1	kN·m	1.892	30.046			0.000	31.938
최대 계수 모멘트							**31.938**
CASE 2	"	1.455	13.975		0.000	0.000	15.430
최대 사용 모멘트							**15.430**

(9) 단 면 검 토

① 중앙부 (외측)

f_{ck}	= 27.0 MPa	f_y	= 400.0	MPa	
M_u	= 31.9 kN·m	M	= 15.4	kN·m	
b	= 1,000.0 mm	h	= 196.0	mm	
β	= 0.85	d'	= 60.0	mm	
$Ø_f$	= 0.85	d	= 136.0	mm	



▪ 강도 감소계수 ($Ø_f$) 산정 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

$T = A_s \times f_y$ = 794.4 × 400.0 = 317,760.0

$C = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b$ = 0.85 × 27.0 × a × 1,000.0 = 22,950.0 a

T = C 이므로, a = 13.846mm

c = 13.846 / β = 13.846 / 0.85 = 16.289 mm

$\varepsilon_y = f_y / E_s$ = 400.0 / 200,000.0 = 0.0020

$\varepsilon_t = 0.003 \times (dt - c) / c = 0.003 \times (136.0 - 16.289) / 16.289$ = 0.0220

ε_t = 0.0220 ≥ 0.0050 이므로 인장지배 단면이며, Øf = 0.85를 적용한다.

▪ 필요 철근량 산정

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 0.017429 A_s ---------- ①

$M_u = \Phi_f \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$ = 46,240.0 A_s - 170.0 $A_s \cdot a$ ---------- ②

식①을 식②에 대입하여 이차방정식으로 As를 구한다.

31,938,115.6 = -2.962963 A_s^2 + 46,240.0 A_s

∴ $A_{s\ req}$ = **724.321**

▪ 사용 철근량 산정

∴ $A_{s\ use}$ = H 16 @ 250.0 = 794.4 mm^2

Σ = **794.4** mm^2 **[사용률 = 1.097]** ····· **0.K !!**

▪ 철근량 검토

$A_{s\ min}$ = 1.4 / f_y × b × d = 476.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 0.25√(f_{ck})/f_y × b × d = 441.7 mm^2 (☞ 콘.설.해 6.3.2)

= 수축 온도 철근량 = 392.0 mm^2 (☞ 콘.설.해 5.7.2)

∴ $A_{s\ min}$ = **476.0** mm^2

$A_{s\ max}$ = 0.714 × ρ_b × b × d = **2,841.4** mm^2 (☞ 콘.설.해 6.2.2)

∴ $A_{s\ max}$ ≥ $A_{s\ use}$ ≥ $A_{s\ min}$ ····· **0.K !!**

▪ 휨에 대한 검토

$a = A_s \times f_y / (\beta \times f_{ck} \times b)$ = 13.846 mm

ΦM_n = 0.85×794.4×400.0×(136.0-a/2) = **34.863** kN·m

∴ ΦM_n ≥ M_u **[사용률 = 1.092]** ····· **0.K !!**

3.7 하부콘크리트 철근량 산정

3.7.1 철근량 산정기준

(☞ 콘·기·해 5.7.2)

1) 수축·온도철근으로 배치되는 이형철근은 다음의 철근비 이상으로 하여야 한다.

- 설계기준항복강도가 400MPa 이하인 이형철근을 사용한 슬래브 ------ 0.002

2) 본 교량의 하부슬래브는 단면두께는 450㎜이다.

3) 이중합성부 하부 바닥판은 부모멘트 영역의 하부에 설치됨으로,
상시 압축력만 작용하기 때문에 연속지점부 주장율검토는 필요하지 않다.

4) 이중합성부 하부 콘크리트는 지점부의 부모멘트에 의하여 하부에 큰 압축력이 발생하므로,
이중합성후의 콘크리트 단면검토를 반드시 수행하여야 한다.
(☞ 제5장 단면응력검토 참조)

3.7.2 철근량 산정

◎ 온도 철근량 산정

1) 필요철근량 :

· As_req = 450 × 1,000 × 0.002 = 900 ㎟

2) 사용철근량 :

· H 16 @ 150 = 2,648 ㎟ ≥ 900 ㎟ ∴ O.K

※ 이중합성부 하부콘크리트는 구속력 증진에 의한 완전합성을 위해 전단연결제 주변철근량이
충분하여야 하는바 안전성 확보측면에서 상기철근량으로 배근함.

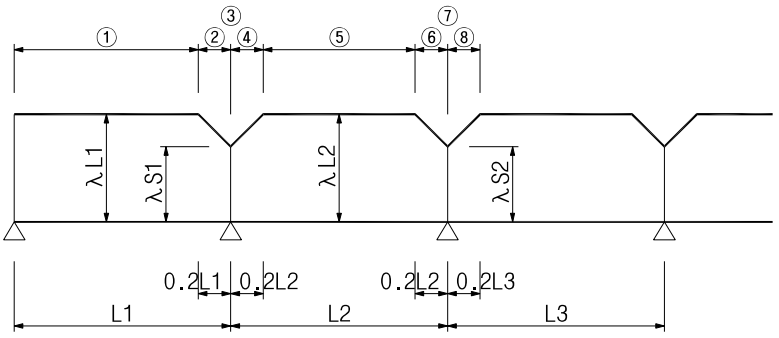
4. 주거더의 설계

4.1 강재플랜지 및 바닥판의 유효폭 계산

전단지연(Shear Lag) 현상의 영향으로 인한 플랜지 및 바닥판의 유효폭의 고려하여 단면응력을 검토하도록 하며, 해석 시에는 전단면을 적용한다.

1) 강재플랜지 유효폭

(☞ 도.설.해 3.8.3.4)



(3 경간 연속교)

지간 구성	L1	L2	L3					
	82.000 m	93.000 m	82.000 m					

위 치 구 분	복부간격 or 플랜지폭 (2b)		플랜지 돌출폭 (be)		비 고
	상 부	하 부	상 부	하 부	
교대부	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
측경간중앙부	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
교번구간	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면
내부지점부	2.200 m	2.200 m	0.250 m	0.100 m	폐 단 면
중 앙 부	0.500 m	2.200 m	0.000 m	0.100 m	개 단 면

▪ 등가 지간장 산정식

- 연속거더 :

① λ_{L1}(지간 중앙부) : l = 0.8·L_1 ③ λ_{S1}(중간지점) : l = 0.2·(L_1 + L_2)

⑤ λ_{L2}(지간 중앙부) : l = 0.6·L_2 ⑦ λ_{S2}(중간지점) : l = 0.2·(L_2 + L_3)

②④⑥⑧ 양단의 유효폭을 사용하여 직선적으로 변화한다.

▪ 유효폭 산정식 (☞ 도.설.해 3.8.3.4)

- 지간 중앙부 유효폭 산정식 :

b/l < 0.05 , λ= b

0.05 < b/l <0.30 , λ= {1.1 - 2(b/l)} x b

b/l > 0.30 , λ= 0.15 x l

- 지점부 유효폭 산정식 :

b/l < 0.02 , λ= b

0.02 < b/l <0.30 , λ= {1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)2} x b

b/l > 0.30 , λ= 0.15 x l

- 플랜지 돌출폭 :

b = 각 위치별 상부플랜지 폭 / 2 를 적용

- 플랜지 유효폭 :

B = 2 ×((λL or λS) + be)

- Girder 동일단면 :

(단위 : m)

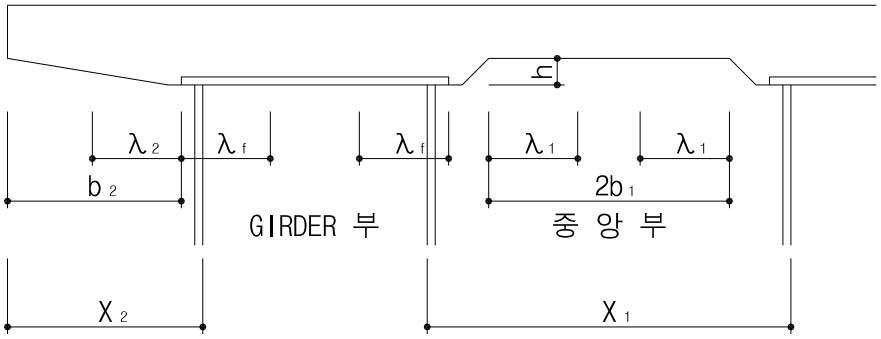
위치	거리 (m)	등가 지간장 (l)	복부간격(2b)		플랜지 돌출폭(be)		b / l		λ_L or λ_S		강재플랜지 유효폭	
			상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부	상 부	하 부
A1	0.00	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400
(개단면)	중앙부	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400
0.2L	65.60	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400
(개단면)	62.00				0.250	0.100			0.687	1.094	0.937	2.387
(폐합)	72.00	53.659	2.200	2.200	0.250	0.100	0.021	0.021	1.096	1.096	2.692	2.392
(폐합)	75.75	46.662	2.200	2.200	0.250	0.100	0.024	0.024	1.086	1.086	2.672	2.372
P1	82.00	35.000	2.200	2.200	0.250	0.100	0.031	0.031	1.060	1.060	2.621	2.321
(폐합)	87.25	40.871	2.200	2.200	0.250	0.100	0.027	0.027	1.075	1.075	2.650	2.350
(폐합)	91.00	45.065	2.200	2.200	0.250	0.100	0.024	0.024	1.083	1.083	2.666	2.366
(개단면)	96.00				0.250	0.100			0.710	1.090	0.960	2.380
0.2L	100.60	55.800	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.020	0.250	1.100	0.500	2.400
(개단면)	128.50	55.800	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.020	0.250	1.100	0.500	2.400
0.2L	156.40	55.800	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.020	0.250	1.100	0.500	2.400
(개단면)	161.00				0.250	0.100			0.710	1.090	0.960	2.380
(폐합)	166.00	45.065	2.200	2.200	0.250	0.100	0.024	0.024	1.083	1.083	2.666	2.366
(폐합)	169.75	40.871	2.200	2.200	0.250	0.100	0.027	0.027	1.075	1.075	2.650	2.350
P2	175.00	35.000	2.200	2.200	0.250	0.100	0.031	0.031	1.060	1.060	2.621	2.321
(폐합)	181.25	46.662	2.200	2.200	0.250	0.100	0.024	0.024	1.086	1.086	2.672	2.372
(폐합)	185.00	53.659	2.200	2.200	0.250	0.100	0.021	0.021	1.096	1.096	2.692	2.392
(개단면)	188.75				0.250	0.100			0.687	1.094	0.937	2.387
0.2L	191.40	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400
(개단면)	중앙부	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400
A2	257.00	65.600	0.500	2.200	0.250	0.100	0.004	0.017	0.250	1.100	0.500	2.400

2) 바닥판 유효폭

바닥판의 유효폭의 계산은 플랜지의 유효폭 계산 규정에 의하고, λ와 b는 아래 그림과 같이 한다.

이 경우 수평에 대한 헌치의 경사는 도.설.해 3.6.1.10의 규정에 의하지만 계산상에는 45° 로 취급한다.

① Girder-1 : G1,G2



- X1 : 인접 거더의 복부사이의 간격
- X2 : 인접 거더복부에서 캔틴레버 끝단거리
- X3 : 상부플랜지에서의 거더내부 복부간격
- 2b1 = X1 - 2(be + h)
- b2 = X2 - be
- h : 헌치높이
- be : 복부판 내측에서 상부플랜지 끝단거리
- 2b3 = X3 - 2(be + h)

위치구분	X1	X2	X3	be (플랜지 돌출폭)	비 고
교대부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m	개 단 면
측경간중앙부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m	개 단 면
교번구간	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m	개 단 면
내부지점부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.250 m	폐 단 면
중 앙 부	2.800 m	0.900 m	2.200 m	0.200 m	개 단 면

(단위 : m)

위치	거리 (m)	등가 지간장 (l)	플랜지 유효폭 (상부)	헌치 높이 (h)	X_1	X_2	X_3	플랜지 돌출폭 (be)	b_1/l	b_2/l	b_3/l	λ_1	λ_2	λ_3	B
A1	0.0	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500
(개단면)	중앙부	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500
0.2L	65.6	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500
(폐합)	72.0	53.66	2.692	0.050				0.250				1.084	0.650	0.797	4.478
(폐합)	75.8	46.66	2.672	0.050				0.250				1.075	0.650	0.795	4.465
P1	82.0	35.00	2.621	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.031	0.019	0.023	1.060	0.650	0.791	4.443
(폐합)	87.3	40.87	2.650	0.050				0.250				1.071	0.650	0.794	4.459
(폐합)	91.0	45.06	2.666	0.050				0.250				1.079	0.650	0.796	4.471
(개단면)	96.0	0.00	0.960	0.050				0.250				1.090	0.650	0.798	4.486
0.2L	100.6	55.80	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.020	0.012	0.014	1.100	0.650	0.800	4.500
(개단면)	128.5	55.80	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.020	0.012	0.014	1.100	0.650	0.800	4.500
0.2L	156.4	55.80	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.020	0.012	0.014	1.100	0.650	0.800	4.400
(폐합)	166.0	45.06	2.666	0.050				0.250				1.090	0.650	0.798	4.486
(폐합)	169.8	40.87	2.650	0.050				0.250				1.079	0.650	0.796	4.471
(폐합)	172.0	38.35	2.638	0.050				0.250				1.071	0.650	0.794	4.459
P2	175.0	35.0	2.621	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.031	0.019	0.023	1.060	0.650	0.791	4.443
(폐합)	181.3	46.66	2.672	0.050				0.250				1.075	0.650	0.795	4.465
(폐합)	185.0	53.66	2.692	0.050				0.250				1.084	0.650	0.797	4.478
0.2L	191.4	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500
(개단면)	중앙부	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500
A2	257.0	65.60	0.500	0.050	2.800	0.900	2.200	0.250	0.017	0.010	0.012	1.100	0.650	0.800	4.500

3) 유효폭 결과정리

① Girder-G1,G2

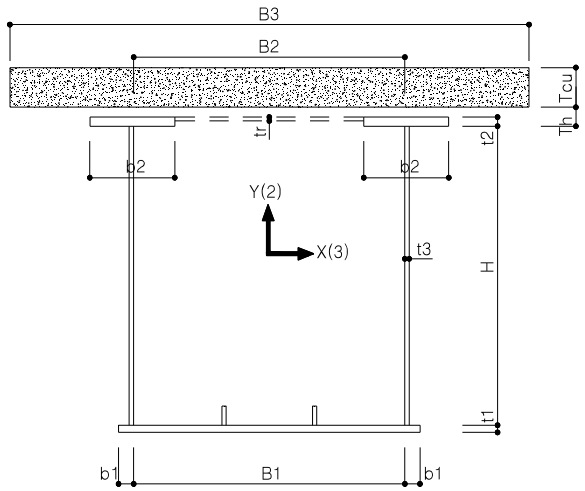
(단위 : m)

단면	위치	강재 플랜지 유효폭		상부 바닥판 유효폭	하부 바닥판 유효폭
		상부플랜지	하부플랜지		
단면1	3,1/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면2	4,3/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면3	5,3/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면4	8,I지점	0.500	2.400	4.500	-
단면5	9,3/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면6	11,1/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면7	14,1/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면8	15,1/4지점	0.937	2.387	4.500	-
단면9	15,1/4지점	2.692	2.392	4.478	-
단면10	16,3/4지점	2.672	2.372	4.465	2.172
단면11	17,J지점	2.621	2.321	4.443	2.121
단면12	19,1/4지점	2.650	2.350	4.459	2.150
단면13	19,1/4지점	2.666	2.366	4.471	2.166
단면14	20,J지점	0.960	2.380	4.486	
단면15	21,3/4지점	0.600	2.400	4.500	-
단면16	23,1/4지점	0.500	2.400	4.500	-
단면17	27,2/4지점	0.500	2.400	4.500	-

4.2 단면정수 산정

1) 지간중앙부

◎ 단면 < 단면1 > 단면위치 : 104,3/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1508.00	2.413E+07	3.639E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	-1506.00	-4.337E+07	6.532E+10	3.456E+05
TOTAL		120400		-2.437E+07	1.090E+11	5.401E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 109014710800 + 54007436933 = 163022147733 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -24374800 / 120400 = -202.45 mm

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

= 163022147733 - 120400 x -202.449 ² = 158087505914 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

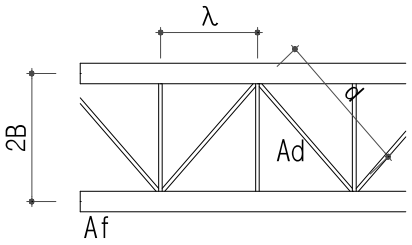
= $(500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 12 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 16) +$
$(3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 121597939333 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 8000}$ = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6650196 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10437 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.012} + \frac{2.212}{0.001} + 2 \times \frac{3.014}{0.01200}$ = 3335.635

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6650195.557\ \text{^2}}{3335.64}$ = 5.303E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.204E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.216E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.581E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.303E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	3020.00	4.832E+07	4.681E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3012.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1512.00	1.089E+08	2.951E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	87.00	3.132E+05	5.381E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	6.00	1.728E+05	4.894E+10	3.456E+05
TOTAL		120400	1309.55	1.577E+08	1.041E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3158.00	4.872E+08	1.013E+11	7.406E+08
강형		120400	1309.55	1.577E+08	1.298E+11	1.581E+11
TOTAL		274686	2347.79	6.449E+08	2.311E+11	1.588E+11

- 도심 : ysv = 644904286/274686 = 2347.790 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 231063230812 + 158828077343 = 389891308154 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 121597939333 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 381955082190 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.036/2 + 12.0/2

= 3,024.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,024.5

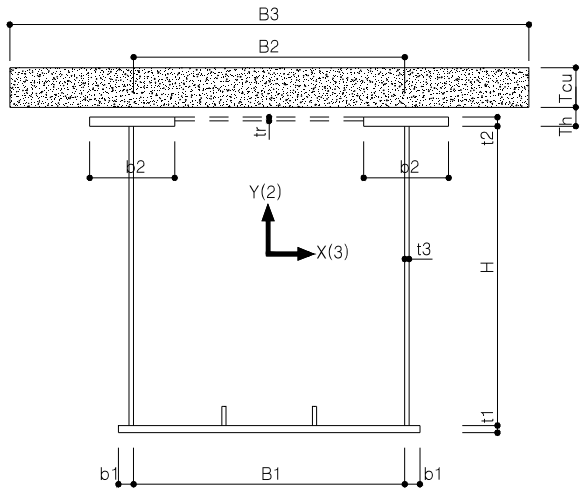
= 6,690,233 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,690,233.4² / {2x(3,024.5 / 12.0) + 2,212.0/37.036 + 2,212.0/(0.0+12.0) }

= 2.3931E+11 mm4

◎ 단면 < 단면2 > 단면위치 : 103,1/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.853
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	1511.00	3.324E+07	5.023E+10	8.873E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1509.00	-6.519E+07	9.837E+10	1.166E+06
TOTAL		140800		-3.708E+07	1.559E+11	5.401E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 155908811200 + 54008803733 = 209917614933 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -37076800 / 140800 = -263.33 mm

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

= 209917614933 - 140800 x -263.330 ² = 200154198042 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

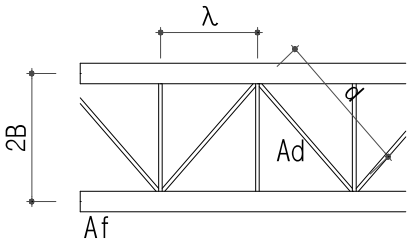
= $(500^3 \times 22 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 22) + (3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 135894939333 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 22.0 = 11000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 11000}$ = 0.853mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6656851 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10443 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.018} + \frac{2.212}{0.001} + 2 \times \frac{3.020}{0.01200}$ = 3220.153

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6656851.153\ \text{^2}}{3220.15}$ = 5.505E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.408E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.359E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.002E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.505E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	3029.00	6.664E+07	6.926E+10	8.873E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3018.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1518.00	1.093E+08	4.993E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	93.00	3.348E+05	4.858E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	6.703E+10	1.166E+06
TOTAL		140800	1254.67	1.767E+08	1.461E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3164.00	4.882E+08	1.281E+11	7.406E+08
강형		140800	1254.67	1.767E+08	1.403E+11	2.002E+11
TOTAL		295086	2252.96	6.648E+08	2.684E+11	2.009E+11

- 도심 : ysv = 664817600/295086 = 2252.964 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 268374946802 + 200894769471 = 469269716273 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 135894939333 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 396252082190 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.053/2 + 18.0/2

= 3,027.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,027.5

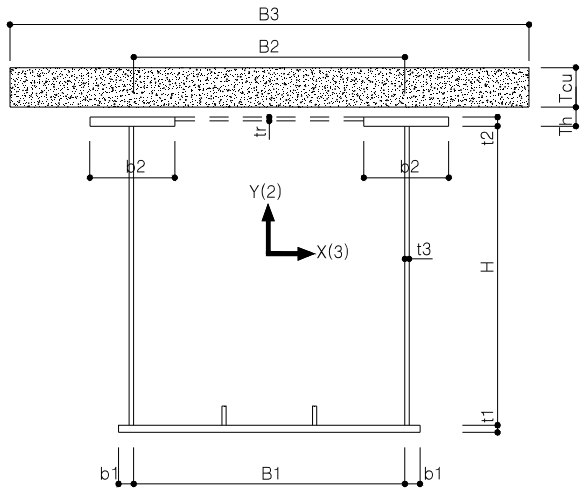
= 6,696,889 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,696,889.0² / {2x(3,027.5 / 12.0) + 2,212.0/37.053 + 2,212.0/(0.0+18.0) }

= 2.6106E+11 mm4

◎ 단면 < 단면3 > 단면위치 : 102,1/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.853
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	1511.00	3.324E+07	5.023E+10	8.873E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1509.00	-6.519E+07	9.837E+10	1.166E+06
TOTAL		140800		-3.708E+07	1.559E+11	5.401E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 155908811200 + 54008803733 = 209917614933 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -37076800 / 140800 = -263.33 mm

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

= 209917614933 - 140800 x -263.330 ² = 200154198042 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

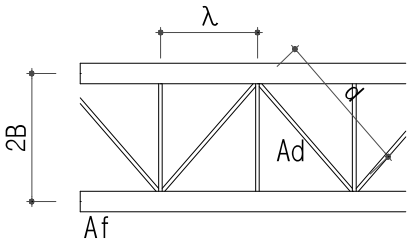
= $(500^3 \times 22 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 22) + (3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 135894939333 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 22.0 = 11000 mm²

· $tr = \frac{205000}{79000} \times \frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 11000}$ = 0.853mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6656851 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10443 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.018} + \frac{2.212}{0.001} + 2 \times \frac{3.020}{0.01200}$ = 3220.153

· $K = \frac{4 \times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6656851.153\ \text{^2}}{3220.15}$ = 5.505E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.408E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.359E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.002E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.505E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	3029.00	6.664E+07	6.926E+10	8.873E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3018.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1518.00	1.093E+08	4.993E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	93.00	3.348E+05	4.858E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	6.703E+10	1.166E+06
TOTAL		140800	1254.67	1.767E+08	1.461E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3164.00	4.882E+08	1.281E+11	7.406E+08
강형		140800	1254.67	1.767E+08	1.403E+11	2.002E+11
TOTAL		295086	2252.96	6.648E+08	2.684E+11	2.009E+11

- 도심 : ysv = 664817600/295086 = 2252.964 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 268374946802 + 200894769471 = 469269716273 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 135894939333 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 396252082190 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.053/2 + 18.0/2

= 3,027.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,027.5

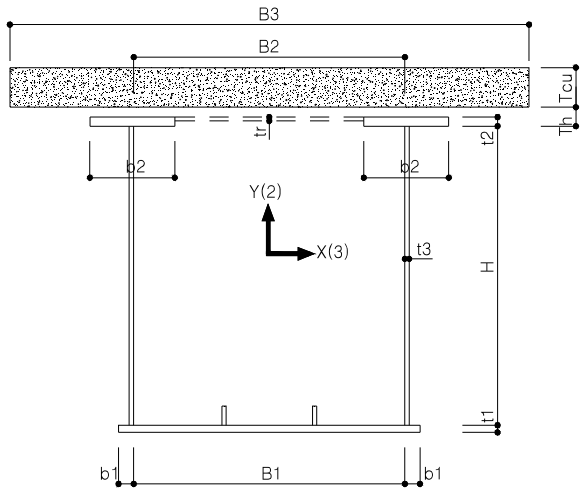
= 6,696,889 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,696,889.0² / {2x(3,027.5 / 12.0) + 2,212.0/37.053 + 2,212.0/(0.0+18.0) }

= 2.6106E+11 mm4

◎ 단면 < 단면4 > 단면위치 : 99,J지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	22
t2	26
t3	12
tr	0.860
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 26	26000	1513.00	3.934E+07	5.952E+10	1.465E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 22	52800	-1511.00	-7.978E+07	1.205E+11	2.130E+06
TOTAL		154400		-4.557E+07	1.874E+11	5.401E+10

Is′ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 187377432800 + 54010344267 = 241387777067 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -45572800 / 154400 = -295.16 mm

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

= 241387777067 - 154400 x -295.161 ² = 227936481083 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

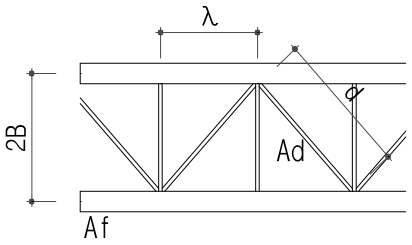
= $(500^3 \times 26 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 22 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 26) + (3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 145426272667 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1100 mm
d = 3330 mm
Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 26.0 = 13000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 13000}$ = 0.860mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6661283 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10447 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.022}$ + $\frac{2.212}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.024}{0.01200}$ = 3175.896

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 6661283.435\ \text{^2}}{3175.90}$ = 5.589E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.544E+05 mm²
· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²
· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.454E+11 mm⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.279E+11 mm⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.589E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 26	26000	3035.00	7.891E+07	8.501E+10	1.465E+06
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3022.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1522.00	1.096E+08	6.273E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	97.00	3.492E+05	4.596E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 22	52800	11.00	5.808E+05	7.805E+10	2.130E+06
TOTAL		154400	1226.84	1.894E+08	1.739E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3168.00	4.888E+08	1.454E+11	7.406E+08
강형		154400	1226.84	1.894E+08	1.453E+11	2.279E+11
TOTAL		308686	2197.06	6.782E+08	2.908E+11	2.287E+11

- 도심 : ysv = 678201143/308686 = 2197.060 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io
= 290789972002 + 228677052512 = 519467024514 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n
= 145426272667 + 4500.000 ³
x 240.0 / 12 / 7 = 405783415524 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.061/2 + 22.0/2

= 3,029.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,029.5

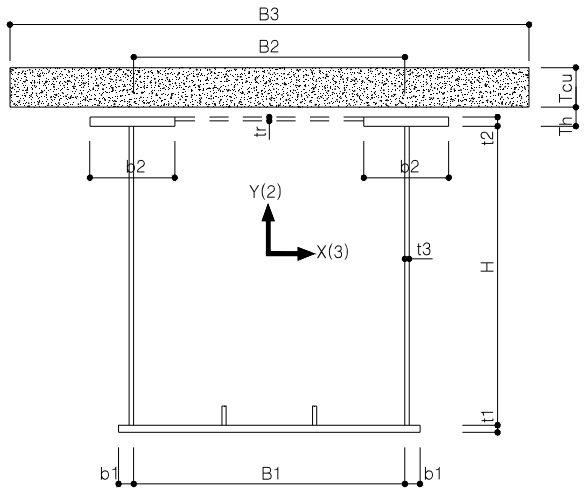
= 6,701,321 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,701,321.3² / {2x(3,029.5 / 12.0) + 2,212.0/37.061 + 2,212.0/(0.0+22.0) }

= 2.7006E+11 mm4

◎ 단면 < 단면5 > 단면위치 : 98,1/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.853
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)											피복두께(mm)	
상부 리브	0	X	0	X	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150	X	12	X	2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	1511.00	3.324E+07	5.023E+10	8.873E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1509.00	-6.519E+07	9.837E+10	1.166E+06
TOTAL		140800		-3.708E+07	1.559E+11	5.401E+10

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

$= 155908811200 + 54008803733 = 209917614933\ mm^4$

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

$= -37076800 / 140800 = -263.33\ mm$

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

$= 209917614933 - 140800 \times -263.330^2 = 200154198042\ mm^4$

$I22 = (b2^3 \times t2/12 \times 2) + ((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12) + ((H \times t3^3/12 \times 2) + [(b2 \times t2 + H \times t3) \times (B1/2 + t3/2)^2] \times 2$

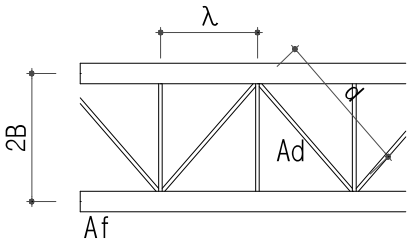
$= (500^3 \times 22 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 22) + (3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2 = 135894939333\ mm^4$

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1100 mm
d = 3330 mm
Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 22.0 = 11000 mm²

· tr = 205000 / 79000 x 2 x 2500 x 1100 / (3330 ³ / 2339 + 2 x 2500 ³ / 3 x 11000) = 0.853mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10443 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = 2.212/0.018 + 2.212/0.001 + 2 x 3.020/0.01200 = 3220.153

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = 4 x 6656851.153 ^2 / 3220.15 = 5.505E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.408E+05 mm²
· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²
· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.359E+11 mm⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.002E+11 mm⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.505E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 22	22000	3029.00	6.664E+07	6.926E+10	8.873E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3018.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1518.00	1.093E+08	4.993E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	93.00	3.348E+05	4.858E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	6.703E+10	1.166E+06
TOTAL		140800	1254.67	1.767E+08	1.461E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3164.00	4.882E+08	1.281E+11	7.406E+08
강형		140800	1254.67	1.767E+08	1.403E+11	2.002E+11
TOTAL		295086	2252.96	6.648E+08	2.684E+11	2.009E+11

- 도심 : ysv = 664817600/295086 = 2252.964 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io
= 268374946802 + 200894769471 = 469269716273 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n
= 135894939333 + 4500.000 ³
x 240.0 / 12 / 7 = 396252082190 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.053/2 + 18.0/2

= 3,027.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,027.5

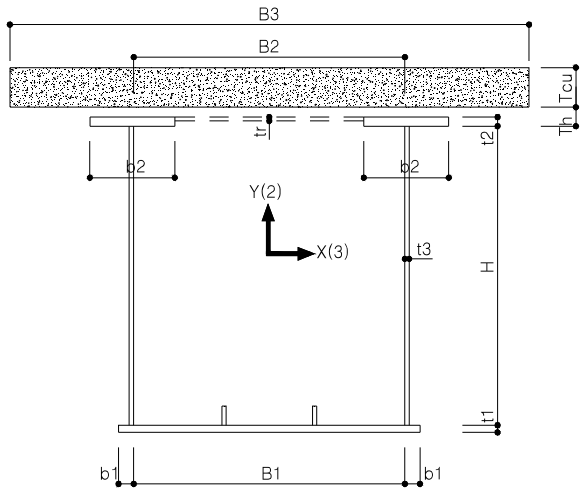
= 6,696,889 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,696,889.0² / {2x(3,027.5 / 12.0) + 2,212.0/37.053 + 2,212.0/(0.0+18.0) }

= 2.6106E+11 mm4

◎ 단면 < 단면6 > 단면위치 : 96,3/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	12
t2	18
t3	12
tr	0.842
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	1509.00	2.716E+07	4.099E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1500.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000				5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1425.00	-5.130E+06	7.310E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	-1506.00	-4.337E+07	6.532E+10	3.456E+05
TOTAL		122400		-2.134E+07	1.136E+11	5.401E+10

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

$= 113617144800 + 54007581600 = 167624726400\ mm^4$

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

$= -21340800 / 122400 = -174.35\ mm$

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

$= 167624726400 - 122400 \times -174.353^2 = 163903895153\ mm^4$

$I22 = (b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

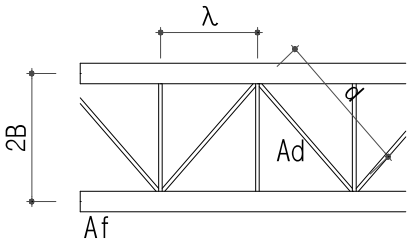
$= (500^3 \times 18 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 12 / 12) + ((3000 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 18) + (3000 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2 = 124059606000\ mm^4$

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 18.0 = 9000 mm²

· tr = 205000 / 79000 x 2 x 2500 x 1100 / (3330 ³ / 2339 + 2 x 2500 ³ / 3 x 9000) = 0.842mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10437 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = 2.212/0.012 + 2.212/0.001 + 2 x 3.015/0.01200 = 3313.379

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = 4 x 6650203.441 ^2 / 3313.38 = 5.339E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.224E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.200E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.241E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.639E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.339E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 18	18000	3021.00	5.438E+07	5.101E+10	4.860E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3012.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3000 X 12	72000	1512.00	1.089E+08	2.189E+09	5.400E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	87.00	3.132E+05	5.631E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	6.00	1.728E+05	5.107E+10	3.456E+05
TOTAL		122400	1337.65	1.637E+08	1.099E+11	5.401E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3158.00	4.872E+08	1.001E+11	7.406E+08
강형		122400	1337.65	1.637E+08	1.261E+11	1.639E+11
TOTAL		276686	2352.71	6.510E+08	2.262E+11	1.646E+11

- 도심 : ysv = 650962286/276686 = 2352.714 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 226168228576 + 164644466582 = 390812695158 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 124059606000 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 384416748857 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,000.0 + 37.043/2 + 12.0/2

= 3,024.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 3,024.5

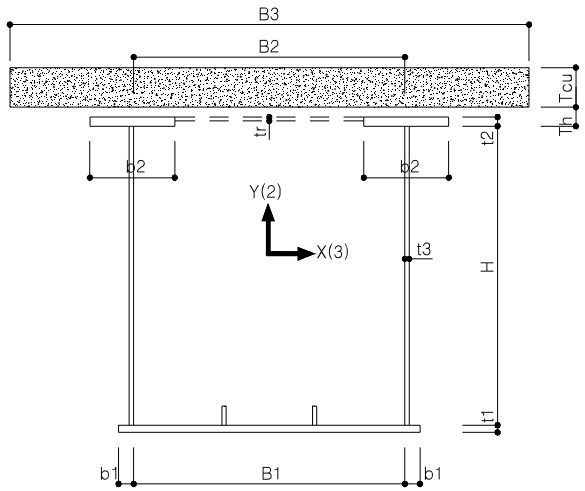
= 6,690,241 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,690,241.3² / {2x(3,024.5 / 12.0) + 2,212.0/37.043 + 2,212.0/(0.0+12.0) }

= 2.3931E+11 mm4

◎ 단면 < 단면17 > 단면위치 : 80,2/4지점 (거더1,2)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2500
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 2	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1258.00	2.013E+07	2.532E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1250.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2500 X 12	60000				3.125E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	-1175.00	-4.230E+06	4.970E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	-1256.00	-3.617E+07	4.543E+10	3.456E+05
TOTAL		108400		-2.027E+07	7.572E+10	3.126E+10

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

$= 75724310800 + 31257436933 = 106981747733\ mm^4$

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

$= -20274800 / 108400 = -187.04\ mm$

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

$= 106981747733 - 108400 \times -187.037^2 = 103189611986\ mm^4$

$I22 = (b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

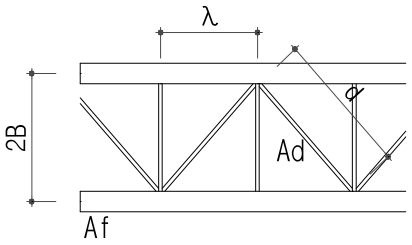
$= (500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 12 / 12) + ((2500 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 16) + (2500 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2 = 106918963333\ mm^4$

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 8000}$ = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 5544196 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 9437 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.012}$ + $\frac{2.212}{0.001}$ + 2 x $\frac{2.514}{0.01200}$ = 3252.302

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 5544195.557\ \text{^2}}{3252.30}$ = 3.780E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.084E+05 mm²

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 6.000E+04 mm²

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.069E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.032E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 3.780E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	2520.00	4.032E+07	3.341E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2512.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2500 X 12	60000	1262.00	7.572E+07	2.099E+09	3.125E+10
LOWER RIB	2 - 150 X 12	3600	87.00	3.132E+05	3.514E+09	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	6.00	1.728E+05	3.291E+10	3.456E+05
TOTAL		108400	1074.96	1.165E+08	7.193E+10	3.126E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	2658.00	4.101E+08	6.584E+10	7.406E+08
강형		108400	1074.96	1.165E+08	9.371E+10	1.032E+11
TOTAL		262686	2004.74	5.266E+08	1.596E+11	1.039E+11

- 도심 : ysv = 526617429/262686 = 2004.743 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 159551399982 + 103930183414 = 263481583397 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 106918963333 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 367276106190 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,500.0 + 37.036/2 + 12.0/2

= 2,524.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 2,524.5

= 5,584,233 mm2

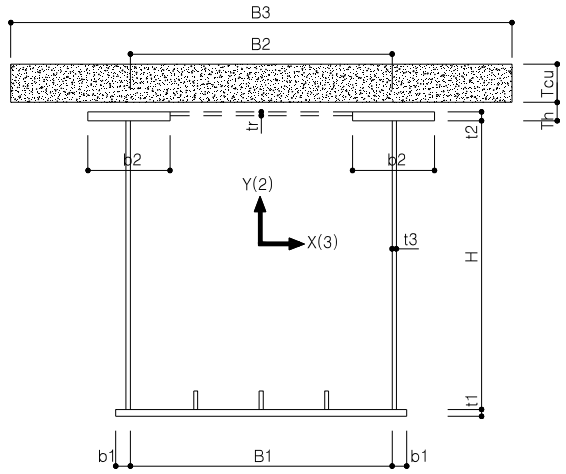
K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 5,584,233.4² / {2x(2,524.5 / 12.0) + 2,212.0/37.036 + 2,212.0/(0.0+12.0) }

= 1.8762E+11 mm4

2) 교번구간

◎ 단면 < 단면7 > : 단면위치 : 93,3/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3088
t1	12
t2	16
t3	14
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 4	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1552.00	2.483E+07	3.854E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1544.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3088 X 14	86464				6.871E+10
LOWER RIB	4 - 150 X 12	7200	-1469.00	-1.058E+07	1.554E+10	1.350E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	-1550.00	-4.464E+07	6.919E+10	3.456E+05
TOTAL		138464		-3.038E+07	1.233E+11	6.872E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 123268583200 + 68722401035 = 191990984235 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -30384800 / 138464 = -219.44 mm

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

= 191990984235 - 138464 x -219.442 ² = 185323286703 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

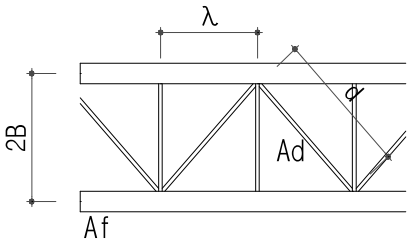
= $(500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 12 / 12) + ((3088 \times 14^3 / 12) + [(500 \times 16) + (3088 \times 14) \times (2200 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2$ = 139489467915 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· tr = 205000 / 79000 x 2 x 2500 x 1100 / (3330 ³ / 2339 + 2 x 2500 ³ / 3 x 8000) = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6851040 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10616.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = 2.214 / 0.012 + 2.214 / 0.001 + 2 x 3.102 / 0.01400 = 3279.006

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = 4 x 6851040.392 ^2 / 3279.01 = 5.726E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.385.E+05 mm2

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 8.646.E+04 mm2

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.395.E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.853.E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 5.726.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	3108.00	4.973E+07	5.021E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3100.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3088 X 14	86464	1556.00	1.345E+08	4.164E+09	6.871E+10
LOWER RIB	4 - 150 X 12	7200	87.00	6.264E+05	1.124E+10	1.350E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	6.00	1.728E+05	5.099E+10	3.456E+05
TOTAL		138464	1336.56	1.851E+08	1.166E+11	6.872E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3246.00	5.008E+08	1.258E+11	7.406E+08
강형		138464	1336.56	1.851E+08	1.402E+11	1.853E+11
TOTAL		292750	2342.88	6.859E+08	2.661E+11	1.861E+11

- 도심 : ysv = 685876613/292750 = 2342.877 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 266059637529 + 186063858131 = 452123495660 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 139489467915 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 399846610772 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,088.0 + 37.036/2 + 12.0/2

= 3,112.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 3,112.5

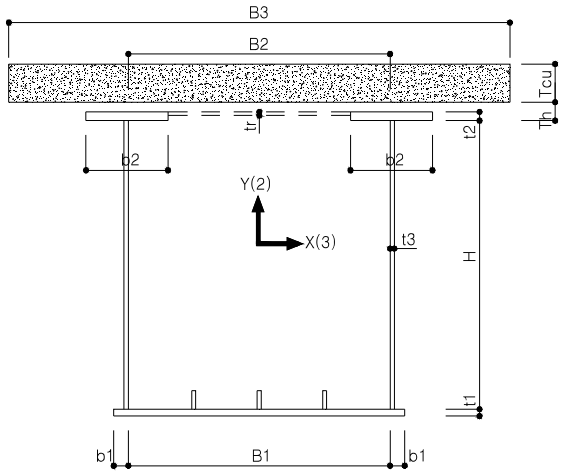
= 6,891,114 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,891,114.4² / {2x(3,112.5 / 14.0) + 2,214.0/37.036 + 2,214.0/(0.0+12.0) }

= 2.7572E+11 mm4

◎ 단면 < 단면8 > : 단면위치 : 92,3/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3202
t1	18
t2	14
t3	14
tr	0.826
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	937	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 4	하부플랜지	2387	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 14	14000	1608.00	2.251E+07	3.620E+10	2.287E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1601.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3202 X 14	89656				7.660E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	-1501.00	-2.161E+07	3.244E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1610.00	-6.955E+07	1.120E+11	1.166E+06
TOTAL		161256		-6.865E+07	1.806E+11	7.665E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 180621230400 + 76651511352 = 257272741752 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -68654400 / 161256 = -425.75 mm

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

= 257272741752 - 161256 x -425.748 ² = 228043276558 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12 \times 2)+((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12)+((H \times t3^3/12 \times 2)+[(b2 \times t2+H \times t3) \times (B1/2+t3/2)^2] \times 2$

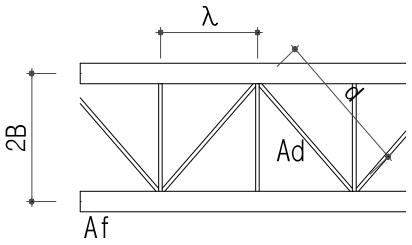
= $(500^3 \times 14 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3202 \times 14^3 / 12) + [(500 \times 14) + (3202 \times 14) \times (2200 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2$ = 147885986592 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 14.0 = 7000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 7000}$ = 0.826mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 7110068 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10850.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.214}{0.018}$ + $\frac{2.214}{0.001}$ + 2 x $\frac{3.218}{0.01400}$ = 3262.933

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7110068.439\ \text{^2}}{3262.93}$ = 6.197E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.613.E+05 mm2

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 8.966.E+04 mm2

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.479.E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 2.280.E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 6.197.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 14	14000	3227.00	4.518E+07	5.791E+10	2.287E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3220.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3202 X 14	89656	1619.00	1.452E+08	1.625E+10	7.660E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	118.00	1.699E+06	1.665E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	6.059E+10	1.166E+06
TOTAL		161256	1193.25	1.924E+08	1.514E+11	7.665E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3366.00	5.193E+08	1.902E+11	7.406E+08
강형		161256	1193.25	1.924E+08	1.820E+11	2.280E+11
TOTAL		315542	2255.63	7.117E+08	3.722E+11	2.288E+11

- 도심 : ysv = 711744778/315542 = 2255.628 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 372223241603 + 228783847986 = 601007089589 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 147885986592 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 408243129449 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,202.0 + 37.027/2 + 18.0/2

= 3,229.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 3,229.5

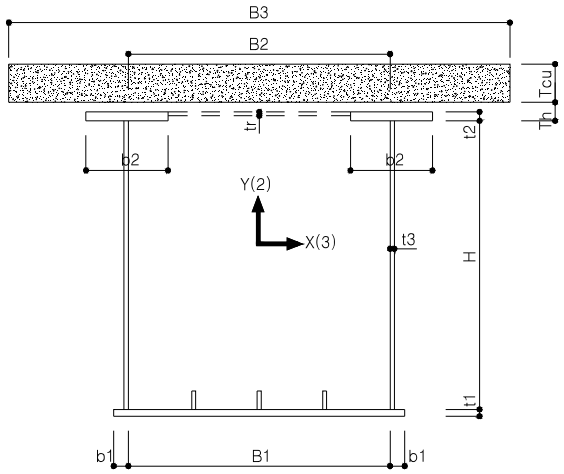
= 7,150,142 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,150,142.5² / {2x(3,229.5 / 14.0) + 2,214.0/37.027 + 2,214.0/(0.0+18.0) }

= 3.1747E+11 mm4

◎ 단면 < 단면9 > : 단면위치 : 92,I지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3320
t1	18
t2	14
t3	16
tr	0.761
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	2692	상부바닥판	4478	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 4	하부플랜지	2392	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 14	37800	1667.00	6.301E+07	1.050E+11	6.174E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1660.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3320 X 16	106240				9.758E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	-1560.00	-2.246E+07	3.504E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1669.00	-7.210E+07	1.203E+11	1.166E+06
TOTAL		201640		-3.155E+07	2.604E+11	9.763E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 260422079400 + 97634765133 = 358056844533 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -31552200 / 201640 = -156.48 mm

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

= 358056844533 - 201640 x -156.478 ² = 353119623125 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12 \times 2)+((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12)+((H \times t3^3/12 \times 2)+[(b2 \times t2+H \times t3) \times (B1/2+t3/2)^2] \times 2$

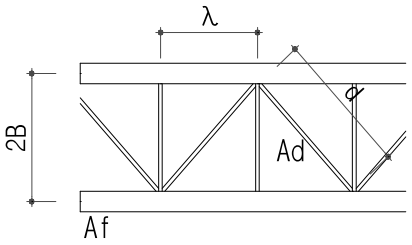
= $(2700^3 \times 14 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3320 \times 16^3 / 12) + [(2700 \times 14) + (3320 \times 16) \times (2200 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 219914789813 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 250 x 14.0 = 3500 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 3500}$ = 0.761mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 7377907 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 11090.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.216}{0.018}$ + $\frac{2.216}{0.014}$ + 2 x $\frac{3.336}{0.01600}$ = 698.397

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 7377906.686\ \text{^2}}{698.40}$ = 3.118E+11 mm⁴

· 단면적(A) ····· 2.016.E+05 mm2

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 1.062.E+05 mm2

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 2.199.E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 3.531.E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 3.118.E+11 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 14	37800	3345.00	1.264E+08	1.257E+11	6.174E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	3338.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 3320 X 16	106240	1678.00	1.783E+08	2.601E+09	9.758E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	118.00	1.699E+06	2.837E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	9.883E+10	1.166E+06
TOTAL		201640	1521.52	3.068E+08	2.555E+11	9.763E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3484.00	5.375E+08	1.907E+11	7.406E+08
강형		201640	1521.52	3.068E+08	1.459E+11	3.531E+11
TOTAL		355926	2372.21	8.443E+08	3.366E+11	3.539E+11

- 도심 : ysv = 844331149/355926 = 2372.212 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 336629816381 + 353860194553 = 690490010934 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 219914789813 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 480271932670 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 3,320.0 + 36.961/2 + 18.0/2

= 3,347.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,347.5

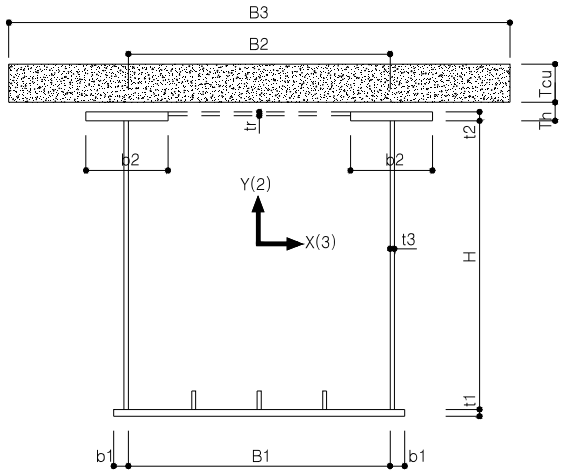
= 7,418,017 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,418,016.9² / {2x(3,347.5 / 16.0) + 2,216.0/36.961 + 2,216.0/(0.0+18.0) }

= 3.6593E+11 mm4

◎ 단면 < 단면14 > : 단면위치 : 87,I지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2833
t1	18
t2	16
t3	14
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	960	상부바닥판	4486	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 4	하부플랜지	2380	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1424.50	2.279E+07	3.247E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1416.50	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2833 X 14	79324				5.305E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	-1316.50	-1.896E+07	2.496E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1425.50	-6.158E+07	8.778E+10	1.166E+06
TOTAL		152924		-5.775E+07	1.452E+11	5.310E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 145209455200 + 53103309320 = 198312764520 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -57747200 / 152924 = -377.62 mm

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

= 198312764520 - 152924 x -377.620 ² = 176506252083 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

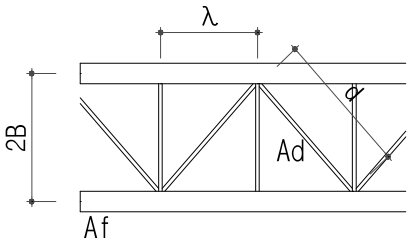
= $(500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((2833 \times 14^3 / 12) + [(500 \times 16) + (2833 \times 14) \times (2200 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2$ = 137686145435 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1100 mm
d = 3330 mm
Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· tr = 205000 / 79000 x 2 x 2500 x 1100 / (3330 ³ / 2339 + 2 x 2500 ³ / 3 x 8000) = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 6293112 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 10112.8 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = 2.214/0.018 + 2.214/0.001 + 2 x 2.850/0.01400 = 3181.506

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = 4 x 6293112.392 ^2 / 3181.51 = 4.979E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.529.E+05 mm2
· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 7.932.E+04 mm2
· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.377.E+11 mm⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.765.E+11 mm⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 4.979.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	2859.00	4.574E+07	5.196E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2851.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2833 X 14	79324	1434.50	1.138E+08	1.131E+10	5.305E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	118.00	1.699E+06	1.269E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	4.744E+10	1.166E+06
TOTAL		152924	1056.88	1.616E+08	1.234E+11	5.310E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	2997.00	4.624E+08	1.439E+11	7.406E+08
강형		152924	1056.88	1.616E+08	1.452E+11	1.765E+11
TOTAL		307210	2031.24	6.240E+08	2.891E+11	1.772E+11

- 도심 : ysv = 624016564/307210 = 2031.240 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io
= 289083776906 + 177246823512 = 466330600418 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n
= 137686145435 + 4500.000 ³
x 240.0 / 12 / 7 = 398043288292 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,833.0 + 37.036/2 + 18.0/2

= 2,860.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 2,860.5

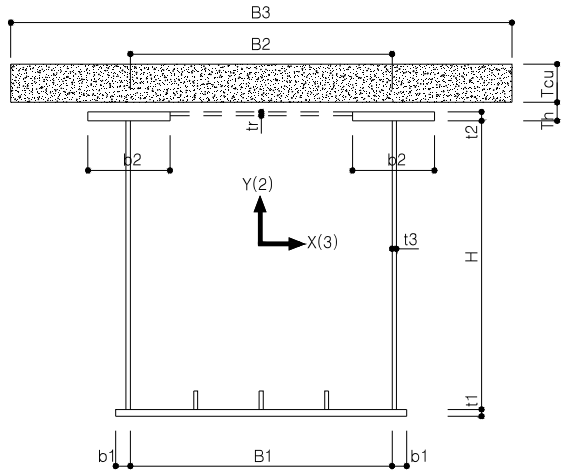
= 6,333,186 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 6,333,186.4² / {2x(2,860.5 / 14.0) + 2,214.0/37.036 + 2,214.0/(0.0+18.0) }

= 2.7127E+11 mm4

◎ 단면 < 단면15 > : 단면위치 : 86,1/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2680
t1	18
t2	16
t3	12
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	600	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 4	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1348.00	2.157E+07	2.907E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1340.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2680 X 12	64320				3.850E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	-1240.00	-1.786E+07	2.214E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1349.00	-5.828E+07	7.862E+10	1.166E+06
TOTAL		137920		-5.456E+07	1.298E+11	3.855E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 129830507200 + 38547171733 = 168377678933 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -54564800 / 137920 = -395.63 mm

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

= 168377678933 - 137920 x -395.626 ² = 146790400808 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12 \times 2) + ((B1+b1 \times 2)^3 \times t1/12) + ((H \times t3^3/12 \times 2) + [(b2 \times t2 + H \times t3) \times (B1/2 + t3/2)^2] \times 2$

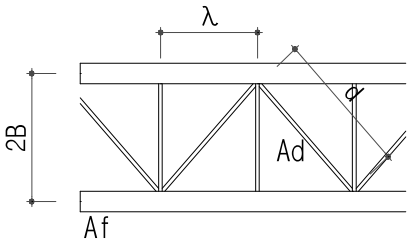
= $(500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((2680 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 16) + (2680 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 119156644693 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G}\cdot\frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa

G = 79000 MPa

λ = 2500 mm

B = 1100 mm

d = 3330 mm

Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²

Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· tr = $\frac{205000}{79000}$ x $\frac{2 \times 2500 \times 1100}{3330^3 / 2339 + 2 \times 2500^3 / 3 \times 8000}$ = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 5948992 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 9802.84 mm

· $\int\frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = $\frac{2.212}{0.018}$ + $\frac{2.212}{0.001}$ + 2 x $\frac{2.697}{0.01200}$ = 3221.357

· $K = \frac{4\times F^2}{\int\frac{ds}{t}}$ = $\frac{4 \times 5948991.557\ \text{^2}}{3221.36}$ = 4.394E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.379.E+05 mm2

· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 6.432.E+04 mm2

· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.192.E+11 mm⁴

· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.468.E+11 mm⁴

· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 4.394.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	2706.00	4.330E+07	4.864E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2698.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2680 X 12	64320	1358.00	8.735E+07	1.007E+10	3.850E+10
LOWER RIB	4 - 200 X 18	14400	118.00	1.699E+06	1.027E+10	4.800E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	3.927E+10	1.166E+06
TOTAL		137920	962.37	1.327E+08	1.082E+11	3.855E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	2844.00	4.388E+08	1.217E+11	7.406E+08
강형		137920	962.37	1.327E+08	1.361E+11	1.468E+11
TOTAL		292206	1955.88	5.715E+08	2.578E+11	1.475E+11

- 도심 : ysv = 571519131/292206 = 1955.879 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 257828592640 + 147530972237 = 405359564876 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n

= 119156644693 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 379513787550 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,680.0 + 37.036/2 + 18.0/2

= 2,707.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 2,707.5

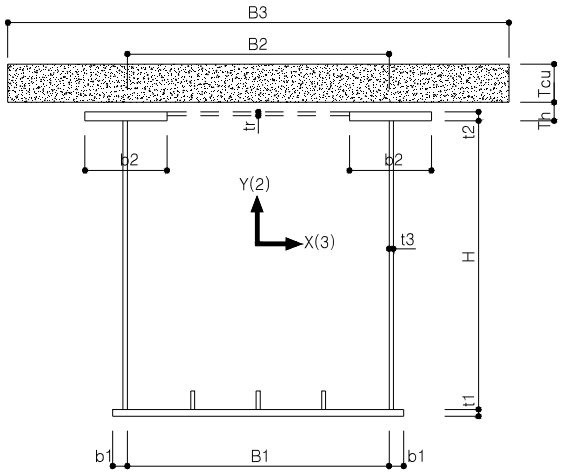
= 5,989,029 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 5,989,029.4² / {2x(2,707.5 / 12.0) + 2,212.0/37.036 + 2,212.0/(0.0+18.0) }

= 2.2635E+11 mm4

◎ 단면 < 단면16 > : 단면위치 : 84,3/4지점 (외측거더)



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2514
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.835
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	0 X 0 X 0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	150 X 12 X 4	하부플랜지	2400	하부바닥판	0	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	1265.00	2.024E+07	2.560E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	1257.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2514 X 12	60336				3.178E+10
LOWER RIB	4 - 150 X 12	7200	-1182.00	-8.510E+06	1.006E+10	1.350E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	-1263.00	-3.637E+07	4.594E+10	3.456E+05
TOTAL		112336		-2.464E+07	8.160E+10	3.179E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 81603760000 + 31792132421 = 113395892421 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -24644800 / 112336 = -219.38 mm

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

= 113395892421 - 112336 x -219.385 ² = 107989200292 mm⁴

I22 = $(b2^3 \times t2/12\times2)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(b2\times t2+H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

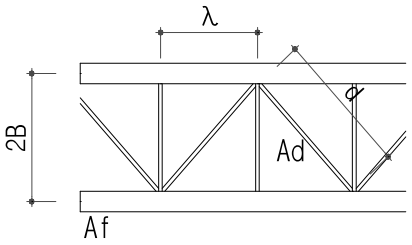
= $(500^3 \times 16 / 12 \times 2) + (2400^3 \times 12 / 12) + ((2514 \times 12^3 / 12) + [(500 \times 16) + (2514 \times 12) \times (2200 / 2 + 12 / 2)^2] \times 2$ = 107336724661 mm⁴

- 비틀림 강성 : ----- (☞ 개구제형 강거더 설계지침 P8)

※ 개구형 단면의 비틀림 강성은 개단면이므로 매우 작지만, 여기에 상부 브레이싱을 설치하면, 콘크리트 타설중 횡좌굴을 방지하며 비틀림 우력에 대해서도 등가두께를 갖는 폐단면(Quasi-Closed Section)으로 저항한다 [DESIGN OF MODERN STEEL HIGHWAYBRIDGES - 8.2.1 Lateral Bracing]. 이때의 등가두께 tr은 다음식으로 구한다.

< Equivalent Thickness For Quasi Box Girder > ----- (☞ 강구조편람 4편 P196~198)

$$t_r = \frac{E}{G} \cdot \frac{2\lambda B}{d^3/A_d + 2\lambda^3/3A_f}$$ (SD-Type 일때)



E = 205000 MPa
G = 79000 MPa
λ = 2500 mm
B = 1100 mm
d = 3330 mm
Ad = (CT 150 x 150 x 6.5 x 9) = 2339 mm²
Af = 500 x 16.0 = 8000 mm²

· tr = 205000 / 79000 x 2 x 2500 x 1100 / (3330 ³ / 2339 + 2 x 2500 ³ / 3 x 8000) = 0.835mm

· F = ((B1 + B2)/2+ t3) x (H + t2/2 + t1/2) = 5575164 mm2

· Lm = 2 x [(B1 + t3) + (H + t2/2 + t1/2)] = 9464.84 mm

· $\int \frac{ds}{t} = \frac{Bl}{t1} + \frac{Bu}{tr} + \frac{2Hk/\cos\theta}{t3}$ = 2.212 / 0.012 + 2.212 / 0.001 + 2 x 2.528 / 0.01200 = 3254.635

· $K = \frac{4 \times F^2}{\int \frac{ds}{t}}$ = 4 x 5575163.557 ^2 / 3254.64 = 3.820E+10 mm⁴

· 단면적(A) ····· 1.123.E+05 mm2
· 전단에 저항하는 단면적(As) ····· 6.034.E+04 mm2
· y축 단면2차모멘트(iy) ····· 1.073.E+11 mm⁴
· 유효폭을 고려한 z축 단면2차모멘트(iz) ····· 1.080.E+11 mm⁴
· 등가두께를 갖는 비틀림상수(K) ····· 3.820.E+10 mm⁴

② 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500 X 16	16000	2534.00	4.054E+07	3.525E+10	3.413E+05
UPPER RIB	0 - 0 X 0	0	2526.00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
W E B	2 - 2514 X 12	60336	1269.00	7.657E+07	2.904E+09	3.178E+10
LOWER RIB	4 - 150 X 12	7200	87.00	6.264E+05	6.672E+09	1.350E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 12	28800	6.00	1.728E+05	3.137E+10	3.456E+05
TOTAL		112336	1049.62	1.179E+08	7.620E+10	3.179E+10

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	2672.00	4.123E+08	7.209E+10	7.406E+08
강형		112336	1049.62	1.179E+08	9.901E+10	1.080E+11
TOTAL		266622	1988.44	5.302E+08	1.711E+11	1.087E+11

- 도심 : ysv = 530161013/266622 = 1988.439 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io
= 171102691187 + 108729771721 = 279832462907 mm⁴

Iv22 = I22 + B1³ x Tcl / 12 / n
= 107336724661 + 4500.000 ³
x 240.0 / 12 / 7 = 367693867518 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 fck= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 fck= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 GS= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 GC= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 GC= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 0 × 13,239 / 79,000 = 0.0 mm

H' = H + (tc+tr)/2 + t1/2 = 2,514.0 + 37.036/2 + 12.0/2

= 2,538.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,212.0 + 2,212.0) / 2 × 2,538.5

= 5,615,201 mm2

K = 4·F2 / (∮ds/t) = 4F2 / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tcu+tr) + Bl/(tcl+t1)}

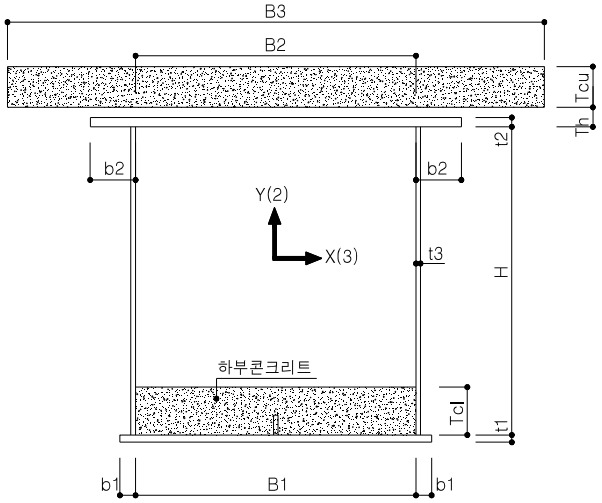
= 4 × 5,615,201.4² / {2x(2,538.5 / 12.0) + 2,212.0/37.036 + 2,212.0/(0.0+12.0) }

= 1.8905E+11 mm4

3) 이중합성부

- 폐합단면

◎ 단면 < 단면10 > : 단면위치 : 91,1/4지점 (거더1,2) <폐합단면>



단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3466
t1	18
t2	14
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	490
b1	100
b2	250

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

보강리브 제원 (mm)				유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120 X 12 X 2			상부플랜지	2672	상부바닥판	4465	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 1			하부플랜지	2372	하부바닥판	2172	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 14	37800	1740.00	6.577E+07	1.144E+11	6.174E+05
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1673.00	4.818E+06	8.061E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3466 X 16	110912				1.110E+11
LOWER RIB	1 - 200 X 18	3600	-1633.00	-5.879E+06	9.600E+09	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1742.00	-7.525E+07	1.311E+11	1.166E+06
TOTAL		198392		-1.054E+07	2.632E+11	1.111E+11

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 263197440720 + 111050836323 = 374248277043 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= -10542960 / 198392 = -53.14 mm

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

= 374248277043 - 198392 x -53.142 ² = 373688002407 mm⁴

I22 = $((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

= $(2700^3 \times 14 / 12) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3466 \times 16^3 / 12) + [(3466 \times 16) \times (2200 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 179876535691 mm⁴

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,466.0 + 14.0 / 2 + 18.0 / 2

= 3,482.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,482.0

= 7,716,112 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 7,716,112.0² / {2x(3,482.0 / 16.0) + 2,200.0/18.000 + 2,200.0/14.0 }

= 3.3326E+11 mm^4

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700 X 14	37800	3491.00	1.320E+08	1.215E+11	6.174E+05
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3424.00	9.861E+06	8.581E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3466 X 16	110912	1751.00	1.942E+08	3.132E+08	1.110E+11
LOWER RIB	1 - 200 X 18	3600	118.00	4.248E+05	8.985E+09	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	1.232E+11	1.166E+06
TOTAL		198392	1697.86	3.368E+08	2.626E+11	1.111E+11

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2200 X 490	1078000				2.157E+10
환산		154000	263.00	4.050E+07	1.005E+11	3.081E+09
강형		198392	1697.86	3.368E+08	7.801E+10	3.737E+11
TOTAL		352392	1070.81	3.773E+08	1.785E+11	3.768E+11

- 도심 : ysv = 377343432/352392 = 1070.806 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 178499352559 + 376769285740 = 555268638299 mm^4

Iv22 = $I22 + B1^3 \times Tcl / 12 / n$

= 179876535691 + 2200.000 ^{3}

x 490.0 / 12 / 7 = 241989869024 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 490 × 13,239 / 79,000 = 82.1 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,466.0 + 14.0/2 + (82.1 + 18.0)/2

= 3,523.1 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,523.1

= 7,807,096 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 7,807,095.9² / {2x(3,523.1 / 16.0) + 2,216.0/14.000 + 2,216.0/(82.1+18.0) }

= 3.9272E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3630.00	5.601E+08	4.888E+11	7.406E+08
단일합성		352392	1070.81	3.773E+08	2.140E+11	5.553E+11
TOTAL		506678	1850.09	9.374E+08	7.028E+11	5.560E+11

- 도심 : ysv = 937400575/506678 = 1850.092 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 702791346968 + 556009209728 = 1258800556696 mm⁴

Iv22 = I22 + B3³ x Tcu / 12 / n

= 241989869024 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 502347011881 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 490 × 13,239 / 79,000 = 82.1 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,466.0 + (36.2+14.0)/2 + (82.1 + 18.0)/2

= 3,541.2 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,541.2

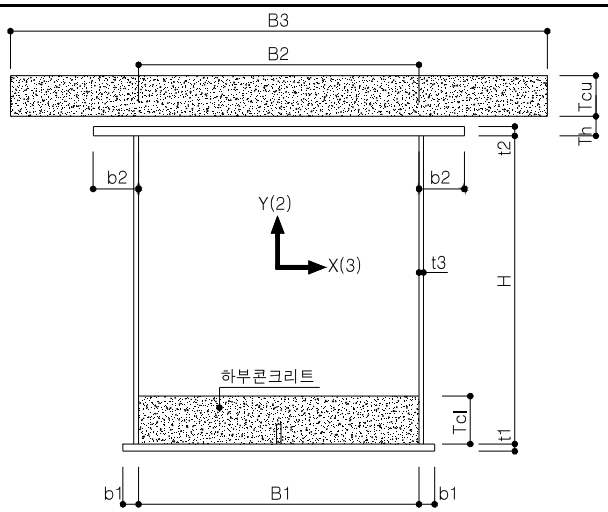
= 7,847,206 mm²

K = 4·F² / (∮ds/t) = 4F² / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,847,206.2² / {2x(3,541.2 / 16.0) + 2,216.0/(36.2+14.0) + 2,216.0/(82.1+18.0) }

= 4.8399E+11 mm⁴

◎ 단면 < 단면11 > : 단면위치 : 17,J지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3700
t1	22
t2	26
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	600
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120 X 12 X 2	상부플랜지	2621	상부바닥판	4443	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	220 X 20 X 1	하부플랜지	2321	하부바닥판	2121	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 26	70200	1863.00	1.308E+08	2.436E+11	3.955E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1790.00	5.155E+06	9.228E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3700 X 16	118400				1.351E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	-1740.00	-7.656E+06	1.332E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 22	52800	-1861.00	-9.826E+07	1.829E+11	2.130E+06
TOTAL		248680		3.002E+07	4.491E+11	1.351E+11

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 449060580600 + 135101953533 = 584162534133 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 30021000 / 248680 = 120.72 mm

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

= 584162534133 - 248680 x 120.721 ² = 580538356713 mm⁴

I22 = $((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

= $(2700^3 \times 26 / 12) + (2400^3 \times 22 / 12) + ((3700 \times 16^3 / 12) + [(3700 \times 16) \times (2200 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 213366190133 mm⁴

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,700.0 + 26.0 / 2 + 22.0 / 2

= 3,724.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,724.0

= 8,252,384 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 8,252,384.0² / {2x(3,724.0 / 16.0) + 2,200.0/22.000 + 2,200.0/26.0 }

= 4.1901E+11 mm^4

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700 X 26	70200	3735.00	2.622E+08	2.131E+11	3.955E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3662.00	1.055E+07	8.025E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3700 X 16	118400	1872.00	2.216E+08	1.726E+09	1.351E+11
LOWER RIB	1 - 220 X 20	4400	132.00	5.808E+05	1.523E+10	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 22	52800	11.00	5.808E+05	2.074E+11	2.130E+06
TOTAL		248680	1992.72	4.955E+08	4.454E+11	1.351E+11

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2200 X 600	1320000				3.960E+10
환산		188571	322.00	6.072E+07	1.703E+11	5.657E+09
강형		248680	1992.72	4.955E+08	1.291E+11	5.805E+11
TOTAL		437251	1272.20	5.563E+08	2.994E+11	5.862E+11

- 도심 : ysv = 556269960/437251 = 1272.197 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 299359874736 + 586195499570 = 885555374305 mm^4

Iv22 = I22 + $B1^3$ x Tcl / 12 / n

= 213366190133 + 2200.000^3

x 600.0 / 12 / 7 = 289423332990 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 600 × 13,239 / 79,000 = 100.5 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,700.0 + 26.0/2 + (100.5 + 22.0)/2

= 3,774.3 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,774.3

= 8,363,793 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 8,363,792.9² / {2x(3,774.3 / 16.0) + 2,216.0/26.000 + 2,216.0/(100.5+22.0) }

= 4.8655E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3868.00	5.968E+08	5.680E+11	7.406E+08
단일합성		437251	1272.20	5.563E+08	2.004E+11	8.856E+11
TOTAL		591537	1949.24	1.153E+09	7.685E+11	8.863E+11

- 도심 : ysv = 1153047103/591537 1949.239 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 768454910124 + 886295945734 = 1654750855858 mm⁴

Iv22 = I22 + B3³ x Tcu / 12 / n

= 289423332990 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 549780475848 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 600 × 13,239 / 79,000 = 100.5 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,700.0 + (36.2+26.0)/2 + (100.5 + 22.0)/2

= 3,792.4 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,792.4

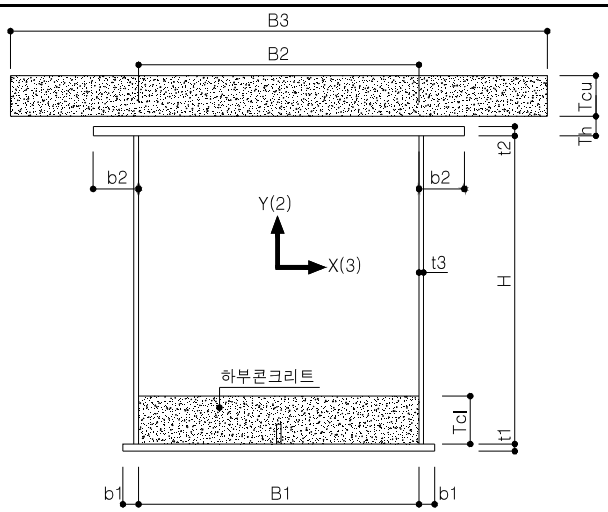
= 8,403,903 mm²

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 8,403,903.1² / {2x(3,792.4 / 16.0) + 2,216.0/(36.2+26.0) + 2,216.0/(100.5+22.0) }

= 5.3529E+11 mm⁴

◎ 단면 < 단면12 > : 단면위치 : 88,3/4지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3468
t1	18
t2	18
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	530
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120 X 12 X 2	상부플랜지	2650	상부바닥판	4459	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 1	하부플랜지	2350	하부바닥판	2150	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 18	48600	1743.00	8.471E+07	1.476E+11	1.312E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1674.00	4.821E+06	8.071E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3468 X 16	110976				1.112E+11
LOWER RIB	1 - 200 X 18	3600	-1634.00	-5.882E+06	9.612E+09	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1743.00	-7.530E+07	1.312E+11	1.166E+06
TOTAL		209256		8.351E+06	2.966E+11	1.112E+11

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 296575294680 + 111243852552 = 407819147232 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 8350920 / 209256 = 39.91 mm

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

= 407819147232 - 209256 x 39.908 ² = 407485881448 mm⁴

I22 = $((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3 /12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

= $(2700^3 \times 18 / 12) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3468 \times 16^3 / 12) + [(3468 \times 16) \times (2200 / 2 + 16 / 2)^2] \times 2$ = 186516107552 mm⁴

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,468.0 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2

= 3,486.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,486.0

= 7,724,976 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 7,724,976.0² / {2x(3,486.0 / 16.0) + 2,200.0/18.000 + 2,200.0/18.0 }

= 3.5093E+11 mm^4

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700 X 18	48600	3495.00	1.699E+08	1.410E+11	1.312E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3426.00	9.867E+06	7.690E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3468 X 16	110976	1752.00	1.944E+08	1.767E+08	1.112E+11
LOWER RIB	1 - 200 X 18	3600	118.00	4.248E+05	1.009E+10	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	1.373E+11	1.166E+06
TOTAL		209256	1791.91	3.750E+08	2.962E+11	1.112E+11

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2200 X 530	1166000				2.729E+10
환산		166571	283.00	4.714E+07	1.176E+11	3.899E+09
강형		209256	1791.91	3.750E+08	9.359E+10	4.075E+11
TOTAL		375827	1123.14	4.221E+08	2.112E+11	4.114E+11

- 도심 : ysv = 422107146/375827 = 1123.141 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 211161768781 + 411385040972 = 622546809753 mm^4

Iv22 = I22 + $B1^3$ x Tcl / 12 / n

= 186516107552 + 2200.000 ^{3}

x 530.0 / 12 / 7 = 253699917076 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 530 × 13,239 / 79,000 = 88.8 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,468.0 + 18.0/2 + (88.8 + 18.0)/2

= 3,530.4 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,530.4

= 7,823,387 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 7,823,387.2² / {2x(3,530.4 / 16.0) + 2,216.0/18.000 + 2,216.0/(88.8+18.0) }

= 4.1839E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3632.00	5.604E+08	4.881E+11	7.406E+08
단일합성		375827	1123.14	4.221E+08	2.004E+11	6.225E+11
TOTAL		530113	1853.33	9.825E+08	6.885E+11	6.233E+11

- 도심 : ysv = 982472861/530113 = 1853.327 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 688490843597 + 623287381182 = 1311778224779 mm⁴

Iv22 = I22 + B3³ x Tcu / 12 / n

= 253699917076 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 514057059933 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 530 × 13,239 / 79,000 = 88.8 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,468.0 + (36.2+18.0)/2 + (88.8 + 18.0)/2

= 3,548.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 × 3,548.5

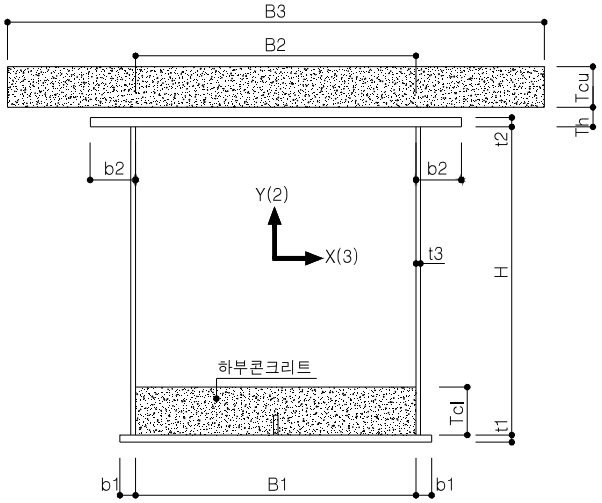
= 7,863,497 mm^2

K = $4 \cdot F^2$ / (∮ds/t) = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,863,497.4² / {2x(3,548.5 / 16.0) + 2,216.0/(36.2+18.0) + 2,216.0/(88.8+18.0) }

= 4.8959E+11 mm^4

◎ 단면 < 단면13 > : 단면위치 : 88,I지점 (거더1,2) <폐합단면>



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3109
t1	18
t2	18
t3	14
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	470
b1	100
b2	250

보강리브 제원 (mm)		유효폭 제원 (mm)						피복두께(mm)	
상부 리브	120 X 12 X 2	상부플랜지	2666	상부바닥판	4471	n(상부)	7	tcu	60
하부 리브	200 X 18 X 1	하부플랜지	2366	하부바닥판	2166	n(하부)	7	tcl	40

※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (아래계산 참조)

※ 바닥판의 유효두께는 상부플랜지의 두께를 공제한 것을 적용, 단, 하중산정시는 전체 두께를 고려함

① 합성전 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2700 X 18	48600	1563.50	7.599E+07	1.188E+11	1.312E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	1494.50	4.304E+06	6.433E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3109 X 14	87052				7.012E+10
LOWER RIB	1 - 200 X 18	3600	-1454.50	-5.236E+06	7.616E+09	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	-1563.50	-6.754E+07	1.056E+11	1.166E+06
TOTAL		185332		7.511E+06	2.385E+11	7.014E+10

Is´ = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 238456680570 + 70137457334 = 308594137904 mm⁴

δs = $\sum AsY / \sum As$

= 7510860 / 185332 = 40.53 mm

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

= 308594137904 - 185332 x 40.527 ² = 308289748927 mm⁴

I22 = $((B2+b2\times2)^3 \times t2/12)+((B1+b1\times2)^3 \times t1/12)+((H\times t3^3/12\times2)+[(H\times t3)\times(B1/2+t3/2)^2]\times2$

= $(2700^3 \times 18 / 12) + (2400^3 \times 18 / 12) + ((3109 \times 14^3 / 12) + [(3109 \times 14) \times (2200 / 2 + 14 / 2)^2] \times 2$ = 156951708197 mm⁴

- 비틀림 강성 :

Hk = H + t2 / 2 + t1 / 2 = 3,109.0 + 18.0 / 2 + 18.0 / 2

= 3,127.0 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × Hk = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 3,127.0

= 6,923,178 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu/t2 + Bl/t1)\}$

= 4 × 6,923,178.0² / {2x(3,127.0 / 14.0) + 2,200.0/18.000 + 2,200.0/18.0 }

= 2.7739E+11 mm^4

② 단일 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
UPPER FL.	1 - 2700 X 18	48600	3136.00	1.524E+08	1.127E+11	1.312E+06
UPPER RIB	2 - 120 X 12	2880	3067.00	8.833E+06	6.088E+09	3.456E+06
W E B	2 - 3109 X 14	87052	1572.50	1.369E+08	1.430E+08	7.012E+10
LOWER RIB	1 - 200 X 18	3600	118.00	4.248E+05	8.046E+09	1.200E+07
LOWER FL.	1 - 2400 X 18	43200	9.00	3.888E+05	1.111E+11	1.166E+06
TOTAL		185332	1613.03	2.989E+08	2.382E+11	7.014E+10

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	AsY(mm^3)	AsY^2 (mm^4)	Io(mm^4)
하부슬래브	1 - 2200 X 470	1034000				1.903E+10
환산		147714	253.00	3.737E+07	8.461E+10	2.719E+09
강형		185332	1613.03	2.989E+08	6.743E+10	3.083E+11
TOTAL		333046	1009.82	3.363E+08	1.520E+11	3.110E+11

- 도심 : ysv = 336317144/333046 = 1009.821 mm

Iv33 = $\sum AsY^2 + \sum Io$

= 152041822649 + 311008922737 = 463050745386 mm^4

Iv22 = I22 + $B1^3$ x Tcl / 12 / n

= 156951708197 + 2200.000 ^{3}

x 470.0 / 12 / 7 = 216529803435 mm^4

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 470 × 13,239 / 79,000 = 78.8 mm

H' = H +t2/2 + (tcl+t1)/2 = 3,109.0 + 18.0/2 + (78.8 + 18.0)/2

= 3,166.4 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 3,166.4

= 7,010,370 mm^2

K = $4 \cdot F^2 / (\oint ds/t)$ = $4F^2 / \{2x(H/\cos\Theta) / t3 + Bu /t2 + Bl/(tcl+t1)\}$

= 4 × 7,010,369.5² / {2x(3,166.4 / 14.0) + 2,214.0/18.000 + 2,214.0/(78.8+18.0) }

= 3.2861E+11 mm^4

③ 이중 합성후 단면

구 분	규 격	As(mm²)	Y(mm)	AsY(mm³)	AsY² (mm⁴)	Io(mm⁴)
상부슬래브	1 - 4500 X 240	1080000				5.184E+09
환산		154286	3273.00	5.050E+08	3.691E+11	7.406E+08
단일합성		333046	1009.82	3.363E+08	1.710E+11	4.631E+11
TOTAL		487332	1726.33	8.413E+08	5.401E+11	4.638E+11

- 도심 : ysv = 841294287/487332 = 1726.327 mm

Iv33 = ∑AsY² + ∑Io

= 540061448611 + 463791316815 = 1003852765425 mm⁴

Iv22 = I22 + B3³ x Tcu / 12 / n

= 216529803435 + 4500.000 ³

x 240.0 / 12 / 7 = 476886946293 mm⁴

※ 합성후 거더의 순수 비틀림 강성은 바닥판 슬래브에 의해 합성 후 폐단면을 형성하며 바닥판 두께를 강재로 환산하여 폐단면의 비틀림 강성을 구한다. (☞ 도.설.해 2.3.3)

바닥판 콘크리트의 강도 f_{ck}= 27.0 MPa

하부 콘크리트의 강도 f_{ck}= 40.0 MPa

강재의 전단 탄성계수 G_S= 79,000 MPa

바닥판의 전단탄성계수 G_C= 27,804 / (2 (1 + 0.167)) = 11,916 MPa

하부콘크리트 전단탄성계수 G_C= 30,891 / (2 (1 + 0.167)) = 13,239 MPa

바닥판의 환산두께 tcu= 240 × 11,916 / 79,000 = 36.2 mm

하부콘크리트 환산두께 tcl= 470 × 13,239 / 79,000 = 78.8 mm

H' = H + (tcu+t2)/2 + (tcl+t1)/2 = 3,109.0 + (36.2+18.0)/2 + (78.8 + 18.0)/2

= 3,184.5 mm

F = (Bu+Bl)/ 2 × H' = (2,214.0 + 2,214.0) / 2 × 3,184.5

= 7,050,444 mm^2

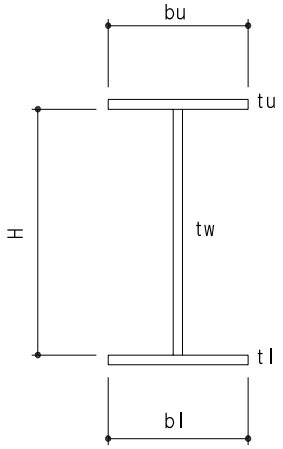
K = $4 \cdot F^2$ / (∮ds/t) = $4F^2$ / {2x(H/cosΘ) / t3 + Bu /(tu+t2) + Bl/(tcl+t1)}

= 4 × 7,050,443.6² / {2x(3,184.5 / 14.0) + 2,214.0/(36.2+18.0) + 2,214.0/(78.8+18.0) }

= 3.8337E+11 mm^4

3) 가로보

◎ 가로보 단면 < 1 >



bu =	300.0	mm
bl =	300.0	mm
H =	1,700.0	mm
tu =	12.0	mm
tw =	12.0	mm
tl =	12.0	mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	856.0	3.082E+06	2.638E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,700.0 × 12.0	20,400.0	-	-	-	4.913E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-856.0	-3.082E+06	2.638E+09	4.320E+04
합 계		27,600.0	-	0.000E+00	5.276E+09	4.913E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,700.0 × 12.0	20,400.0	-	-	-	2.448E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		27,600.0	-	-	-	5.424E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 5,275,699,200.0 + 4,913,086,400.0 = 1.019E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,244,800.0 = 5.424E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L' / L)^3$ 에 의한다.

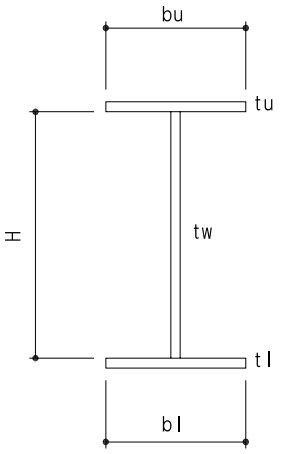
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0^3 + 1,700.0 × 12.0^3 + 300.0 × 12.0^3) / 3 = 1.325E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 2 >



bu	=	300.0 mm
bl	=	300.0 mm
H	=	1,800.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	12.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	906.0	3.262E+06	2.955E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	5.832E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-906.0	-3.262E+06	2.955E+09	4.320E+04
합 계		28,800.0	-	0.000E+00	5.910E+09	5.832E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,800.0 × 12.0	21,600.0	-	-	-	2.592E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		28,800.0	-	-	-	5.426E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 5,910,019,200.0 + 5,832,086,400.0 = 1.174E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,259,200.0 = 5.426E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

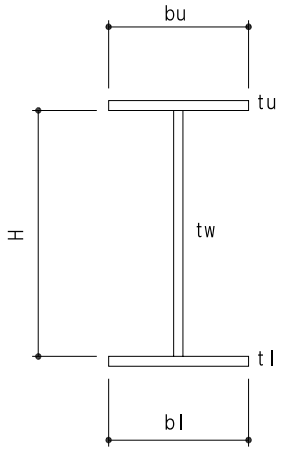
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0^3 + 1,800.0 × 12.0^3 + 300.0 × 12.0^3) / 3 = 1.382E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 3 >



bu	=	300.0 mm
bl	=	300.0 mm
H	=	1,900.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	14.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	956.0	3.442E+06	3.290E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,900.0 × 14.0	26,600.0	-	-	-	8.002E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-956.0	-3.442E+06	3.290E+09	4.320E+04
합 계		33,800.0	-	0.000E+00	6.580E+09	8.002E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,900.0 × 14.0	26,600.0	-	-	-	4.345E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		33,800.0	-	-	-	5.443E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 6,580,339,200.0 + 8,002,253,066.7 = 1.458E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,434,466.7 = 5.443E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

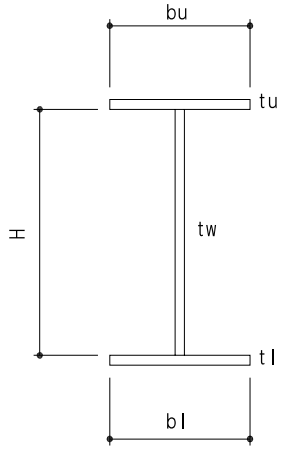
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

= (300.0 × 12.0^3 + 1,900.0 × 14.0^3 + 300.0 × 12.0^3) / 3 = 2.083E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 4 >



bu	=	300.0 mm
bl	=	300.0 mm
H	=	2,000.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	14.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	1,006.0	3.622E+06	3.643E+09	4.320E+04
WEB	1 - 2,000.0 × 14.0	28,000.0	-	-	-	9.333E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-1,006.0	-3.622E+06	3.643E+09	4.320E+04
합 계		35,200.0	-	0.000E+00	7.287E+09	9.333E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 2,000.0 × 14.0	28,000.0	-	-	-	4.573E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		35,200.0	-	-	-	5.446E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 7,286,659,200.0 + 9,333,419,733.3 = 1.662E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,457,333.3 = 5.446E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

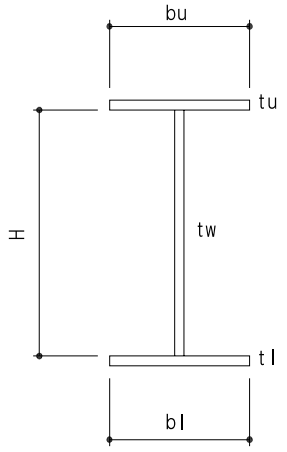
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

$= (300.0 \times 12.0^3 + 2{,}000.0 \times 14.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3$ = 2.175E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 5 >



bu	=	300.0 mm
bl	=	300.0 mm
H	=	2,100.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	14.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	1,056.0	3.802E+06	4.014E+09	4.320E+04
WEB	1 - 2,100.0 × 14.0	29,400.0	-	-	-	1.080E+10
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-1,056.0	-3.802E+06	4.014E+09	4.320E+04
합 계		36,600.0	-	0.000E+00	8.029E+09	1.080E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 2,100.0 × 14.0	29,400.0	-	-	-	4.802E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		36,600.0	-	-	-	5.448E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 8,028,979,200.0 + 10,804,586,400.0 = 1.883E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,480,200.0 = 5.448E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

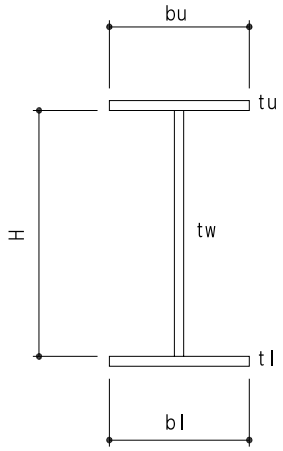
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

$= (300.0 \times 12.0^3 + 2,100.0 \times 14.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3$ = 2.266E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 6 >



bu	=	400.0 mm
bl	=	400.0 mm
H	=	2,200.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	16.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,106.0	5.309E+06	5.872E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	1.420E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,106.0	-5.309E+06	5.872E+09	5.760E+04
합 계		44,800.0	-	0.000E+00	1.174E+10	1.420E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	7.509E+05
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		44,800.0	-	-	-	1.288E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 11,743,065,600.0 + 14,197,448,533.3 = 2.594E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 128,750,933.3 = 1.288E+08 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

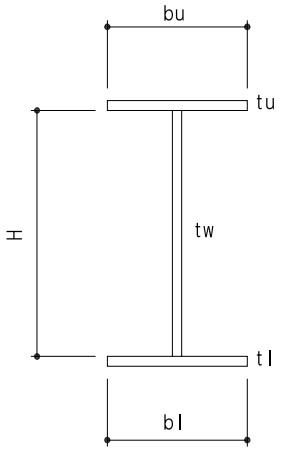
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

$= (400.0 \times 12.0^3 + 2,200.0 \times 16.0^3 + 400.0 \times 12.0^3) / 3$ = 3.465E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 7 >



bu	=	300.0 mm
bl	=	300.0 mm
H	=	1,600.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	12.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	806.0	2.902E+06	2.339E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	4.096E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-806.0	-2.902E+06	2.339E+09	4.320E+04
합 계		26,400.0	-	0.000E+00	4.677E+09	4.096E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,600.0 × 12.0	19,200.0	-	-	-	2.304E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		26,400.0	-	-	-	5.423E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 4,677,379,200.0 + 4,096,086,400.0 = 8.773E+09 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,230,400.0 = 5.423E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

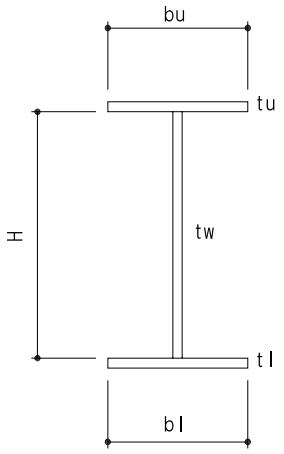
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,600.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3$ = 1.267E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 8 >



bu	=	300.0 mm
bl	=	300.0 mm
H	=	1,500.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	12.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	756.0	2.722E+06	2.058E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,500.0 × 12.0	18,000.0	-	-	-	3.375E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-756.0	-2.722E+06	2.058E+09	4.320E+04
합 계		25,200.0	-	0.000E+00	4.115E+09	3.375E+09

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
WEB	1 - 1,500.0 × 12.0	18,000.0	-	-	-	2.160E+05
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	2.700E+07
합 계		25,200.0	-	-	-	5.422E+07

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 4,115,059,200.0 + 3,375,086,400.0 = 7.490E+09 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 54,216,000.0 = 5.422E+07 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

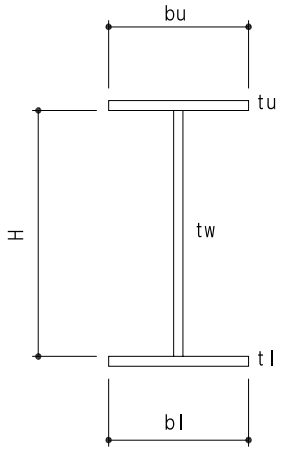
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

$= (300.0 \times 12.0^3 + 1,500.0 \times 12.0^3 + 300.0 \times 12.0^3) / 3$ = 1.210E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 9 >



bu	=	400.0 mm
bl	=	400.0 mm
H	=	2,400.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	16.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,206.0	5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	1.843E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,206.0	-5.789E+06	6.981E+09	5.760E+04
합 계		48,000.0	-	0.000E+00	1.396E+10	1.843E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,400.0 × 16.0	38,400.0	-	-	-	8.192E+05
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		48,000.0	-	-	-	1.288E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 13,962,585,600.0 + 18,432,115,200.0 = 3.239E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 128,819,200.0 = 1.288E+08 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

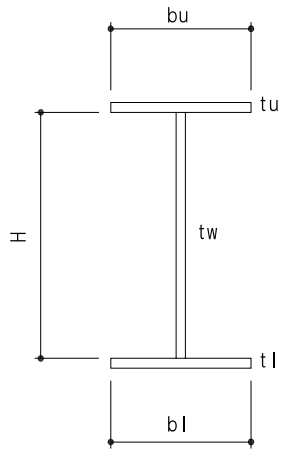
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

$= (400.0 \times 12.0^3 + 2,400.0 \times 16.0^3 + 400.0 \times 12.0^3) / 3$ = 3.738E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 10 >



bu	=	400.0 mm
bl	=	400.0 mm
H	=	2,900.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	20.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,456.0	6.989E+06	1.018E+10	5.760E+04
WEB	1 - 2,900.0 × 20.0	58,000.0	-	-	-	4.065E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,456.0	-6.989E+06	1.018E+10	5.760E+04
합 계		67,600.0	-	0.000E+00	2.035E+10	4.065E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,900.0 × 20.0	58,000.0	-	-	-	1.933E+06
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		67,600.0	-	-	-	1.299E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 20,351,385,600.0 + 40,648,448,533.3 = 6.100E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 129,933,333.3 = 1.299E+08 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

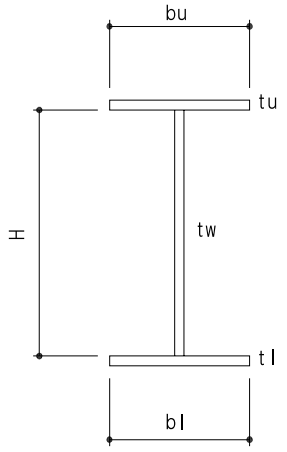
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

$= (400.0 \times 12.0^3 + 2{,}900.0 \times 20.0^3 + 400.0 \times 12.0^3) / 3$ = 8.194E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 11 >



bu	=	400.0 mm
bl	=	400.0 mm
H	=	2,900.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	22.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,456.0	6.989E+06	1.018E+10	5.760E+04
WEB	1 - 2,900.0 × 22.0	63,800.0	-	-	-	4.471E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,456.0	-6.989E+06	1.018E+10	5.760E+04
합 계		73,400.0	-	0.000E+00	2.035E+10	4.471E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,900.0 × 22.0	63,800.0	-	-	-	2.573E+06
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		73,400.0	-	-	-	1.306E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 20,351,385,600.0 + 44,713,281,866.7 = 6.506E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 130,573,266.7 = 1.306E+08 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

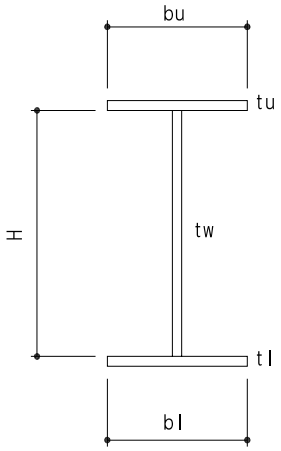
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

$= (400.0 \times 12.0^3 + 2{,}900.0 \times 22.0^3 + 400.0 \times 12.0^3) / 3$ = 1.075E+07 mm^4

◎ 가로보 단면 < 12 >



bu	=	400.0 mm
bl	=	400.0 mm
H	=	2,600.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	18.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,306.0	6.269E+06	8.187E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,600.0 × 18.0	46,800.0	-	-	-	2.636E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,306.0	-6.269E+06	8.187E+09	5.760E+04
합 계		56,400.0	-	0.000E+00	1.637E+10	2.636E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,600.0 × 18.0	46,800.0	-	-	-	1.264E+06
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		56,400.0	-	-	-	1.293E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 16,374,105,600.0 + 26,364,115,200.0 = 4.274E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 129,263,600.0 = 1.293E+08 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

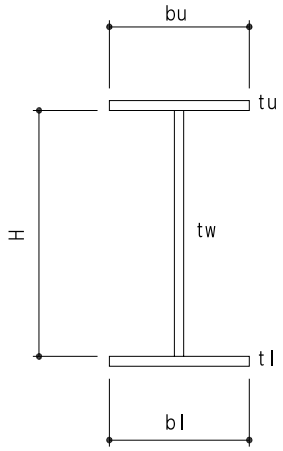
여기서, L,I : 실제 가로보의 길이 및 강성 L', I' : 모델링시 가로보의 길이 및 보정 강성

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

$= (400.0 \times 12.0^3 + 2,600.0 \times 18.0^3 + 400.0 \times 12.0^3) / 3$ = 5.515E+06 mm^4

◎ 가로보 단면 < 13 >



bu	=	400.0 mm
bl	=	400.0 mm
H	=	2,200.0 mm
tu	=	12.0 mm
tw	=	16.0 mm
tl	=	12.0 mm

X(3)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	Y(mm)	As·Y(mm^3)	As·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	1,106.0	5.309E+06	5.872E+09	5.760E+04
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	1.420E+10
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-1,106.0	-5.309E+06	5.872E+09	5.760E+04
합 계		44,800.0	-	0.000E+00	1.174E+10	1.420E+10

Y(2)축 방향

구 분	규 격	As(mm^2)	X(mm)	As·X(mm^3)	As·X^2(mm^4)	I_{yo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
WEB	1 - 2,200.0 × 16.0	35,200.0	-	-	-	7.509E+05
LOWER FL.	1 - 400.0 × 12.0	4,800.0	-	-	-	6.400E+07
합 계		44,800.0	-	-	-	1.288E+08

$I_{33} = \sum A_s Y^2 + \sum I_{xo}$ = 11,743,065,600.0 + 14,197,448,533.3 = 2.594E+10 mm^4

$I_{22} = \sum A_s X^2 + \sum I_{yo}$ = 0.0 + 128,750,933.3 = 1.288E+08 mm^4

※모델링시의 가로보 강성보정은 $I' = I \times (L'/L)^3$ 에 의한다.

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

- 비틀림 강성 (☞ 도.설.해 3.8.2.3)

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

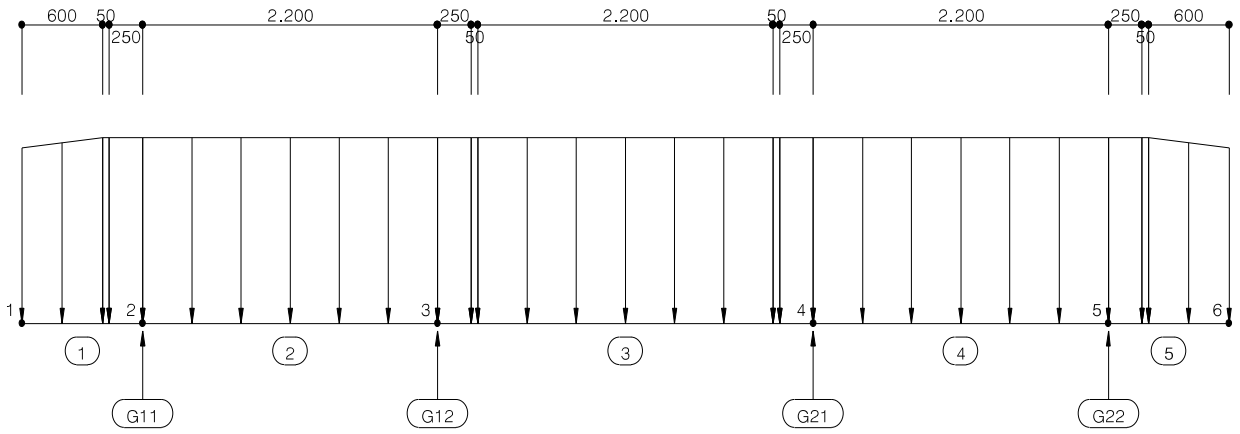
$= (400.0 \times 12.0^3 + 2,200.0 \times 16.0^3 + 400.0 \times 12.0^3) / 3$ = 3.465E+06 mm^4

4.3 작용하중의 산정

가. 횡방향 하중분배

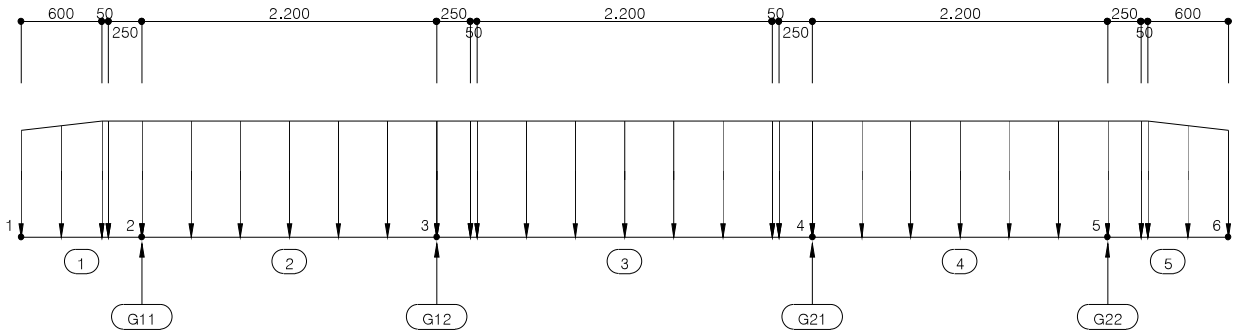
1) 합성전 고정하중(슬래브 자중)

(1) 슬래브자중(STA. 0K+435.650, STA. 0K+691.270)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-11.000	0.600	-11.650	분포하중
W2	1	0.600	-11.650	0.650	-11.650	분포하중
W3	1	0.650	-11.650	0.900	-11.650	분포하중
W4	2	0.000	-11.650	2.200	-11.650	분포하중
W5	3	0.000	-11.650	0.250	-11.650	분포하중
W6	3	0.250	-11.650	0.300	-11.650	분포하중
W7	3	0.300	-11.650	2.500	-11.650	분포하중
W8	3	2.500	-11.650	2.550	-11.650	분포하중
W9	3	2.550	-11.650	2.800	-11.650	분포하중
W10	4	0.000	-11.650	2.200	-11.650	분포하중
W11	5	0.000	-11.650	0.250	-11.650	분포하중
W12	5	0.250	-11.650	0.300	-11.650	분포하중
W13	5	0.300	-11.650	0.900	-11.000	분포하중

(2) 슬래브자중(STA. 0K+439.000 ~ STA. 0K+688.000)

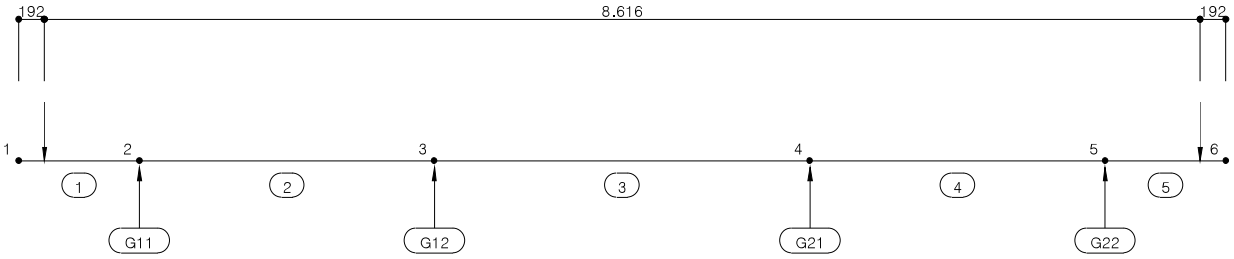


하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.000	-6.000	0.600	-6.650	분포하중
W2	1	0.600	-6.650	0.650	-6.650	분포하중
W3	1	0.650	-6.250	0.900	-6.250	분포하중
W4	2	0.000	-6.950	2.200	-6.950	분포하중
W5	3	0.000	-6.950	0.250	-6.950	분포하중
W6	3	0.250	-6.950	0.300	-6.950	분포하중
W7	3	0.300	-6.950	2.500	-6.950	분포하중
W8	3	2.500	-6.950	2.550	-6.950	분포하중
W9	3	2.550	-6.950	2.800	-6.950	분포하중
W10	4	0.000	-6.950	2.200	-6.950	분포하중
W11	5	0.000	-6.250	0.250	-6.250	분포하중
W12	5	0.250	-6.650	0.300	-6.650	분포하중
W13	5	0.300	-6.650	0.900	-6.000	분포하중

* Rib Deck의 Rib 하중은 0.3kN/m² 로 적용됨.

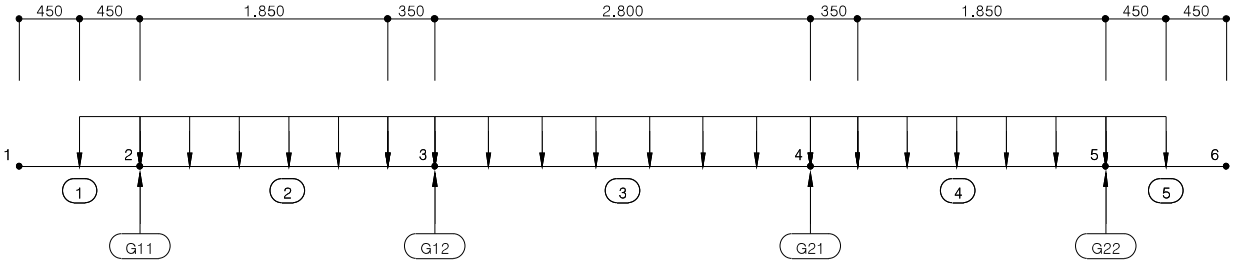
2) 합성후 고정하중

(1) 방호벽(STA. 0K+435.650)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
P1	1	0.192	-9.839	-	-	집중하중
P2	5	0.708	-9.839	-	-	집중하중

(2) 아스콘(STA. 0K+435.65)



하중명	재하부재	작용하중 좌측 제원		작용하중 우측 제원		하중종류
		위치 (m)	하중(kN/m²)	위치 (m)	하중(kN/m²)	
W1	1	0.450	-1.175	0.900	-1.175	분포하중
W2	2	0.000	-1.175	1.850	-1.175	분포하중
W3	2	1.850	-1.175	2.200	-1.175	분포하중
W4	3	0.000	-1.175	2.800	-1.175	분포하중
W5	4	0.000	-1.175	0.350	-1.175	분포하중
W6	4	0.350	-1.175	2.200	-1.175	분포하중
W7	5	0.000	-1.175	0.450	-1.175	분포하중

3) 활하중

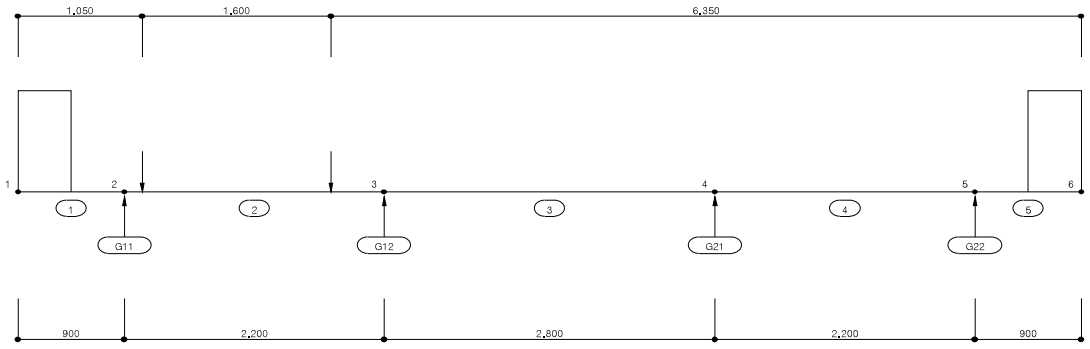
연석간의 교폭 Wc = 8.100 m (STA. 1K+175.730)

∴ 설계 차로수 N = 2 (☞ 도.설 2.1.3)

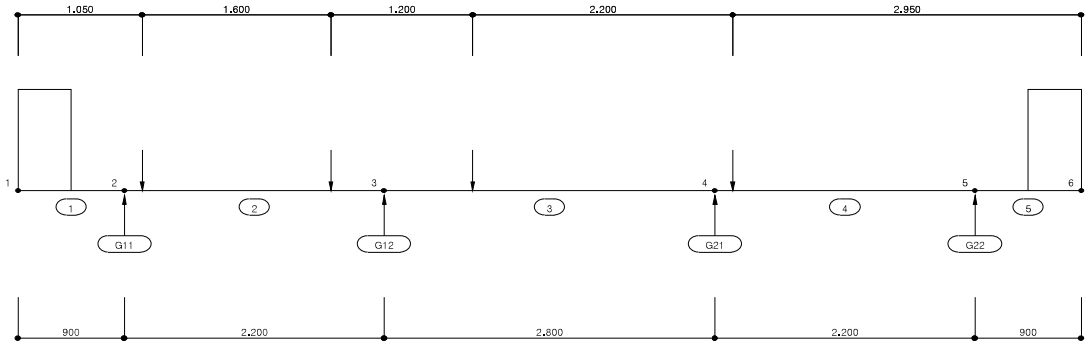
설계 차로폭 W = Wc / N = 8.100 / 2 = 4.050 > 3.6 m ⇒ W = 3.600 m

☞ 곡선교와 같이 차량의 편심재하에 대한 설계가 중요한 교량에서는 표준차로폭이나 설계차로폭에 관계없이 DB하중이나 DL하중을 표준점유폭인 3m마다 연속시켜서 설계차선수 이내로 최대의 편심효과가 일어날 수 있도록 재하한다. 설계차로폭 W = 3.0 m

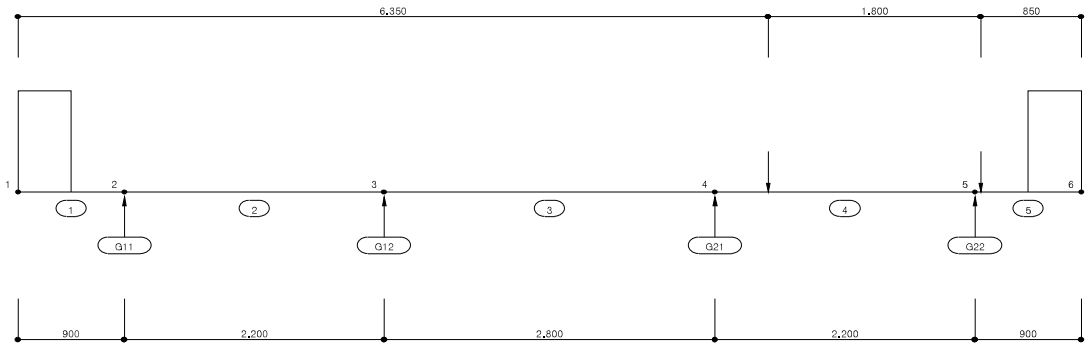
< G1 Max DB 1선 >



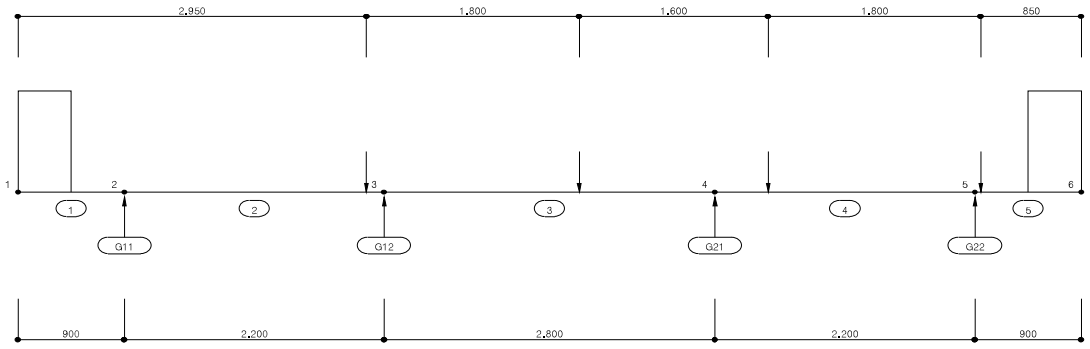
< G1 Max DB 2선 >



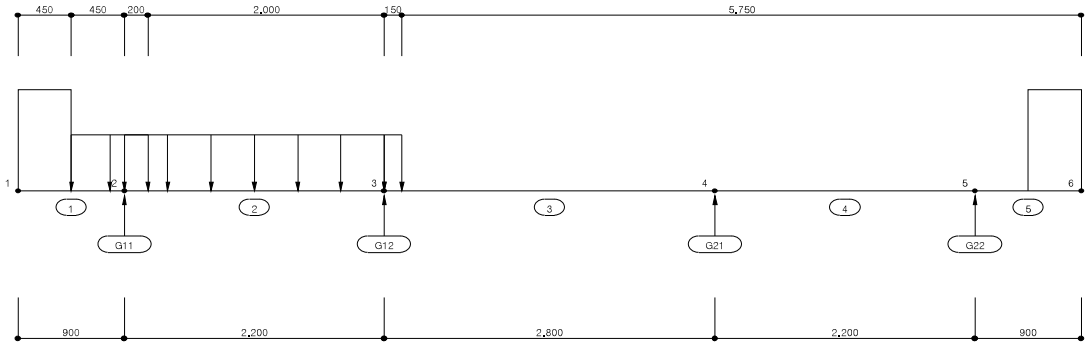
< G2 Max DB 1선 >



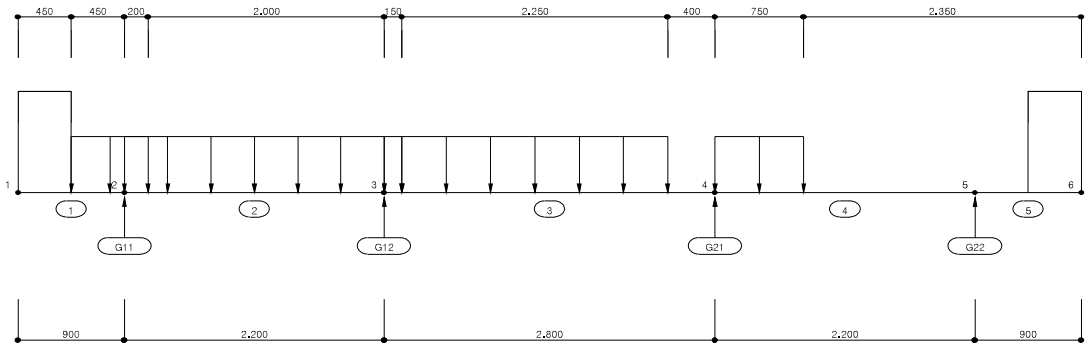
< G2 Max DB 2선 >



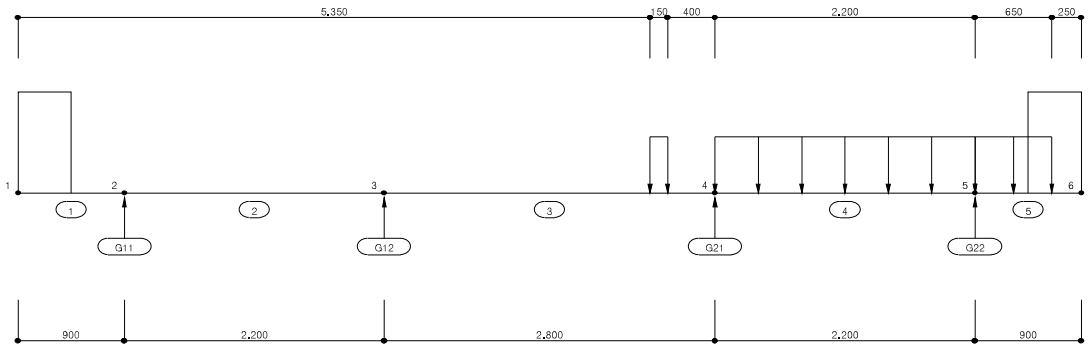
< G1 Max DL 1선 >



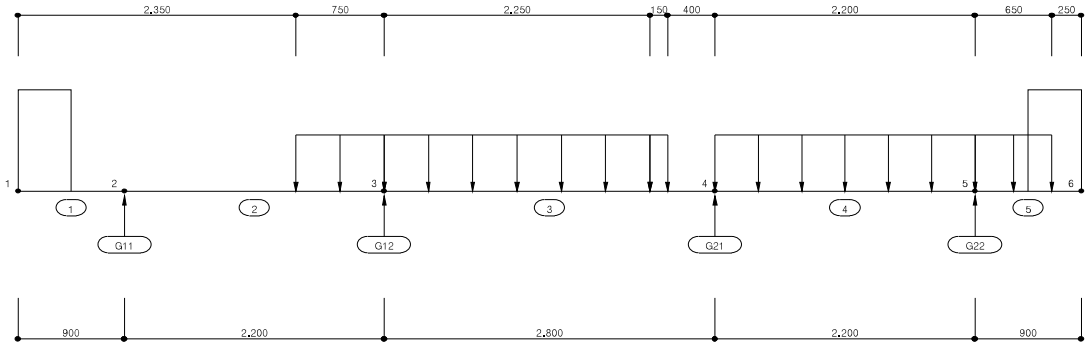
< G1 Max DL 2선 >



< G2 Max DL 1선 >



< G2 Max DL 2선 >



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) 활하중 충격계수 (☞ 도.설 2.1.4)

지간장 (L) = 81.350 + 93.000 + 81.270 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

$$i = \frac{15}{40 + 81.35} = 0.124 < 0.3 \Rightarrow 0.124$$

◁ 제2 지간

$$i = \frac{15}{40 + 93} = 0.113 < 0.3 \Rightarrow 0.113$$

◁ 제3 지간

$$i = \frac{15}{40 + 81.27} = 0.124 < 0.3 \Rightarrow 0.124$$

◁ 제1 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (81.350 + 93.000) / 2} = 0.118 < 0.3 \Rightarrow 0.118$$

◁ 제2 내부지점

$$i = \frac{15}{40 + (93.000 + 81.270) / 2} = 0.118 < 0.3 \Rightarrow 0.118$$

∴ 계산된 충격계수 중 가장 큰 0.124 를 적용함.

6) 원심하중 (☞ 도.설 2.1.17)

곡선교에 적용되는 원심하중은 설계차로에 재하된 DB하중의 백분율로서 다음의 값을 사용한다.

◁ 원심하중의 백분율

$$CF = \frac{0.79\ V^2}{R} = \frac{0.790 \times 60\text{^}2}{300} = 9.5\ \%$$

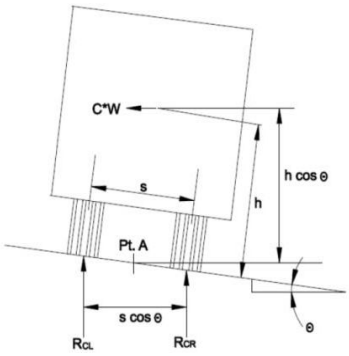
여기서, V = 60 km/h

R = 300 m

◁ 횡분배를 위한 차륜의 분배계수 산정

① 원심하중에 의한 차륜의 반력

$$R_{CL} = -R_{CR} = CF \times W = 0.095\ W$$



② 편구배에 의한 차륜의 반력

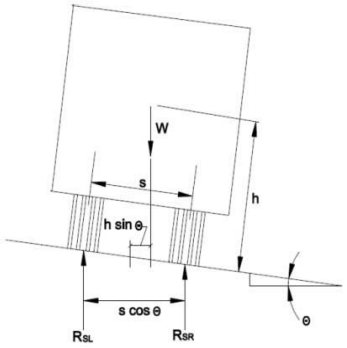
S = 0.06 (slop) s = 1800

θ = 3.43 ° h = 1800

$$R_{SR} = \frac{[s/2\cos\theta + h\sin\theta]W}{s \times \cos\theta} = \frac{[\ 1800\ /(2\ \times 0.998\ ) + 1800\ \times\ 0.06\ ]W}{1800\ \times\ 0.998}$$

$$= 0.562\ W$$

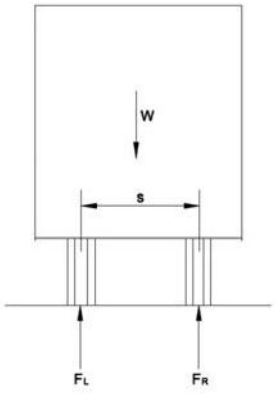
$$R_{SL} = 1.0W - 0.562W = 0.438\ W$$



③ 원심하중과 편구배를 고려한 좌우측 차륜의 하중분배계수

FL = 2.0 (Rcl + Rsl)/W = 1.07

FR = 2.0 (Rcr + Rsr)/W = 0.93



7) 풍하중 (☞ 도.설 2.1.11)

다음의 계산은 활하중 비재하시의 값으로 활하중 재하시에는 산정된 값의 1/2을 적용한다.

< A1 - 위치 : Sta 0+435.65 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

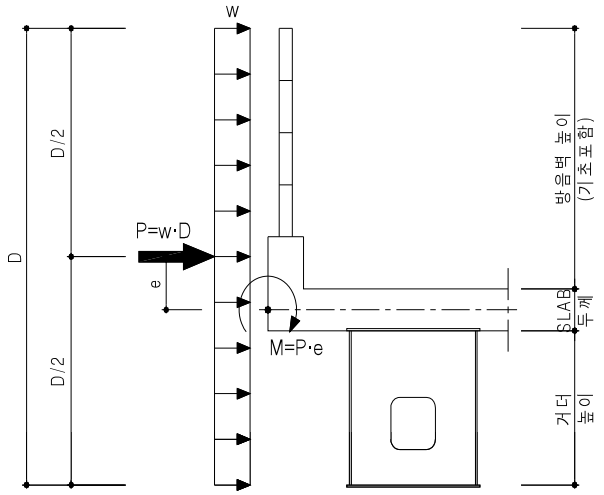
= 3.000 + 0.266 + 1.320 = 4.586 m

B / D = 9.000 / 4.586 = 1.962

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 4.586)] × 4.586 = 16.5 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 16.544 kN/m

w = 3607.5 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.897 N·m/m

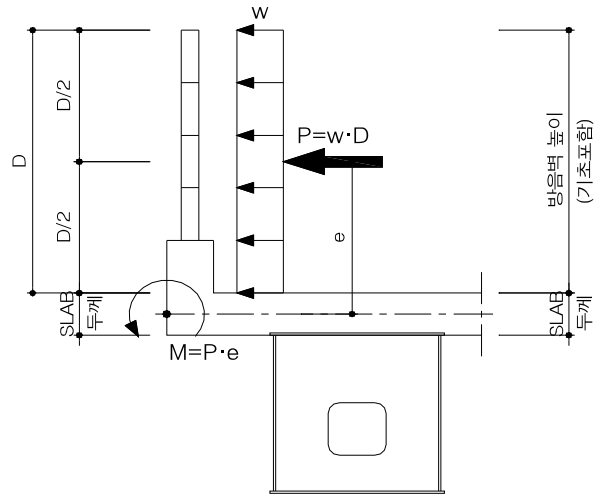
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N·m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

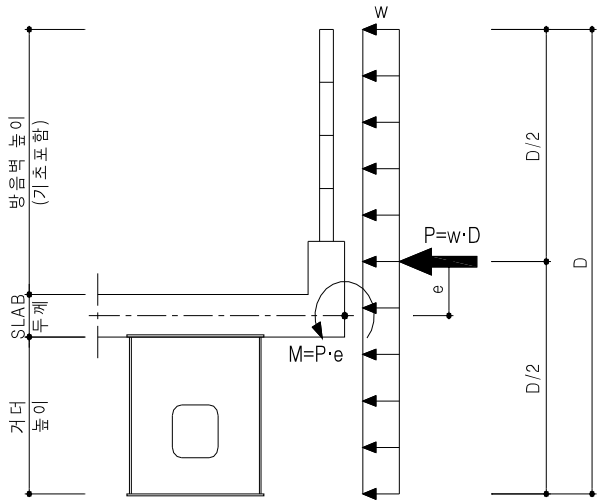
= 3.000 + 0.266 + 1.320 = 4.586 m

B / D = 9.000 / 4.586 = 1.962

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 4.586)] × 4.586 = 16.5 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 16.544 kN/m

w = 3607.5 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.897 N·m/m

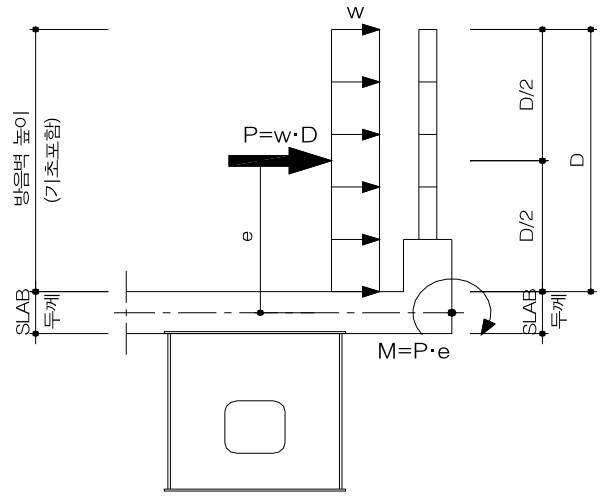
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N·m/m

< P1 - 위치 : Sta 0+517.00 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

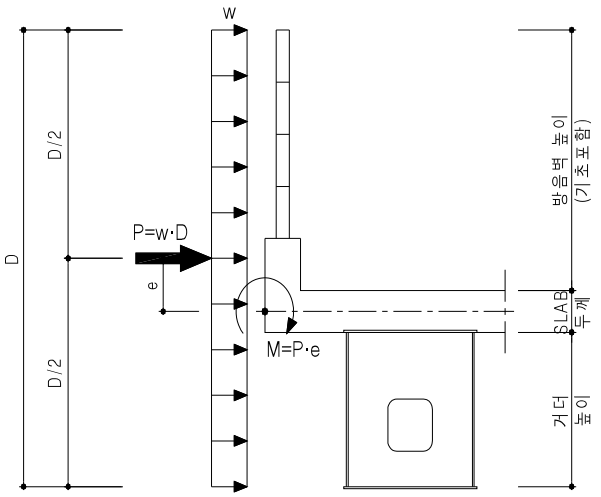
= 3.700 + 0.266 + 1.320 = 5.286 m

B / D = 9.000 / 5.286 = 1.703

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 5.286)] × 5.286 = 19.3 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 19.344 kN/m

w = 3659.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -23.019 N·m/m

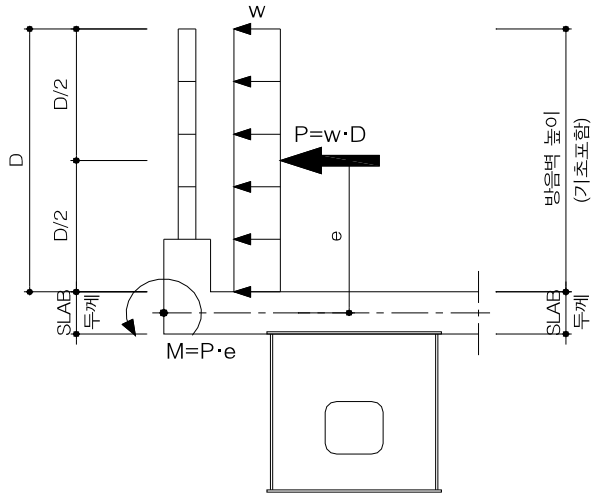
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N·m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

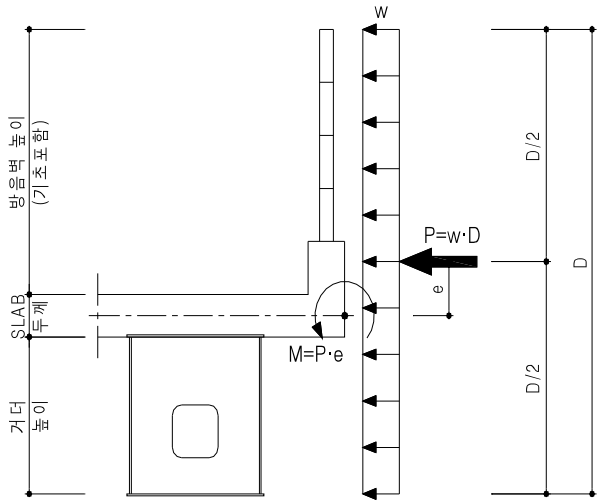
= 3.700 + 0.266 + 1.320 = 5.286 m

B / D = 9.000 / 5.286 = 1.703

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 5.286)] × 5.286 = 19.3 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 19.344 kN/m

w = 3659.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -23.019 N·m/m

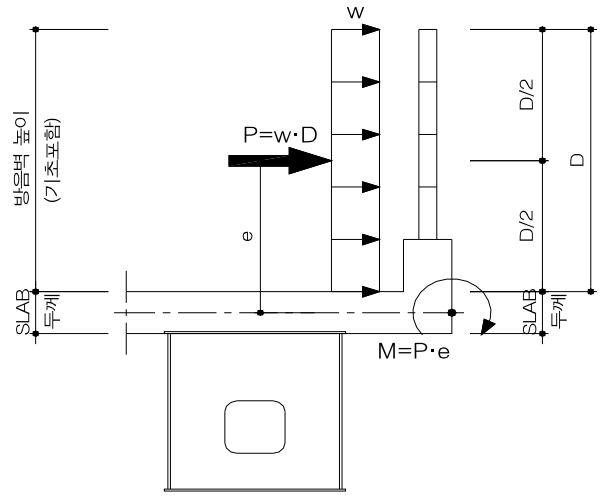
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N·m/m

< P2 - 위치 : Sta 0+610.00 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

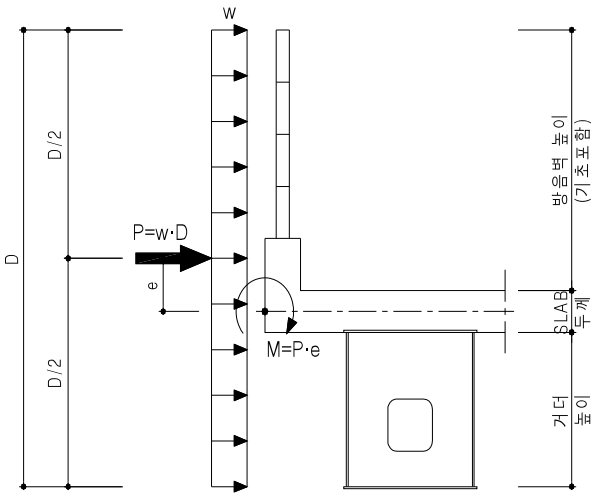
= 3.700 + 0.266 + 1.320 = 5.286 m

B / D = 9.000 / 5.286 = 1.703

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 5.286)] × 5.286 = 19.3 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 19.344 kN/m

w = 3659.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -23.019 N·m/m

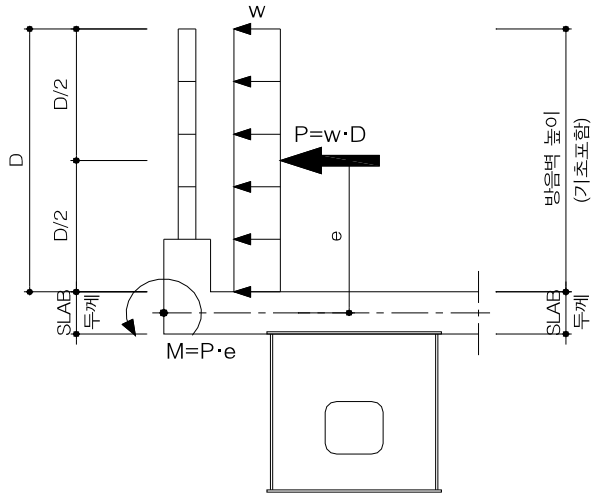
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N·m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

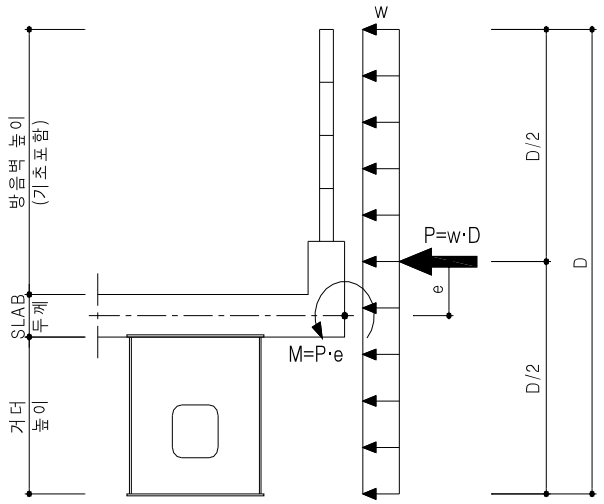
= 3.700 + 0.266 + 1.320 = 5.286 m

B / D = 9.000 / 5.286 = 1.703

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 5.286)] × 5.286 = 19.3 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 19.344 kN/m

w = 3659.5 N/m²

e = -1.190 m

M = -23.019 N·m/m

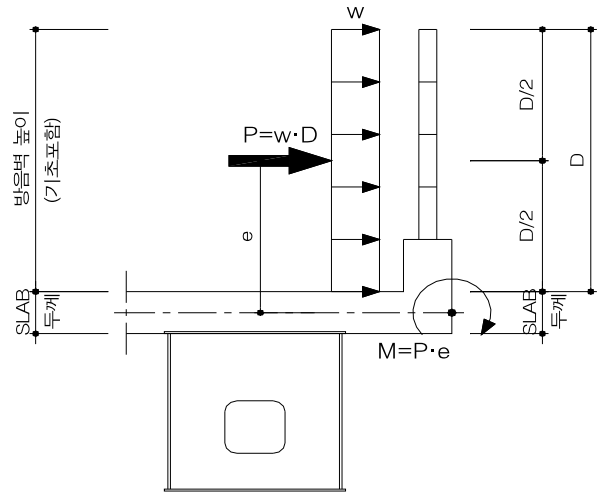
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N·m/m

< A2 - 위치 : Sta 0+691.27 >

- 좌측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

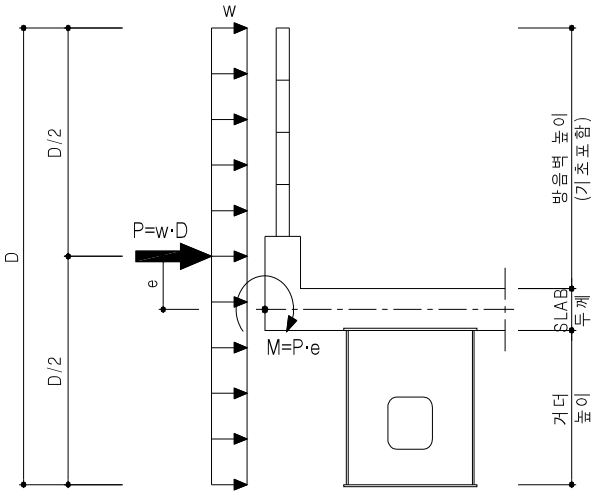
= 3.000 + 0.266 + 1.320 = 4.586 m

B / D = 9.000 / 4.586 = 1.962

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 4.586)] × 4.586 = 16.5 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 16.544 kN/m

w = 3607.5 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.897 N·m/m

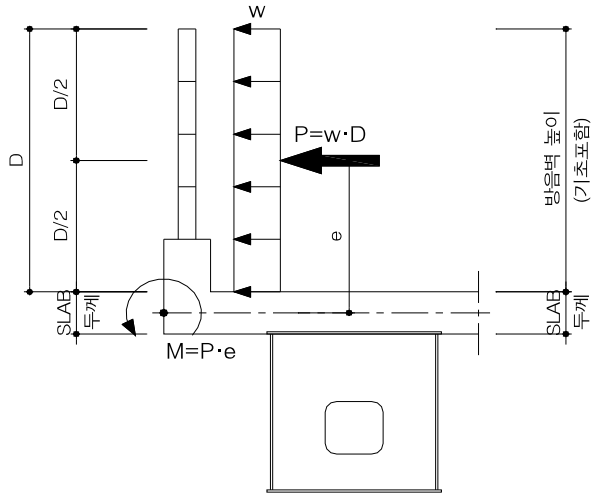
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N·m/m

- 우측 캔틸레버부

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 거더높이 + SLAB두께 + 방호벽높이 =

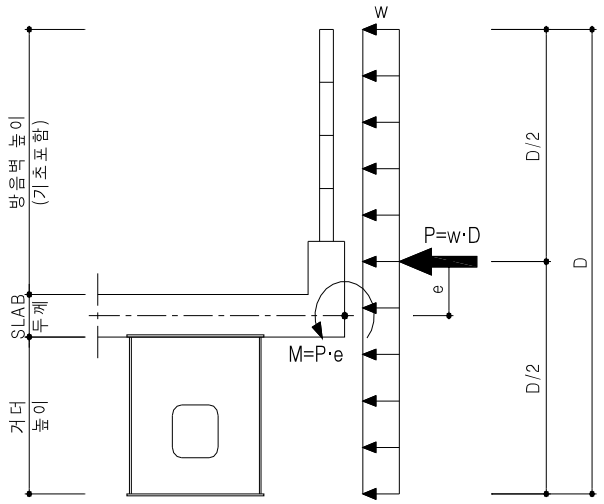
= 3.000 + 0.266 + 1.320 = 4.586 m

B / D = 9.000 / 4.586 = 1.962

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D

P = [4.0 - 0.2 (9.000 / 4.586)] × 4.586 = 16.5 kN/m ≥ 6.0 kN/m

(외측 ⇒ 내측 풍하중 재하시)



p = 16.544 kN/m

w = 3607.5 N/m²

e = -0.840 m

M = -13.897 N·m/m

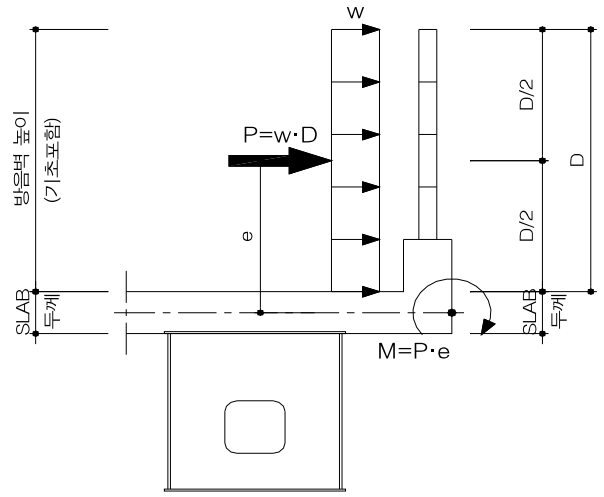
(내측 ⇒ 외측 풍하중 재하시)

교량 폭원 (B) = 9.000 m

교량 총높이 (D) = 방호벽높이 = 1.270 = 1.270 m

B / D = 9.000 / 1.270 = 7.087

1 ≤ B / D < 8 이므로 P = [4.0 - 0.2 (B / D)] D = 3.3 kN/m < 6.0 kN/m



p = 6.000 kN/m

w = 4724.4 N/m²

e = 0.768 m

M = 4.608 N·m/m

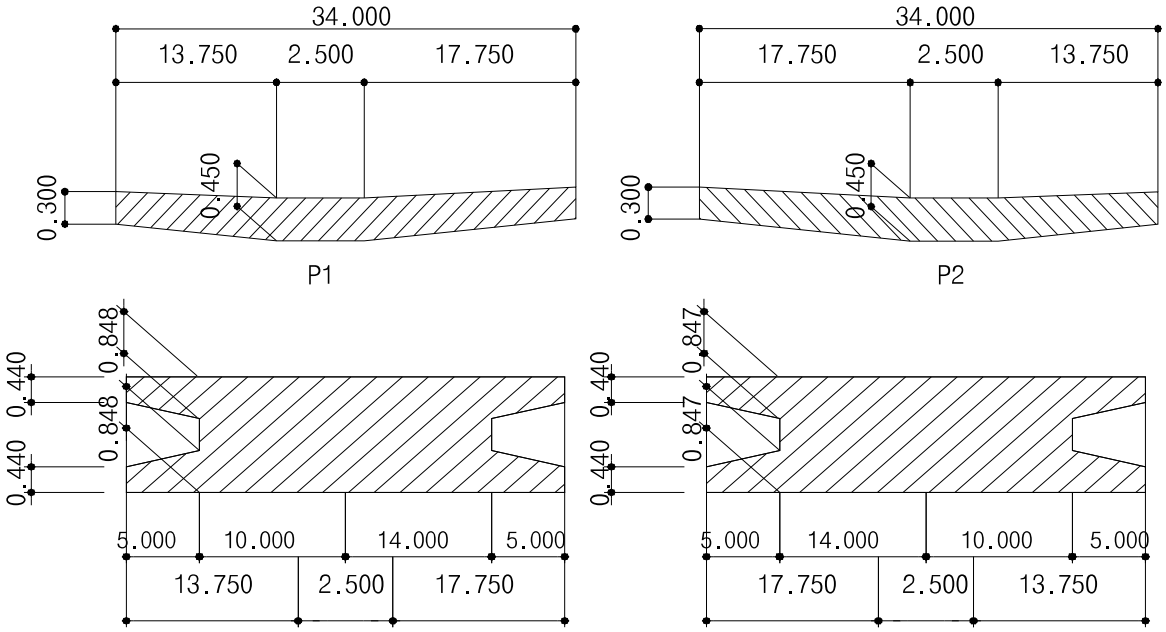
나. 주형별 작용 하중

1) 강재자중 - 각종 보강재 및 현장이음재 등의 부부재 하중으로 주부재자중의 31.147 % 할증적용

총강재중량 / 모델링 강재중량 = 9079.230 kN / 6922.930 kN = 1.31147

· 단 면 - 1	:	0.116	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	11.901	kN/m
· 단 면 - 2	:	0.120	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	12.395	kN/m
· 단 면 - 3	:	0.141	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	14.495	kN/m
· 단 면 - 4	:	0.154	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	15.896	kN/m
· 단 면 - 5	:	0.122	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	12.601	kN/m
· 단 면 - 6	:	0.124	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	12.791	kN/m
· 단 면 - 7	:	0.138	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	14.189	kN/m
· 단 면 - 8	:	0.162	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	16.668	kN/m
· 단 면 - 9	:	0.207	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	21.294	kN/m
· 단 면 - 10		0.257	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	26.438	kN/m
· 단 면 - 11		0.263	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	27.035	kN/m
· 단 면 - 12		0.255	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	26.270	kN/m
· 단 면 - 13		0.198	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	20.431	kN/m
· 단 면 - 14		0.155	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	15.911	kN/m
· 단 면 - 15		0.139	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	14.267	kN/m
· 단 면 - 16		0.136	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	13.993	kN/m
· 단 면 - 17		0.112	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	11.530	kN/m
· 단 면 - 18		0.108	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	11.160	kN/m
· 가로보 - 1	:	0.028	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	2.841	kN/m
· 가로보 - 2	:	0.029	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	2.965	kN/m
· 가로보 - 3	:	0.034	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	3.480	kN/m
· 가로보 - 4	:	0.035	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	3.624	kN/m
· 가로보 - 5	:	0.032	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	3.336	kN/m
· 가로보 - 6	:	0.045	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	4.612	kN/m
· 가로보 - 7	:	0.037	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	3.768	kN/m
· 가로보 - 8	:	0.025	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	2.594	kN/m
· 가로보 - 9	:	0.026	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	2.718	kN/m
· 가로보 - 10	:	0.048	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	4.942	kN/m
· 가로보 - 11	:	0.068	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	6.959	kN/m
· 가로보 - 12	:	0.078	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	8.010	kN/m
· 가로보 - 13	:	0.070	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	7.165	kN/m
· 가로보 - 14	:	0.056	m²	×	78.50 kN/m³	×	1.31147 =	5.806	kN/m

2) 하부슬래브 콘크리트 자중

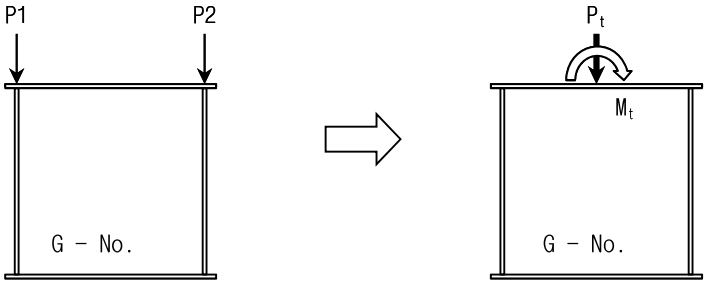


W1 = 0.300 × 0.880 × 25.0 = 6.600 kN/m

~ W2 = 0.353 × 2.200 × 25.0 = 19.415 kN/m

~ W3 = 0.450 × 2.200 × 25.0 = 24.750 kN/m

3) 단일합성후 고정하중



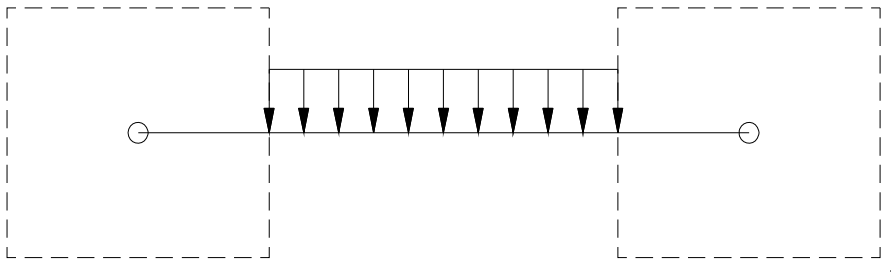
<STA. 0K+435.650, STA. 0K+691.270>

거더 No.	거더폭(m)	슬래브 자중				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN·m/m)	
G - 1	2.200	22.177	30.053	52.230	8.664	
G - 2	2.200	30.053	22.177	52.230	-8.664	

<STA. 0K+439.000 ~ STA. 0K+688.000>

거더 No.	거더폭(m)	슬래브 자중				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN·m/m)	
G - 1	2.200	12.544	17.186	29.730	5.106	
G - 2	2.200	17.186	12.544	29.730	-5.106	

* 가로보 하중 작용위치



4) 이중합성후 고정하중

< Sta 0+435.65 >

거더 No.	거더폭(m)	Pavement 및 방호벽, 중분대				비 고
		P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	
G - 1	2.200	15.120	-0.523	14.598	-17.207	
G - 2	2.200	-0.523	15.120	14.598	17.207	

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 평균폭(m) / 총거더수

W = 0.50 × 9.000 / 2 = 2.250 kN/m

4) 활하중

< DB-24 G1 MAX > : 원심하중에 의한 분배계수를 적용한 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.200	0.145	0.999	1.144	0.939	0.821	
	G - 2	2.200	-0.094	0.020	-0.074	0.126	-1.704	
2 차선	G - 1	2.200	0.057	1.769	1.826	1.884	1.031	
	G - 2	2.200	1.237	0.007	1.244	-1.353	-1.088	

< DB-24 G2 MAX > : 원심하중에 의한 분배계수를 적용한 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.200	0.016	-0.075	-0.059	-0.100	1.704	
	G - 2	2.200	0.833	1.226	2.059	0.433	0.210	
2 차선	G - 1	2.200	-0.044	1.364	1.320	1.549	1.173	
	G - 2	2.200	1.566	1.114	2.680	-0.497	-0.185	

< DL-24 G1 MAX > : 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.200	1.474	1.443	2.917	-0.035	-0.012	
	G - 2	2.200	-0.149	0.032	-0.117	0.199	-1.704	
2 차선	G - 1	2.200	1.299	2.808	4.107	1.659	0.404	
	G - 2	2.200	1.752	-0.059	1.693	-1.992	-1.177	

< DL-24 G2 MAX > : 단위하중재하

차선 재하	거더No.	거더폭(m)	격자해석용 거더별 활하중 계수					비 고
			P1(kN/m)	P2(kN/m)	Pt(kN/m)	Mt(kN)	e(m)	
1 차선	G - 1	2.200	0.024	-0.112	-0.088	-0.150	1.707	
	G - 2	2.200	1.362	1.726	3.088	0.401	0.130	
2 차선	G - 1	2.200	-0.073	2.136	2.063	2.430	1.178	
	G - 2	2.200	2.365	1.571	3.937	-0.873	-0.222	

- 풍하중

< A1 - 위치 : Sta. 0+435.65 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-2.624	2.624	kN/m
	P2			
	Pt	-2.624	2.624	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-16.544	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	2.851	-2.851	kN/m
	P2			
	Pt	2.851	-2.851	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	2.624	-2.624	kN/m
	P2			
	Pt	2.624	-2.624	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	16.544	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-2.851	2.851	kN/m
	P2			
	Pt	-2.851	2.851	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< P1 - 위치 : Sta. 0+517.00 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-3.068	3.068	kN/m
	P2			
	Pt	-3.068	3.068	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-19.344	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	3.271	-3.271	kN/m
	P2			
	Pt	3.271	-3.271	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	3.068	-3.068	kN/m
	P2			
	Pt	3.068	-3.068	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	19.344	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-3.271	3.271	kN/m
	P2			
	Pt	-3.271	3.271	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< P2 - 위치 : Sta. 0+610.00 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-3.068	3.068	kN/m
	P2			
	Pt	-3.068	3.068	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-19.344	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	3.271	-3.271	kN/m
	P2			
	Pt	3.271	-3.271	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	3.068	-3.068	kN/m
	P2			
	Pt	3.068	-3.068	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	19.344	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.000	0.000	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-3.271	3.271	kN/m
	P2			
	Pt	-3.271	3.271	
	Mt	0.000	0.000	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

< A2 - 위치 : Sta. 0+691.27 >

- 방음벽풍하중 좌측(좌=>우)

LLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.600	0.600	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-2.624	2.624	kN/m
	P2			
	Pt	-2.624	2.624	
	Mt	1.574	-1.574	kN · m/m
수 평 하 중	H	-16.544	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 좌측(우=>좌)

LRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.600	0.600	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	2.851	-2.851	kN/m
	P2			
	Pt	2.851	-2.851	
	Mt	-1.711	1.711	kN · m/m
수 평 하 중	H	6.000	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(우=>좌)

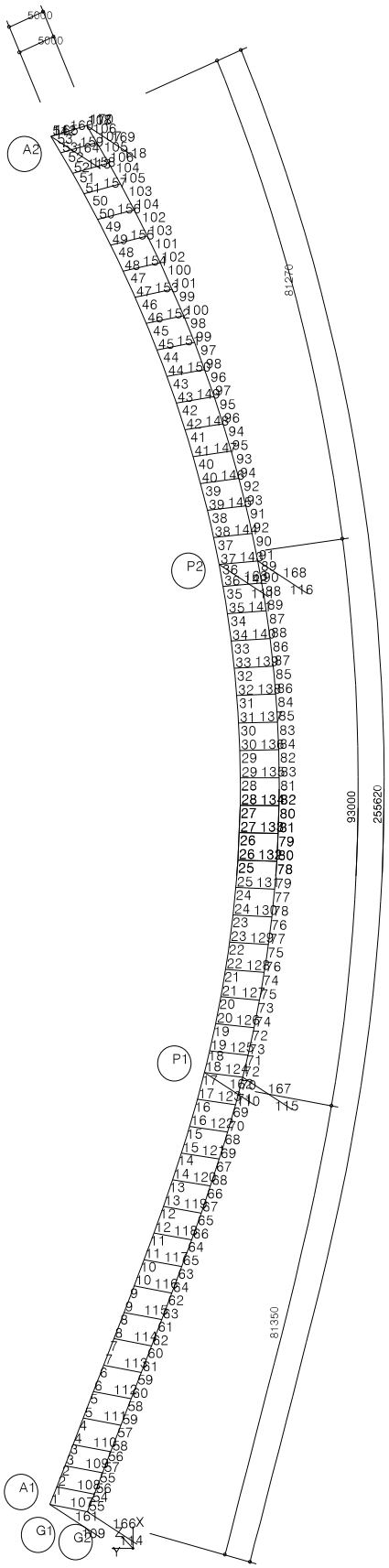
RRWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.600	0.600	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	2.624	-2.624	kN/m
	P2			
	Pt	2.624	-2.624	
	Mt	-1.574	1.574	kN · m/m
수 평 하 중	H	16.544	0.000	kN/m

- 방음벽풍하중 우측(좌=>우)

RLWIND		G - 1	G - 2	단 위
거더중심 ~ 교좌장치(P1)		0.600	0.600	m
거더중심 ~ 교좌장치(P2)				
수 직 하 중	P1	-2.851	2.851	kN/m
	P2			
	Pt	-2.851	2.851	
	Mt	1.711	-1.711	kN · m/m
수 평 하 중	H	-6.000	0.000	kN/m

4.4 모델링 및 단면제원

1) 모델링



2) 단면 제정수

- 주형 (합성전)

구	분	A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성전	1.156E+05	1.344E+11	1.162E+11	6.737E+10	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성전	1.204E+05	1.581E+11	1.221E+11	7.299E+10	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성전	1.408E+05	2.002E+11	1.364E+11	6.870E+10	
	절점번호	4, 5, 10, 11, 44, 45, 50, 51, 58, 59, 64, 65, 98, 99, 104, 105				
FRM.SEC-4	합성전	1.544E+05	2.279E+11	1.459E+11	7.000E+10	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-5	합성전	1.224E+05	1.639E+11	1.245E+11	6.616E+10	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-6	합성전	1.242E+05	1.646E+11	1.236E+11	6.601E+10	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-7	합성전	1.378E+05	1.820E+11	1.404E+11	7.017E+10	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-8	합성전	1.619E+05	2.240E+11	1.505E+11	7.560E+10	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-9	합성전	2.068E+05	3.671E+11	1.785E+11	3.130E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-10	합성전	2.568E+05	5.602E+11	2.110E+11	3.921E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				
FRM.SEC-11	합성전	2.626E+05	6.260E+11	2.181E+11	4.182E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-12	합성전	2.552E+05	5.424E+11	2.090E+11	3.848E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-13	합성전	1.985E+05	3.359E+11	1.613E+11	2.768E+11	
	절점번호	20, 35, 74, 89				
FRM.SEC-14	합성전	1.546E+05	1.781E+11	1.415E+11	2.383E+11	
	절점번호	21, 34, 75, 88				
FRM.SEC-15	합성전	1.386E+05	1.429E+11	1.218E+11	5.339E+10	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-16	합성전	1.359E+05	1.293E+11	1.186E+11	4.936E+10	
	절점번호	23, 32, 77, 86				
FRM.SEC-17	합성전	1.120E+05	1.066E+11	1.087E+11	4.706E+10	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-18	합성전	1.084E+05	1.032E+11	1.087E+11	4.706E+10	
	절점번호	25, 26, 27, 28, 29, 30, 79, 80, 81, 82, 83, 84				

- 주형 (단일합성후)

구 분		A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성전	1.156E+05	1.344E+11	1.162E+11	6.737E+10	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성전	1.204E+05	1.581E+11	1.221E+11	7.299E+10	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성전	1.408E+05	2.002E+11	1.364E+11	6.870E+10	
	절점번호	4, 5, 10, 11, 44, 45, 50, 51, 58, 59, 64, 65, 98, 99, 104, 105				
FRM.SEC-4	합성전	1.544E+05	2.279E+11	1.459E+11	7.000E+10	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-5	합성전	1.224E+05	1.639E+11	1.245E+11	6.616E+10	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-6	합성전	1.242E+05	1.646E+11	1.236E+11	6.601E+10	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-7	합성전	1.378E+05	1.820E+11	1.404E+11	7.017E+10	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-8	합성전	1.619E+05	2.240E+11	1.505E+11	7.560E+10	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-9	합성전	3.888E+05	7.833E+11	2.647E+11	4.514E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-10	합성전	4.148E+05	8.927E+11	2.799E+11	4.814E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				
FRM.SEC-11	합성전	3.945E+05	7.630E+11	2.656E+11	4.446E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-12	합성전	3.284E+05	4.737E+11	2.139E+11	3.260E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-13	합성전	2.691E+05	2.267E+11	1.887E+11	5.238E+10	
	절점번호	20, 35, 74, 89				
FRM.SEC-14	합성전	2.443E+05	1.944E+11	1.756E+11	4.611E+10	
	절점번호	21, 34, 75, 88				
FRM.SEC-15	합성전	1.386E+05	1.429E+11	1.218E+11	5.339E+10	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-16	합성전	1.359E+05	1.293E+11	1.186E+11	4.936E+10	
	절점번호	23, 32, 77, 86				
FRM.SEC-17	합성전	1.120E+05	1.066E+11	1.087E+11	4.706E+10	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-18	합성전	1.084E+05	1.032E+11	1.087E+11	4.706E+10	
	절점번호	25, 26, 27, 28, 29, 30, 79, 80, 81, 82, 83, 84				

- 주형 (이중합성후)

구	분	A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	합성후	4.152E+05	4.191E+11	6.269E+11	2.297E+11	
	절점번호	1, 54, 55, 108				
FRM.SEC-2	합성후	2.914E+05	3.971E+11	4.151E+11	2.416E+11	
	절점번호	2, 3, 52, 53, 56, 57, 106, 107				
FRM.SEC-3	합성후	3.118E+05	4.788E+11	4.298E+11	2.637E+11	
	절점번호	4, 5, 10, 11, 44, 45, 50, 51, 58, 59, 64, 65, 98, 99, 104, 105				
FRM.SEC-4	합성후	3.254E+05	5.306E+11	4.395E+11	2.729E+11	
	절점번호	6, 7, 8, 9, 46, 47, 48, 49, 60, 61, 62, 63, 100, 101, 102, 103				
FRM.SEC-5	합성후	2.934E+05	3.979E+11	4.176E+11	2.416E+11	
	절점번호	12, 43, 66, 97				
FRM.SEC-6	합성후	2.952E+05	4.189E+11	4.167E+11	2.427E+11	
	절점번호	13, 42, 67, 96				
FRM.SEC-7	합성후	3.088E+05	4.540E+11	4.338E+11	2.758E+11	
	절점번호	14, 41, 68, 95				
FRM.SEC-8	합성후	3.329E+05	6.099E+11	4.443E+11	3.166E+11	
	절점번호	15, 40, 69, 94				
FRM.SEC-9	합성후	5.431E+05	1.424E+12	5.250E+11	4.983E+11	
	절점번호	16, 39, 70, 93				
FRM.SEC-10	합성후	5.691E+05	1.633E+12	5.403E+11	5.294E+11	
	절점번호	17, 38, 71, 92				
FRM.SEC-11	합성후	5.488E+05	1.398E+12	5.260E+11	4.915E+11	
	절점번호	18, 37, 72, 91				
FRM.SEC-12	합성후	4.917E+05	1.028E+12	4.939E+11	3.802E+11	
	절점번호	19, 36, 73, 90				
FRM.SEC-13	합성후	4.233E+05	7.515E+11	4.491E+11	3.270E+11	
	절점번호	20, 35, 74, 89				
FRM.SEC-14	합성후	3.986E+05	6.235E+11	4.359E+11	2.981E+11	
	절점번호	21, 34, 75, 88				
FRM.SEC-15	합성후	3.096E+05	4.075E+11	4.152E+11	2.247E+11	
	절점번호	22, 33, 76, 87				
FRM.SEC-16	합성후	3.069E+05	3.730E+11	4.119E+11	2.127E+11	
	절점번호	23, 32, 77, 86				
FRM.SEC-17	합성후	2.830E+05	2.812E+11	4.014E+11	1.897E+11	
	절점번호	24, 31, 78, 85				
FRM.SEC-18	합성후	2.794E+05	2.677E+11	4.014E+11	1.897E+11	
	절점번호	25, 26, 27, 28, 29, 30, 79, 80, 81, 82, 83, 84				

- 가로보 및 세로보

구	분	A (mm²)	I33 (mm⁴)	I22 (mm⁴)	K (mm⁴)	비 고
FRM.SEC-1	단면제원	2.760E+04	1.019E+10	5.424E+07	1.325E+06	
	부재번호	107, 127				
FRM.SEC-2	단면제원	2.880E+04	1.174E+10	5.426E+07	1.382E+06	
	부재번호	108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158				
FRM.SEC-3	단면제원	3.380E+04	1.458E+10	5.443E+07	2.083E+06	
	부재번호	121, 140				
FRM.SEC-4	단면제원	3.520E+04	1.662E+10	5.446E+07	2.175E+06	
	부재번호	122				
FRM.SEC-5	단면제원	3.240E+04	1.729E+10	5.430E+07	1.555E+06	
	부재번호	123				
FRM.SEC-6	단면제원	4.480E+04	2.594E+10	1.288E+08	3.465E+06	
	부재번호	124, 146				
FRM.SEC-7	단면제원	3.660E+04	1.883E+10	5.448E+07	2.266E+06	
	부재번호	125, 126				
FRM.SEC-8	단면제원	2.520E+04	7.490E+09	5.422E+07	1.210E+06	
	부재번호	128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138				
FRM.SEC-9	단면제원	2.640E+04	8.773E+09	5.423E+07	1.267E+06	
	부재번호	139				
FRM.SEC-10	단면제원	4.800E+04	3.239E+10	1.288E+08	3.738E+06	
	부재번호	141, 159, 160				
FRM.SEC-11	단면제원	6.760E+04	6.100E+10	1.299E+08	8.194E+06	
	부재번호	142				
FRM.SEC-12	단면제원	7.780E+04	7.786E+10	1.308E+08	1.146E+07	
	부재번호	143				
FRM.SEC-13	단면제원	6.960E+04	6.677E+10	1.300E+08	8.461E+06	
	부재번호	144				
FRM.SEC-14	단면제원	5.640E+04	4.274E+10	1.293E+08	5.515E+06	
	부재번호	145				

3) 하 중 조 합

(1) CASE 1 : 합성전 고정하중 (단면 : Steel)

① STEEL 자중

② 중간지점부 하부콘크리트

(2) CASE 2 : 단일합성후 고정하중 (단면 : Steel + 하부콘크리트)

① 상부 바닥판 자중

(3) CASE 3 : 이중합성후 고정하중 (단면 : Steel + 하부콘크리트 + 상부바닥판)

① 포장, 보도, 방음벽 및 방호책 등 합성후 고정하중

② 점검로 등의 부속설비 하중(500 N/m^2)

(4) CASE 4 : 활하중 및 풍하중 (단면 : Steel + 하부콘크리트 + 상부바닥판)

- 단위하중을 재하하여 나온 횡분배된 결과를 기준으로 각 거더별 가중치를 산정
  SAP2000 Program의 BRIDGE 기능을 이용 거더별로 산정한 가중치를 곱하여 단면력을 산정

① DB-24 하중 : 표준트럭하중을 연행하중으로 적용하였으며, 뒷바퀴간의 간격을 4.2~9.0m로 적용

② DL-24 하중 : 차선하중은 SAP BRIDGE에서 재하하였으며, Ps 및 Pm 하중은 재하경간내에서 검토단면에 최대단면력을 발생시키는 위치에 재하

(5) CASE 5 : 지점침하 (단면 : Steel + 하부콘크리트 + 상부바닥판

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

4.5 주거더의 부재력 집계

1) 주거더 부재력 집계

[BENDING MOMENT]

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
1	-0.235	0.016	-0.366	-0.109	0.091	-0.244	1.285	-1.285	0.004	-0.006	I지점
1	403.773	-9.579	723.996	408.255	620.276	-105.747	41.213	-41.213	5.919	-4.188	1/4지점
1	799.347	-19.173	1412.815	804.802	1209.950	-211.539	79.505	-79.505	11.834	-8.378	2/4지점
1	1186.400	-28.767	2068.913	1189.530	1769.662	-317.331	116.156	-116.156	17.749	-12.568	3/4지점
1	1564.845	-38.361	2703.402	1562.440	2301.302	-423.194	151.165	-151.165	23.664	-16.758	J지점
2	1564.591	-38.343	2703.010	1562.325	2301.171	-423.117	152.420	-152.420	23.668	-16.754	I지점
2	2000.865	-50.261	3437.914	1996.789	2907.753	-558.548	150.147	-150.147	30.919	-22.157	1/4지점
2	2424.744	-62.178	4143.627	2414.406	3479.111	-693.951	145.523	-145.523	38.171	-27.560	2/4지점
2	2836.228	-74.095	4820.151	2815.175	4016.080	-829.343	138.542	-138.542	45.423	-32.962	3/4지점
2	3235.317	-86.013	5467.484	3199.095	4519.011	-964.822	129.201	-129.201	52.674	-38.365	J지점
3	3235.078	-85.996	5467.113	3198.993	4518.825	-964.776	130.402	-130.402	52.678	-38.362	I지점
3	3613.519	-97.812	6084.282	3566.408	5036.950	-1101.153	123.650	-123.650	59.945	-43.795	1/4지점
3	3979.040	-109.628	6672.408	3916.976	5524.091	-1237.537	114.528	-114.528	67.211	-49.227	2/4지점
3	4331.116	-121.444	7231.636	4250.696	5978.966	-1373.895	103.030	-103.030	74.478	-54.660	3/4지점
3	4669.222	-133.259	7762.113	4567.568	6403.945	-1510.269	90.048	-90.048	81.744	-60.093	J지점
4	4668.993	-133.243	7761.760	4567.470	6403.755	-1510.231	90.422	-90.422	81.748	-60.090	I지점
4	5061.097	-147.877	8383.300	4939.562	6961.861	-1680.430	92.286	-92.286	90.819	-66.856	1/4지점
4	5430.553	-162.511	8960.146	5285.329	7475.523	-1850.605	89.761	-89.761	99.890	-73.621	2/4지점
4	5777.361	-177.146	9492.298	5604.772	7941.556	-2020.738	82.835	-82.835	108.961	-80.387	3/4지점
4	6101.522	-191.780	9979.755	5897.892	8361.772	-2190.967	71.500	-71.500	118.032	-87.152	J지점
5	6101.302	-191.763	9979.419	5897.796	8361.604	-2190.922	71.812	-71.812	118.036	-87.149	I지점
5	6393.272	-206.398	10421.890	6164.017	8810.390	-2360.135	75.930	-75.930	127.084	-93.873	1/4지점
5	6662.046	-221.033	10819.820	6403.913	9219.137	-2529.331	75.618	-75.618	136.131	-100.596	2/4지점
5	6907.079	-235.668	11173.350	6617.485	9580.434	-2698.546	70.866	-70.866	145.179	-107.320	3/4지점
5	7127.821	-250.303	11482.660	6804.732	9897.437	-2867.792	61.664	-61.664	154.226	-114.043	J지점
6	7127.616	-250.287	11482.340	6804.645	9897.277	-2867.749	61.892	-61.892	154.231	-114.040	I지점
6	7313.807	-264.903	11746.670	6965.086	10237.010	-3036.497	67.125	-67.125	163.257	-120.742	1/4지점
6	7475.160	-279.519	11966.910	7099.204	10538.350	-3205.261	67.887	-67.887	172.284	-127.444	2/4지점
6	7611.676	-294.135	12143.060	7206.996	10795.320	-3373.979	64.169	-64.169	181.311	-134.146	3/4지점
6	7723.355	-308.751	12275.130	7288.465	11006.000	-3542.682	55.960	-55.960	190.338	-140.848	J지점
7	7723.167	-308.735	12274.850	7288.386	11005.850	-3542.641	56.095	-56.095	190.343	-140.845	I지점
7	7799.244	-323.251	12360.560	7342.609	11236.600	-3710.404	62.379	-62.379	199.327	-147.510	1/4지점
7	7850.484	-337.767	12402.190	7370.508	11428.360	-3878.189	64.152	-64.152	208.311	-154.176	2/4지점
7	7876.887	-352.283	12399.730	7372.083	11579.690	-4045.981	61.404	-61.404	217.295	-160.841	3/4지점
7	7878.453	-366.799	12353.190	7347.333	11685.930	-4213.789	54.125	-54.125	226.279	-167.506	J지점
8	7878.344	-366.792	12353.020	7347.294	11685.900	-4213.856	54.186	-54.186	226.284	-167.507	I지점
8	7844.269	-381.175	12260.130	7295.287	11808.890	-4380.662	61.247	-61.247	235.211	-174.133	1/4지점
8	7785.355	-395.557	12123.170	7216.953	11892.010	-4547.457	63.753	-63.753	244.138	-180.759	2/4지점
8	7701.602	-409.940	11942.110	7112.293	11935.960	-4714.289	61.697	-61.697	253.064	-187.384	3/4지점
8	7593.011	-424.323	11716.960	6981.307	11937.500	-4881.088	55.066	-55.066	261.991	-194.010	J지점
9	7593.024	-424.332	11716.960	6981.330	11937.820	-4881.354	55.192	-55.192	261.996	-194.018	I지점
9	7450.580	-438.620	11448.230	6823.814	11955.730	-5047.117	62.245	-62.245	270.874	-200.604	1/4지점
9	7283.839	-452.908	11135.250	6639.965	11932.530	-5212.896	64.698	-64.698	279.752	-207.190	2/4지점
9	7093.349	-467.196	10777.870	6429.785	11869.960	-5378.643	62.542	-62.542	288.629	-213.776	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
9	6879.657	-481.484	10375.930	6193.272	11768.170	-5544.445	55.767	-55.767	297.507	-220.363	J지점
10	6879.749	-481.508	10376.030	6193.337	11769.090	-5544.955	56.172	-56.172	297.511	-220.378	I지점
10	6635.675	-495.769	9932.279	5931.201	11686.600	-5710.112	63.219	-63.219	306.363	-226.941	1/4지점
10	6368.957	-510.031	9443.839	5642.744	11560.860	-5875.279	65.622	-65.622	315.215	-233.503	2/4지점
10	6079.593	-524.292	8910.710	5327.966	11396.090	-6040.425	63.372	-63.372	324.067	-240.066	3/4지점
10	5767.583	-538.553	8332.892	4986.867	11193.240	-6205.560	56.458	-56.458	332.919	-246.629	J지점
11	5767.647	-538.579	8332.938	4986.892	11194.660	-6206.132	57.228	-57.228	332.915	-246.646	I지점
11	5426.889	-552.974	7715.307	4621.033	11010.280	-6370.896	63.194	-63.194	341.817	-253.210	1/4지점
11	5064.214	-567.370	7052.815	4228.841	10781.990	-6535.659	64.467	-64.467	350.720	-259.774	2/4지점
11	4680.365	-581.765	6345.309	3810.316	10514.910	-6700.423	61.037	-61.037	359.622	-266.339	3/4지점
11	4276.080	-596.160	5592.637	3365.458	10211.300	-6865.203	52.895	-52.895	368.525	-272.903	J지점
12	4276.033	-596.175	5592.532	3365.368	10213.370	-6865.672	54.161	-54.161	368.502	-272.915	I지점
12	3845.949	-610.871	4799.579	2896.385	9929.229	-7279.516	57.518	-57.518	377.540	-279.517	1/4지점
12	3396.097	-625.566	3961.234	2401.070	9601.404	-7570.505	56.133	-56.133	386.578	-286.120	2/4지점
12	2926.402	-640.262	3077.422	1879.423	9235.396	-7743.442	49.997	-49.997	395.616	-292.723	3/4지점
12	2436.791	-654.958	2148.065	1331.446	8868.223	-7916.387	39.100	-39.100	404.654	-299.326	J지점
13	2436.615	-654.946	2147.829	1331.264	8864.926	-7916.445	40.814	-40.814	404.601	-299.323	I지점
13	1921.222	-670.509	1176.884	758.824	8472.649	-8089.220	41.964	-41.964	413.911	-306.079	1/4지점
13	1385.299	-686.072	160.334	160.061	8058.903	-8372.899	38.326	-38.326	423.222	-312.835	2/4지점
13	828.300	-701.635	-901.822	-465.025	7629.052	-8548.052	29.890	-29.890	432.532	-319.591	3/4지점
13	249.679	-717.198	-2009.583	-1116.434	7184.724	-8723.198	16.645	-16.645	441.842	-326.347	J지점
14	249.441	-717.147	-2009.794	-1116.510	7179.250	-8722.295	18.704	-18.704	441.745	-326.317	I지점
14	-358.881	-734.547	-3164.903	-1794.869	6697.092	-8890.448	15.878	-15.878	451.626	-333.379	1/4지점
14	-990.346	-751.947	-4365.706	-2499.559	6200.225	-9066.939	8.213	-8.213	461.507	-340.440	2/4지점
14	-1645.923	-769.348	-5612.280	-3230.579	5717.613	-9284.464	4.302	-4.302	471.388	-347.502	3/4지점
14	-2326.580	-786.748	-6904.702	-3987.929	5288.974	-9575.130	21.676	-21.676	481.269	-354.563	J지점
15	-2326.884	-786.601	-6904.702	-3987.729	5281.444	-9573.097	19.533	-19.533	481.118	-354.497	I지점
15	-3063.021	-809.848	-8272.179	-4783.486	4868.624	-9917.781	25.412	-25.412	492.227	-362.230	1/4지점
15	-3827.020	-850.701	-9685.589	-5605.580	4541.341	-10337.280	36.181	-36.181	503.336	-369.964	2/4지점
15	-4620.689	-915.041	-11144.930	-6454.010	4256.132	-10824.750	51.849	-51.849	514.446	-377.697	3/4지점
15	-5445.836	-1008.748	-12650.210	-7328.776	3994.086	-11373.930	72.427	-72.427	525.555	-385.431	J지점
16	-5446.255	-1008.374	-12649.810	-7328.303	3993.761	-11372.550	70.967	-70.967	525.363	-385.330	I지점
16	-6351.449	-1135.402	-14268.590	-8273.458	3805.947	-12136.810	105.321	-105.321	540.473	-395.378	1/4지점
16	-7291.927	-1300.032	-15932.830	-9244.939	3631.819	-13013.760	144.613	-144.613	555.582	-405.426	2/4지점
16	-8269.698	-1504.625	-17642.080	-10242.750	3460.179	-13929.560	188.852	-188.852	570.692	-415.474	3/4지점
16	-9286.772	-1751.545	-19395.870	-11266.880	3350.795	-14897.640	238.051	-238.051	585.801	-425.522	J지점
17	-9287.402	-1750.910	-19395.370	-11266.360	3347.420	-14889.970	239.639	-239.639	585.671	-425.442	I지점
17	-10438.750	-2049.063	-21356.230	-12407.910	3317.420	-16132.870	373.245	-373.245	609.470	-440.652	1/4지점
17	-11631.650	-2393.646	-23361.210	-13575.790	3333.669	-17436.120	511.841	-511.841	633.269	-455.862	2/4지점
17	-12866.360	-2786.377	-25410.290	-14770.010	3373.044	-18803.420	655.439	-655.439	657.068	-471.072	3/4지점
17	-14143.090	-3228.976	-27503.480	-15990.570	3429.785	-20231.420	811.143	-811.143	680.867	-486.282	J지점
18	-14003.890	-3248.172	-27306.730	-15935.170	3444.103	-20195.040	1042.733	-1042.733	688.166	-494.322	I지점
18	-13147.850	-2791.501	-25784.590	-15036.970	3303.984	-18975.700	826.065	-826.065	663.610	-475.016	1/4지점
18	-12318.670	-2367.226	-24290.680	-14155.640	3170.134	-17791.170	612.296	-612.296	639.053	-455.711	2/4지점
18	-11516.150	-1974.727	-22825.000	-13291.160	3044.441	-16634.240	443.993	-443.993	614.497	-436.405	3/4지점
18	-10740.110	-1613.384	-21387.540	-12443.530	2927.337	-15513.340	305.773	-305.773	589.940	-417.099	J지점
19	-10742.210	-1612.529	-21389.130	-12445.150	2926.239	-15516.280	306.861	-306.861	590.250	-417.260	I지점
19	-9891.191	-1214.710	-19753.630	-11498.800	2836.019	-14408.020	233.721	-233.721	568.462	-398.732	1/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
19	-9078.936	-862.761	-18162.520	-10578.770	2782.268	-13348.690	165.619	-165.619	546.674	-380.204	2/4지점
19	-8303.165	-554.855	-16616.110	-9685.071	2787.187	-12348.590	102.556	-102.556	524.886	-361.677	3/4지점
19	-7561.599	-289.166	-15114.700	-8817.696	2788.821	-11394.570	67.500	-67.500	503.098	-343.149	J지점
20	-7563.165	-288.172	-15115.140	-8819.126	2786.646	-11401.530	62.909	-62.909	503.536	-343.372	I지점
20	-6888.838	-65.983	-13732.280	-8026.358	2856.949	-10611.560	77.808	-77.808	487.162	-328.173	1/4지점
20	-6244.680	117.628	-12394.810	-7259.925	2934.071	-9863.916	88.115	-88.115	470.788	-312.974	2/4지점
20	-5628.923	264.489	-11102.820	-6519.826	3013.293	-9188.965	93.832	-93.832	454.413	-297.775	3/4지점
20	-5039.803	376.425	-9856.381	-5806.060	3091.802	-8531.125	94.956	-94.956	438.039	-282.576	J지점
21	-5040.175	377.253	-9855.646	-5806.699	3090.121	-8525.267	88.648	-88.648	438.466	-282.788	I지점
21	-4486.405	451.302	-8696.240	-5134.762	3216.041	-7944.403	96.433	-96.433	423.651	-268.592	1/4지점
21	-3956.866	497.593	-7582.465	-4489.164	3343.383	-7431.353	99.594	-99.594	408.836	-254.396	2/4지점
21	-3450.916	521.471	-6514.323	-3869.903	3472.440	-6959.013	98.133	-98.133	394.021	-240.200	3/4지점
21	-2967.911	528.280	-5491.812	-3276.980	3601.090	-6524.666	92.049	-92.049	379.205	-226.004	J지점
22	-2967.574	528.822	-5490.052	-3276.487	3599.146	-6522.186	86.213	-86.213	379.564	-226.175	I지점
22	-2527.967	523.134	-4521.909	-2715.077	3782.390	-6127.819	94.379	-94.379	365.269	-212.322	1/4지점
22	-2110.553	517.446	-3599.392	-2180.002	3967.442	-5770.571	97.893	-97.893	350.974	-198.470	2/4지점
22	-1715.225	511.758	-2722.500	-1671.262	4153.467	-5449.780	96.755	-96.755	336.679	-184.618	3/4지점
22	-1341.875	506.070	-1891.234	-1188.856	4336.003	-5164.739	90.966	-90.966	322.385	-170.765	J지점
23	-1341.313	506.438	-1888.803	-1187.608	4334.169	-5164.297	86.268	-86.268	322.667	-170.893	I지점
23	-1001.545	503.645	-1106.412	-732.474	4571.135	-4917.188	94.363	-94.363	308.782	-160.254	1/4지점
23	-682.688	500.852	-369.648	-303.675	4804.065	-4614.646	97.780	-97.780	294.898	-155.194	2/4지점
23	-383.777	498.059	321.489	98.789	5061.210	-4462.364	96.520	-96.520	281.014	-150.135	3/4지점
23	-103.852	495.266	967.000	474.918	5385.653	-4371.451	90.581	-90.581	267.129	-145.075	J지점
24	-103.162	495.594	969.569	476.442	5386.262	-4375.572	87.272	-87.272	267.345	-145.127	I지점
24	150.579	494.570	1571.672	826.937	5733.923	-4378.413	95.382	-95.382	253.610	-140.135	1/4지점
24	386.446	493.545	2128.159	1151.104	6043.982	-4381.328	98.788	-98.788	239.874	-135.143	2/4지점
24	604.584	492.520	2639.031	1448.942	6316.484	-4383.901	97.491	-97.491	226.139	-130.151	3/4지점
24	805.138	491.496	3104.288	1720.451	6548.282	-4386.660	91.491	-91.491	212.404	-125.160	J지점
25	805.761	491.738	3106.424	1721.816	6548.898	-4389.689	89.696	-89.696	212.558	-125.177	I지점
25	981.821	491.490	3529.405	1968.319	6803.850	-4394.631	97.334	-97.334	198.913	-120.213	1/4지점
25	1140.441	491.242	3906.773	2188.493	7020.243	-4399.604	100.244	-100.244	185.268	-115.249	2/4지점
25	1281.622	490.993	4238.527	2382.341	7198.099	-4404.364	98.428	-98.428	171.623	-110.285	3/4지점
25	1405.364	490.745	4524.667	2549.860	7334.885	-4409.471	91.885	-91.885	157.979	-105.321	J지점
26	1405.802	490.890	4526.092	2550.805	7335.355	-4411.438	91.640	-91.640	158.088	-105.309	I지점
26	1505.082	490.938	4769.385	2692.507	7494.453	-4417.221	98.827	-98.827	144.470	-100.351	1/4지점
26	1586.915	490.987	4967.042	2807.867	7614.442	-4423.279	101.261	-101.261	130.852	-95.393	2/4지점
26	1651.300	491.036	5119.063	2896.888	7695.122	-4429.173	98.943	-98.943	117.234	-90.435	3/4지점
26	1698.237	491.085	5225.448	2959.568	7735.021	-4435.136	91.873	-91.873	103.616	-85.476	J지점
27	1698.377	491.115	5225.874	2959.856	7735.187	-4435.955	93.160	-93.160	103.693	-85.440	I지점
27	1720.763	491.295	5288.986	2996.220	7796.908	-4442.226	100.171	-100.171	90.083	-80.484	1/4지점
27	1725.703	491.474	5306.471	3006.247	7818.819	-4448.482	102.411	-102.411	76.474	-75.529	2/4지점
27	1713.199	491.654	5278.326	2989.939	7801.123	-4454.722	99.877	-99.877	86.947	-79.238	3/4지점
27	1683.250	491.834	5204.554	2947.295	7743.498	-4460.911	92.572	-92.572	100.516	-84.153	J지점
28	1683.055	491.745	5203.878	2946.843	7743.295	-4460.537	95.267	-95.267	100.425	-84.175	I지점
28	1628.616	492.068	5087.023	2877.926	7707.580	-4467.147	101.947	-101.947	114.000	-89.092	1/4지점
28	1556.740	492.391	4924.559	2782.684	7631.196	-4473.752	103.837	-103.837	127.576	-94.010	2/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
28	1467.426	492.714	4716.485	2661.117	7515.474	-4480.351	100.937	-100.937	141.151	-98.927	3/4지점
28	1360.674	493.037	4462.800	2513.224	7360.652	-4486.898	93.247	-93.247	154.726	-103.845	J지점
29	1360.203	492.837	4461.171	2512.182	7360.095	-4485.387	97.079	-97.079	154.605	-103.842	I지점
29	1228.831	493.423	4164.235	2338.329	7227.162	-4492.749	102.770	-102.770	168.213	-108.766	1/4지점
29	1080.011	494.009	3821.664	2138.137	7053.172	-4499.958	103.650	-103.650	181.822	-113.690	2/4지점
29	913.744	494.594	3433.458	1911.604	6840.590	-4507.258	99.720	-99.720	195.431	-118.615	3/4지점
29	730.030	495.180	2999.616	1658.732	6589.396	-4514.484	90.981	-90.981	209.040	-123.539	J지점
30	729.366	494.872	2997.218	1657.253	6588.648	-4511.784	95.831	-95.831	208.871	-123.507	I지점
30	521.221	496.263	2521.496	1379.453	6360.783	-4521.258	99.911	-99.911	222.588	-128.471	1/4지점
30	295.493	497.655	2000.162	1075.327	6092.173	-4530.625	99.167	-99.167	236.305	-133.434	2/4지점
30	52.038	499.047	1433.216	744.873	5786.040	-4539.909	93.599	-93.599	250.022	-138.398	3/4지점
30	-209.291	500.439	820.656	388.093	5442.212	-4625.902	84.296	-84.296	263.739	-143.361	J지점
31	-209.959	500.057	817.991	386.576	5441.483	-4622.374	88.644	-88.644	263.515	-143.297	I지점
31	-497.651	503.188	161.950	4.056	5120.335	-4738.566	92.198	-92.198	277.415	-148.348	1/4지점
31	-804.331	506.318	-539.725	-404.802	4844.594	-4961.234	91.711	-91.711	291.314	-153.399	2/4지점
31	-1130.961	509.449	-1287.033	-839.999	4606.142	-5174.760	86.095	-86.095	305.213	-158.450	3/4지점
31	-1478.504	512.580	-2079.975	-1301.536	4364.593	-5423.866	75.353	-75.353	319.113	-168.692	J지점
32	-1479.031	512.150	-2082.512	-1302.694	4366.343	-5424.149	79.134	-79.134	318.822	-168.583	I지점
32	-1860.391	518.219	-2924.218	-1791.134	4176.620	-5709.922	79.989	-79.989	333.206	-182.533	1/4지점
32	-2263.730	524.288	-3811.551	-2305.909	3983.135	-6110.363	75.713	-75.713	347.590	-196.483	2/4지점
32	-2689.155	530.357	-4744.509	-2847.019	3790.738	-6470.225	66.306	-66.306	361.974	-210.433	3/4지점
32	-3136.774	536.426	-5723.095	-3414.463	3600.286	-6867.176	51.770	-51.770	376.358	-224.383	J지점
33	-3137.017	535.836	-5724.814	-3414.675	3601.865	-6869.318	55.758	-55.758	376.003	-224.236	I지점
33	-3628.976	529.396	-6757.565	-4012.056	3466.415	-7303.792	52.523	-52.523	391.098	-238.626	1/4지점
33	-4143.876	505.890	-7835.940	-4635.771	3330.704	-7776.577	44.154	-44.154	406.193	-253.016	2/4지점
33	-4682.360	459.974	-8959.938	-5285.818	3197.125	-8287.154	30.652	-30.652	421.288	-267.406	3/4지점
33	-5245.071	386.306	-10129.560	-5962.200	3065.397	-8835.002	12.017	-12.017	436.382	-281.796	J지점
34	-5244.465	385.388	-10130.170	-5961.075	3066.861	-8838.387	16.095	-16.095	435.956	-281.607	I지점
34	-5840.595	273.217	-11386.980	-6673.613	2985.502	-9419.883	3.589	-3.589	453.039	-297.205	1/4지점
34	-6463.352	126.130	-12689.320	-7412.478	2903.231	-10039.230	16.282	-16.282	470.122	-312.804	2/4지점
34	-7114.504	-57.697	-14037.130	-8177.669	2823.801	-10695.280	36.828	-36.828	487.206	-328.403	3/4지점
34	-7795.816	-280.092	-15430.310	-8969.188	2745.864	-11417.100	64.739	-64.739	504.289	-344.002	J지점
35	-7793.665	-281.014	-15429.150	-8966.731	2747.390	-11409.450	60.910	-60.910	503.863	-343.778	I지점
35	-8528.069	-547.044	-16921.600	-9812.121	2746.034	-12329.820	108.742	-108.742	527.232	-363.034	1/4지점
35	-9296.689	-855.304	-18459.050	-10683.840	2743.453	-13293.610	161.712	-161.712	550.601	-382.290	2/4지점
35	-10101.810	-1207.621	-20041.220	-11581.900	2750.593	-14301.720	219.821	-219.821	573.969	-401.546	3/4지점
35	-10945.700	-1605.822	-21667.790	-12506.290	2845.540	-15378.940	283.068	-283.068	597.338	-420.802	J지점
36	-10942.150	-1606.717	-21664.240	-12503.040	2846.697	-15374.800	282.602	-282.602	597.096	-420.667	I지점
36	-11687.190	-1971.835	-23026.450	-13307.440	2977.179	-16471.490	396.735	-396.735	625.899	-442.092	1/4지점
36	-12458.700	-2368.109	-24416.890	-14128.690	3117.067	-17592.420	520.918	-520.918	654.701	-463.517	2/4지점
36	-13256.870	-2796.157	-25835.560	-14966.790	3265.263	-18748.800	667.026	-667.026	683.504	-484.941	3/4지점
36	-14081.900	-3256.599	-27282.460	-15821.750	3419.983	-19938.860	816.259	-816.259	712.307	-506.366	J지점
P2 37	-14077.440	-3257.671	-27276.980	-15819.010	3422.615	-19940.520	818.889	-818.889	712.489	-506.464	I지점
37	-12809.270	-2810.210	-25203.620	-14628.590	3348.879	-18525.770	639.057	-639.057	683.892	-488.358	1/4지점
37	-11583.130	-2412.612	-23174.350	-13464.510	3294.854	-17175.220	473.342	-473.342	655.296	-470.251	2/4지점
37	-10398.770	-2063.156	-21189.190	-12326.760	3263.461	-15888.820	337.650	-337.650	626.699	-452.145	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
37	-9255.981	-1760.125	-19248.120	-11215.350	3277.292	-14660.320	207.069	-207.069	598.103	-434.038	J지점
38	-9249.190	-1761.411	-19239.190	-11211.660	3280.124	-14667.080	209.856	-209.856	598.687	-434.355	I지점
38	-8184.422	-1517.123	-17401.920	-10190.450	3451.690	-13726.290	165.507	-165.507	583.383	-424.069	1/4지점
38	-7158.963	-1315.171	-15609.210	-9195.572	3626.390	-12837.580	126.249	-126.249	568.080	-413.783	2/4지점
38	-6170.803	-1153.188	-13861.510	-8227.024	3800.565	-11986.770	92.072	-92.072	552.777	-403.497	3/4지점
38	-5217.933	-1028.812	-12159.280	-7284.807	3997.815	-11336.120	62.966	-62.966	537.474	-393.212	J지점
39	-5210.725	-1029.867	-12149.540	-7280.846	4001.330	-11337.150	68.573	-68.573	538.177	-393.576	I지점
39	-4374.079	-935.120	-10634.250	-6409.354	4266.431	-10790.070	45.128	-45.128	526.061	-385.206	1/4지점
39	-3568.902	-869.732	-9164.882	-5564.190	4555.456	-10304.860	26.733	-26.733	513.945	-376.837	2/4지점
39	-2793.387	-827.824	-7741.435	-4745.355	4871.710	-9887.692	13.378	-13.378	501.829	-368.467	3/4지점
39	-2045.727	-803.516	-6363.908	-3952.848	5263.353	-9544.873	5.052	-5.052	489.713	-360.098	J지점
40	-2039.800	-804.205	-6356.064	-3948.492	5280.888	-9550.288	12.598	-12.598	490.370	-360.413	I지점
40	-1408.890	-782.049	-5156.070	-3201.823	5694.804	-9258.290	10.104	-10.104	478.875	-352.435	1/4지점
40	-803.063	-759.893	-4001.930	-2481.488	6155.453	-9032.713	26.366	-26.366	467.381	-344.458	2/4지점
40	-221.351	-737.737	-2893.565	-1787.487	6623.808	-8841.241	37.628	-37.628	455.886	-336.481	3/4지점
40	337.215	-715.581	-1830.902	-1119.819	7073.003	-8651.938	43.899	-43.899	444.392	-328.503	J지점
41	343.117	-716.085	-1822.633	-1114.592	7091.565	-8658.671	39.757	-39.757	444.947	-328.761	I지점
41	892.609	-698.017	-766.613	-472.018	7548.445	-8470.041	54.231	-54.231	434.409	-321.328	1/4지점
41	1420.464	-679.948	243.770	144.216	7983.941	-8281.405	63.733	-63.733	423.870	-313.895	2/4지점
41	1927.227	-661.880	1208.515	734.108	8381.546	-7985.405	68.274	-68.274	413.332	-306.462	3/4지점
41	2413.446	-643.812	2127.623	1297.659	8735.201	-7799.332	67.863	-67.863	402.793	-299.029	J지점
42	2419.483	-644.235	2136.697	1303.190	8739.773	-7803.769	64.302	-64.302	403.256	-299.215	I지점
42	2889.689	-628.227	3033.349	1842.701	9120.444	-7622.358	75.439	-75.439	393.361	-292.158	1/4지점
42	3339.981	-612.220	3884.464	2355.885	9465.581	-7322.014	81.649	-81.649	383.465	-285.101	2/4지점
42	3770.434	-596.213	4690.116	2842.740	9771.774	-7143.506	82.942	-82.942	373.569	-278.044	3/4지점
42	4181.121	-580.205	5450.383	3303.268	10034.450	-6965.003	79.328	-79.328	363.674	-270.988	J지점
43	4186.828	-580.526	5459.349	3308.670	10038.320	-6967.623	76.396	-76.396	364.066	-271.112	I지점
43	4577.724	-565.526	6189.974	3749.690	10331.040	-6561.631	84.429	-84.429	354.803	-264.351	1/4지점
43	4948.185	-550.525	6875.431	4164.377	10587.000	-6394.552	87.576	-87.576	345.540	-257.589	2/4지점
43	5297.469	-535.524	7515.872	4552.729	10803.660	-6227.471	85.847	-85.847	336.277	-250.827	3/4지점
43	5624.837	-520.524	8111.451	4914.748	10976.340	-6060.369	79.253	-79.253	327.014	-244.066	J지점
44	5629.445	-520.717	8118.975	4919.276	10979.120	-6061.307	77.101	-77.101	327.326	-244.126	I지점
44	5930.751	-506.255	8679.066	5259.064	11177.620	-5897.294	83.482	-83.482	318.402	-237.513	1/4지점
44	6209.403	-491.794	9194.450	5572.521	11337.230	-5733.229	85.022	-85.022	309.479	-230.900	2/4지점
44	6465.400	-477.332	9665.128	5859.646	11457.610	-5569.206	81.728	-81.728	300.555	-224.286	3/4지점
44	6698.743	-462.870	10091.100	6120.439	11534.540	-5405.119	73.613	-73.613	291.631	-217.673	J지점
45	6701.802	-462.938	10096.360	6123.570	11535.940	-5404.525	72.314	-72.314	291.862	-217.672	I지점
45	6905.976	-448.681	10482.230	6358.428	11634.830	-5240.981	78.450	-78.450	282.993	-211.084	1/4지점
45	7086.948	-434.423	10823.540	6566.954	11693.960	-5077.398	79.787	-79.787	274.125	-204.496	2/4지점
45	7244.171	-420.166	11120.460	6749.148	11713.020	-4913.869	76.335	-76.335	265.256	-197.907	3/4지점
45	7377.098	-405.909	11373.120	6905.011	11691.000	-4750.423	68.105	-68.105	256.387	-191.319	J지점
46	7378.389	-405.860	11375.710	6906.436	11690.860	-4748.431	67.692	-67.692	256.544	-191.262	I지점
46	7481.747	-391.783	11591.300	7036.569	11689.350	-4585.093	73.819	-73.819	247.707	-184.683	1/4지점
46	7560.257	-377.706	11762.780	7140.368	11645.040	-4421.728	75.189	-75.189	238.869	-178.103	2/4지점
46	7613.920	-363.629	11890.160	7217.830	11560.840	-4258.354	71.813	-71.813	230.031	-171.523	3/4지점
46	7642.736	-349.551	11973.440	7268.957	11436.290	-4094.962	63.699	-63.699	221.193	-164.943	J지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
47	7642.137	-349.401	11973.110	7268.510	11434.630	-4091.761	64.172	-64.172	221.285	-164.838	I지점
47	7641.237	-335.453	12019.200	7293.594	11331.770	-3928.624	70.287	-70.287	212.445	-158.263	1/4지점
47	7615.495	-321.504	12021.200	7292.348	11183.710	-3765.411	71.689	-71.689	203.605	-151.688	2/4지점
47	7564.910	-307.556	11979.100	7264.770	10994.060	-3602.197	68.390	-68.390	194.765	-145.112	3/4지점
47	7489.481	-293.607	11892.910	7210.861	10765.070	-3438.984	60.398	-60.398	185.925	-138.537	J지점
48	7486.931	-293.364	11889.530	7208.453	10761.910	-3434.652	61.770	-61.770	185.960	-138.387	I지점
48	7381.854	-279.494	11766.410	7128.229	10556.760	-3270.939	68.108	-68.108	177.112	-131.794	1/4지점
48	7251.931	-265.624	11599.190	7021.671	10305.170	-3107.283	69.777	-69.777	168.264	-125.201	2/4지점
48	7097.161	-251.754	11387.870	6888.778	10008.730	-2943.567	66.789	-66.789	159.415	-118.608	3/4지점
48	6917.545	-237.883	11132.440	6729.551	9673.094	-2779.832	59.153	-59.153	150.567	-112.015	J지점
49	6913.264	-237.573	11126.300	6725.395	9668.818	-2774.710	61.353	-61.353	150.555	-111.834	I지점
49	6705.089	-223.835	10835.530	6540.048	9358.727	-2610.650	68.069	-68.069	141.700	-105.233	1/4지점
49	6472.615	-210.096	10500.500	6328.367	9003.638	-2446.729	70.161	-70.161	132.844	-98.632	2/4지점
49	6216.388	-196.358	10121.070	6090.350	8600.781	-2282.878	67.640	-67.640	123.989	-92.031	3/4지점
49	5936.956	-182.619	9697.076	5825.997	8157.485	-2118.982	60.516	-60.516	115.134	-85.430	J지점
50	5930.980	-182.245	9688.205	5820.180	8152.200	-2113.052	63.562	-63.562	115.083	-85.216	I지점
50	5623.369	-168.585	9225.841	5528.109	7736.246	-1947.928	71.004	-71.004	106.195	-78.561	1/4지점
50	5293.100	-154.925	8718.766	5209.703	7274.242	-1782.605	73.869	-73.869	97.306	-71.905	2/4지점
50	4940.174	-141.265	8166.979	4864.962	6764.530	-1617.297	72.166	-72.166	88.418	-65.250	3/4지점
50	4564.592	-127.605	7570.479	4493.886	6210.061	-1451.990	65.907	-65.907	79.530	-58.594	J지점
51	4558.102	-127.232	7560.626	4487.840	6204.791	-1446.265	69.315	-69.315	79.464	-58.388	I지점
51	4230.537	-116.026	7046.348	4172.984	5783.680	-1314.409	73.743	-73.743	72.360	-53.075	1/4지점
51	3888.998	-104.820	6503.310	3841.275	5332.018	-1182.665	75.268	-75.268	65.256	-47.762	2/4지점
51	3534.011	-93.613	5931.368	3492.715	4848.275	-1050.815	73.897	-73.897	58.152	-42.449	3/4지점
51	3166.101	-82.407	5330.375	3127.302	4334.017	-918.929	69.637	-69.637	51.048	-37.136	J지점
52	3159.601	-82.053	5320.426	3121.509	4329.484	-913.771	74.239	-74.239	50.982	-36.949	I지점
52	2765.668	-70.502	4680.970	2740.717	3831.401	-782.814	78.639	-78.639	43.895	-31.667	1/4지점
52	2359.339	-58.951	4012.321	2343.076	3299.443	-651.876	80.399	-80.399	36.808	-26.386	2/4지점
52	1940.614	-47.399	3314.480	1928.586	2732.911	-521.004	79.522	-79.522	29.721	-21.104	3/4지점
52	1509.493	-35.848	2587.446	1497.246	2131.695	-390.055	76.015	-76.015	22.634	-15.822	J지점
53	1504.364	-35.584	2579.549	1492.472	2128.318	-385.852	83.764	-83.764	22.620	-15.670	I지점
53	1140.766	-26.702	1975.110	1136.581	1642.260	-289.600	63.685	-63.685	16.955	-11.765	1/4지점
53	768.962	-17.820	1349.706	769.421	1127.006	-193.365	41.858	-41.858	11.290	-7.861	2/4지점
53	389.032	-8.938	692.602	390.992	580.289	-97.155	18.285	-18.285	5.625	-3.956	3/4지점
A2 53	1.060	-0.056	1.608	1.295	6.106	-2.885	7.029	-7.029	0.081	-0.051	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
54	-0.237	0.016	-0.373	-0.096	0.074	-0.246	1.240	-1.240	0.004	-0.006	I지점
54	407.153	-10.063	728.388	415.112	655.308	-123.017	45.619	-45.619	6.196	-4.770	1/4지점
54	806.108	-20.142	1421.605	818.502	1281.717	-246.115	90.634	-90.634	12.388	-9.542	2/4지점
54	1196.543	-30.221	2082.103	1210.074	1880.522	-369.184	133.802	-133.802	18.581	-14.315	3/4지점
54	1578.369	-40.301	2720.990	1589.828	2453.084	-492.215	175.120	-175.120	24.773	-19.087	J지점
55	1578.112	-40.282	2720.594	1589.709	2452.849	-492.145	173.792	-173.792	24.776	-19.083	I지점
55	2012.031	-51.854	3452.457	2022.963	3072.828	-624.741	178.787	-178.787	31.981	-24.382	1/4지점
55	2433.555	-63.427	4155.130	2439.368	3660.075	-757.372	181.134	-181.134	39.185	-29.681	2/4지점
55	2842.685	-74.999	4828.614	2838.926	4215.208	-889.999	180.828	-180.828	46.389	-34.980	3/4지점
55	3239.419	-86.572	5472.907	3221.635	4738.767	-1022.649	177.864	-177.864	53.594	-40.278	J지점
56	3239.177	-86.554	5472.534	3221.526	4738.633	-1022.600	176.666	-176.666	53.597	-40.275	I지점
56	3616.769	-98.228	6088.660	3587.044	5264.663	-1154.224	175.993	-175.993	60.787	-45.544	1/4지점
56	3981.441	-109.902	6675.743	3935.715	5762.796	-1285.916	172.650	-172.650	67.976	-50.812	2/4지점
56	4332.669	-121.576	7233.927	4267.537	6231.900	-1417.533	166.632	-166.632	75.166	-56.081	3/4지점
56	4669.926	-133.250	7763.361	4582.511	6672.623	-1549.171	157.934	-157.934	82.356	-61.350	J지점
57	4669.694	-133.234	7763.004	4582.412	6672.516	-1549.131	156.860	-156.860	82.360	-61.347	I지점
57	5062.705	-147.961	8385.824	4952.733	7238.850	-1714.689	158.751	-158.751	91.358	-67.958	1/4지점
57	5433.068	-162.689	8963.950	5296.730	7764.460	-1880.243	156.436	-156.436	100.357	-74.569	2/4지점
57	5780.783	-177.417	9497.382	5614.403	8245.984	-2045.758	149.903	-149.903	109.356	-81.180	3/4지점
57	6105.850	-192.145	9986.119	5905.751	8685.206	-2211.306	139.141	-139.141	118.355	-87.791	J지점
58	6105.627	-192.128	9985.778	5905.657	8685.071	-2211.259	138.260	-138.260	118.359	-87.788	I지점
58	6398.877	-206.855	10430.170	6171.255	9140.694	-2378.259	142.085	-142.085	127.381	-94.441	1/4지점
58	6668.931	-221.582	10830.010	6410.529	9561.752	-2545.264	141.660	-141.660	136.403	-101.094	2/4지점
58	6915.243	-236.309	11185.470	6623.479	9938.175	-2712.200	136.975	-136.975	145.426	-107.747	3/4지점
58	7137.265	-251.035	11496.690	6810.104	10273.580	-2879.003	128.017	-128.017	154.448	-114.400	J지점
59	7137.058	-251.019	11496.380	6810.018	10273.450	-2878.959	127.380	-127.380	154.452	-114.397	I지점
59	7325.611	-265.765	11764.350	6970.800	10618.210	-3046.587	131.276	-131.276	163.495	-121.072	1/4지점
59	7489.327	-280.511	11988.240	7105.259	10930.260	-3214.231	130.879	-130.879	172.538	-127.746	2/4지점
59	7628.206	-295.257	12168.050	7213.393	11200.610	-3382.153	126.178	-126.178	181.581	-134.421	3/4지점
59	7742.248	-310.003	12303.770	7295.203	11429.160	-3549.833	117.162	-117.162	190.624	-141.096	J지점
60	7742.061	-309.988	12303.480	7295.129	11429.050	-3549.799	116.786	-116.786	190.628	-141.093	I지점
60	7823.640	-324.846	12397.600	7351.599	11665.190	-3718.513	121.476	-121.476	199.713	-147.807	1/4지점
60	7880.374	-339.705	12447.620	7381.733	11867.370	-3887.261	121.828	-121.828	208.799	-154.521	2/4지점
60	7912.260	-354.563	12453.530	7385.534	12033.340	-4055.945	117.833	-117.833	217.884	-161.236	3/4지점
60	7919.301	-369.421	12415.350	7363.000	12157.710	-4224.646	109.480	-109.480	226.969	-167.950	J지점
61	7919.180	-369.412	12415.150	7362.972	12157.730	-4224.685	109.319	-109.319	226.974	-167.950	I지점
61	7893.832	-384.435	12335.360	7315.074	12286.600	-4394.591	114.912	-114.912	236.121	-174.713	1/4지점
61	7843.592	-399.457	12211.390	7240.794	12380.220	-4564.542	116.118	-116.118	245.268	-181.477	2/4지점
61	7768.460	-414.479	12043.230	7140.131	12439.880	-4734.458	112.925	-112.925	254.416	-188.240	3/4지점
61	7668.437	-429.502	11830.890	7013.085	12460.800	-4904.424	105.324	-105.324	263.563	-195.004	J지점
62	7668.461	-429.512	11830.890	7013.177	12461.070	-4904.733	104.923	-104.923	263.569	-195.012	I지점
62	7533.930	-444.662	11573.290	6859.629	12483.550	-5076.038	108.833	-108.833	272.782	-201.830	1/4지점
62	7374.963	-459.811	11271.190	6679.598	12469.190	-5247.316	108.295	-108.295	281.996	-208.647	2/4지점
62	7192.110	-474.961	10924.430	6473.083	12420.270	-5418.614	103.300	-103.300	291.210	-215.464	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
62	6985.923	-490.111	10532.860	6240.087	12336.940	-5589.909	93.836	-93.836	300.424	-222.282	J지점
63	6986.007	-490.132	10532.930	6240.195	12337.070	-5590.383	93.010	-93.010	300.427	-222.295	I지점
63	6745.658	-505.334	10092.880	5979.597	12254.410	-5762.577	95.497	-95.497	309.680	-229.147	1/4지점
63	6482.445	-520.536	9607.706	5692.425	12132.300	-5934.767	93.478	-93.478	318.933	-235.999	2/4지점
63	6196.370	-535.738	9077.415	5378.678	11976.340	-6106.909	86.943	-86.943	328.185	-242.851	3/4지점
63	5887.430	-550.940	8502.006	5038.356	11786.960	-6279.082	75.880	-75.880	337.438	-249.702	J지점
64	5887.496	-550.967	8502.036	5038.384	11786.520	-6279.710	74.252	-74.252	337.433	-249.720	I지점
64	5542.770	-566.067	7875.299	4669.165	11594.410	-6452.600	74.988	-74.988	346.653	-256.585	1/4지점
64	5175.850	-581.166	7203.129	4273.277	11361.610	-6625.502	71.160	-71.160	355.873	-263.449	2/4지점
64	4787.484	-596.265	6485.372	3850.720	11095.090	-6798.458	62.756	-62.756	365.092	-270.314	3/4지점
64	4378.422	-611.365	5721.872	3401.495	10797.410	-6971.388	49.766	-49.766	374.312	-277.178	J지점
65	4378.383	-611.380	5721.760	3401.374	10795.870	-6971.880	47.460	-47.460	374.290	-277.190	I지점
65	3935.890	-626.203	4906.005	2922.473	10494.080	-7145.361	45.373	-45.373	383.387	-284.027	1/4지점
65	3473.309	-641.026	4044.124	2416.814	10151.880	-7318.914	38.662	-38.662	392.485	-290.864	2/4지점
65	2990.566	-655.848	3136.040	1884.399	9776.110	-7492.448	29.009	-29.009	401.582	-297.702	3/4지점
65	2487.583	-670.671	2181.676	1325.227	9370.949	-7665.980	14.581	-14.581	410.680	-304.539	J지점
66	2487.413	-670.660	2181.437	1324.913	9367.924	-7666.117	12.589	-12.589	410.626	-304.535	I지점
66	1950.211	-684.634	1174.969	736.088	8958.796	-7839.797	10.304	-10.304	419.464	-311.230	1/4지점
66	1392.063	-698.608	121.971	120.407	8509.175	-8299.216	3.001	-3.001	428.301	-317.926	2/4지점
66	812.411	-712.582	-977.557	-522.131	8026.859	-8479.514	15.444	-15.444	437.138	-324.621	3/4지점
66	210.698	-726.556	-2123.616	-1191.525	7515.827	-8800.245	32.739	-32.739	445.976	-331.316	J지점
67	210.476	-726.506	-2123.767	-1191.989	7510.893	-8799.556	36.447	-36.447	445.876	-331.285	I지점
67	-426.158	-738.649	-3316.611	-1888.783	6999.575	-8990.250	39.372	-39.372	454.151	-337.683	1/4지점
67	-1086.471	-750.791	-4556.207	-2612.516	6469.889	-9202.023	47.895	-47.895	462.426	-344.081	2/4지점
67	-1771.453	-762.933	-5842.632	-3363.188	5974.450	-9484.305	64.812	-64.812	470.700	-350.479	3/4지점
67	-2482.096	-775.076	-7175.964	-4140.800	5533.926	-9984.497	86.826	-86.826	478.975	-356.878	J지점
68	-2482.353	-774.933	-7175.794	-4141.175	5529.127	-9984.632	90.093	-90.093	478.817	-356.807	I지점
68	-3213.627	-795.137	-8529.336	-4935.116	5188.626	-10334.130	100.354	-100.354	485.864	-362.539	1/4지점
68	-3973.509	-833.417	-9930.042	-5756.098	4876.796	-10883.170	115.751	-115.751	492.911	-368.270	2/4지점
68	-4763.856	-895.812	-11377.910	-6604.121	4591.678	-11497.560	136.295	-136.295	499.957	-374.001	3/4지점
68	-5586.524	-988.362	-12872.940	-7479.185	4333.432	-12171.760	161.995	-161.995	507.004	-379.733	J지점
69	-5586.823	-988.010	-12872.210	-7479.313	4329.444	-12172.700	165.773	-165.773	506.803	-379.626	I지점
69	-6420.521	-1117.732	-14347.920	-8338.036	4123.180	-12914.760	205.258	-205.258	509.798	-383.017	1/4지점
69	-7290.579	-1286.202	-15870.480	-9223.890	3940.591	-13703.840	249.938	-249.938	512.794	-386.408	2/4지점
69	-8199.068	-1495.855	-17439.410	-10136.870	3759.763	-14539.980	299.822	-299.822	515.790	-389.799	3/4지점
69	-9148.060	-1749.127	-19054.250	-11076.990	3585.488	-15426.710	354.921	-354.921	518.786	-393.190	J지점
70	-9148.547	-1748.494	-19053.250	-11077.020	3582.042	-15426.160	357.993	-357.993	518.635	-393.096	I지점
70	-10068.210	-2041.476	-20551.290	-11953.470	3422.507	-16389.880	498.708	-498.708	512.811	-391.243	1/4지점
70	-11030.810	-2382.425	-22094.890	-12857.130	3363.833	-17413.810	644.674	-644.674	506.987	-389.390	2/4지점
70	-12036.590	-2773.119	-23684.070	-13788.000	3342.853	-18506.610	821.419	-821.419	501.163	-387.537	3/4지점
70	-13085.790	-3215.334	-25318.810	-14746.080	3357.896	-19666.870	1021.595	-1021.595	495.339	-385.684	J지점
71	-13225.450	-3195.064	-25513.660	-14801.000	3340.434	-19706.730	1218.094	-1218.094	488.319	-377.887	I지점
71	-12520.320	-2754.850	-24329.990	-14129.660	3250.665	-18727.680	994.800	-994.800	491.002	-375.299	1/4지점
71	-11842.950	-2348.124	-23175.500	-13475.750	3172.264	-17837.840	774.679	-774.679	493.686	-372.712	2/4지점
71	-11193.140	-1974.245	-22050.190	-12839.260	3106.537	-16908.560	573.166	-573.166	496.369	-370.124	3/4지점
71	-10570.700	-1632.574	-20954.050	-12220.190	3054.586	-16051.770	431.028	-431.028	499.052	-367.536	J지점
72	-10572.890	-1631.762	-20955.970	-12220.660	3053.326	-16047.570	425.941	-425.941	499.367	-367.702	I지점
72	-9773.117	-1237.731	-19503.800	-11380.660	3012.477	-15032.210	349.745	-349.745	493.669	-358.773	1/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
72	-9013.423	-891.125	-18097.520	-10567.870	3026.540	-14066.330	278.833	-278.833	487.971	-349.844	2/4지점
72	-8291.450	-590.054	-16737.450	-9782.301	3043.369	-13148.170	213.205	-213.205	482.273	-340.915	3/4지점
72	-7604.841	-332.631	-15423.900	-9023.949	3062.352	-12275.740	152.861	-152.861	476.576	-331.986	J지점
73	-7606.521	-331.684	-15424.630	-9023.733	3063.146	-12269.120	146.647	-146.647	477.014	-332.213	I지점
73	-6941.056	-112.836	-14083.220	-8243.418	3118.764	-11446.330	118.494	-118.494	465.809	-319.897	1/4지점
73	-6306.767	66.145	-12788.710	-7490.317	3188.031	-10668.100	95.625	-95.625	454.604	-307.581	2/4지점
73	-5701.829	207.148	-11541.210	-6764.429	3267.300	-9932.810	78.039	-78.039	443.399	-295.264	3/4지점
73	-5124.417	312.059	-10340.770	-6065.756	3351.844	-9239.813	65.737	-65.737	432.193	-282.948	J지점
74	-5124.909	312.873	-10340.250	-6064.470	3353.771	-9232.910	60.014	-60.014	432.628	-283.165	I지점
74	-4580.835	389.669	-9144.518	-5377.076	3460.848	-8576.884	43.474	-43.474	419.833	-269.825	1/4지점
74	-4061.807	437.773	-7995.954	-4716.907	3575.494	-7965.086	32.220	-32.220	407.039	-256.484	2/4지점
74	-3567.161	462.709	-6894.557	-4083.962	3699.141	-7397.372	26.251	-26.251	394.244	-243.144	3/4지점
74	-3096.234	470.002	-5840.329	-3478.242	3828.471	-6873.754	25.568	-25.568	381.450	-229.803	J지점
75	-3095.966	470.512	-5838.757	-3476.388	3831.979	-6868.520	20.864	-20.864	381.799	-229.970	I지점
75	-2643.457	476.663	-4823.134	-2892.818	3997.282	-6388.724	12.222	-12.222	368.479	-216.284	1/4지점
75	-2213.880	482.815	-3854.655	-2336.458	4172.515	-5955.669	14.720	-14.720	355.159	-202.598	2/4지점
75	-1807.124	488.966	-2933.320	-1807.308	4358.400	-5569.075	12.262	-12.262	341.840	-188.912	3/4지점
75	-1423.078	495.118	-2059.127	-1305.369	4548.875	-5228.544	4.850	-4.850	328.520	-175.225	J지점
76	-1422.542	495.476	-2056.780	-1303.247	4554.621	-5226.064	10.654	-10.654	328.800	-175.352	I지점
76	-1065.318	498.687	-1226.276	-827.481	4778.038	-4930.628	17.380	-17.380	315.059	-164.163	1/4지점
76	-729.707	501.898	-442.932	-378.934	5007.106	-4680.672	19.150	-19.150	301.319	-159.159	2/4지점
76	-414.713	505.108	293.253	42.393	5242.754	-4479.397	16.464	-16.464	287.579	-154.155	3/4지점
76	-119.342	508.319	982.279	436.500	5597.766	-4460.302	10.619	-10.619	273.839	-149.151	J지점
77	-118.691	508.629	984.700	438.506	5607.581	-4464.456	13.425	-13.425	274.047	-149.201	I지점
77	149.577	510.043	1624.288	804.665	5979.458	-4474.981	22.262	-22.262	260.155	-144.128	1/4지점
77	399.364	511.457	2216.711	1143.601	6318.625	-4485.260	25.813	-25.813	246.264	-139.055	2/4지점
77	630.820	512.870	2761.968	1455.313	6625.813	-4495.643	24.080	-24.080	232.372	-133.982	3/4지점
77	844.093	514.284	3260.058	1739.801	6895.788	-4506.327	17.061	-17.061	218.481	-128.909	J지점
78	844.710	514.522	3262.169	1741.442	6903.284	-4509.088	18.899	-18.899	218.632	-128.926	I지점
78	1030.540	515.147	3709.587	1997.299	7169.179	-4517.197	26.588	-26.588	204.652	-123.827	1/4지점
78	1198.346	515.772	4109.863	2225.946	7401.360	-4525.106	28.994	-28.994	190.671	-118.727	2/4지점
78	1348.129	516.397	4462.997	2427.382	7600.392	-4532.966	26.117	-26.117	176.690	-113.628	3/4지점
78	1479.887	517.021	4768.988	2601.609	7761.830	-4540.635	17.958	-17.958	162.709	-108.528	J지점
79	1480.310	517.159	4770.361	2602.658	7766.514	-4542.525	18.815	-18.815	162.815	-108.516	I지점
79	1584.746	517.483	5026.508	2749.220	7926.920	-4549.504	26.022	-26.022	148.800	-103.408	1/4지점
79	1671.151	517.806	5235.491	2868.560	8052.837	-4556.263	27.944	-27.944	134.784	-98.300	2/4지점
79	1739.524	518.129	5397.311	2960.677	8144.737	-4562.916	24.581	-24.581	120.769	-93.192	3/4지점
79	1789.865	518.453	5511.967	3025.573	8199.479	-4569.885	15.933	-15.933	106.754	-88.084	J지점
80	1789.993	518.479	5512.349	3025.856	8201.090	-4570.644	15.835	-15.835	106.826	-88.048	I지점
80	1813.039	518.669	5577.433	3063.502	8256.466	-4577.059	22.896	-22.896	92.804	-82.939	1/4지점
80	1818.057	518.860	5595.362	3073.930	8276.001	-4583.294	24.673	-24.673	78.782	-77.829	2/4지점
80	1805.046	519.050	5566.135	3057.140	8261.342	-4589.971	21.165	-21.165	89.595	-81.635	3/4지점
80	1774.006	519.241	5489.752	3013.133	8210.742	-4596.365	12.374	-12.374	103.575	-86.702	J지점
81	1773.815	519.154	5489.086	3012.604	8209.237	-4595.998	11.353	-11.353	103.487	-86.724	I지점
81	1715.439	519.199	5362.988	2941.331	8159.156	-4602.196	18.270	-18.270	117.459	-91.788	1/4지점
81	1639.034	519.244	5189.734	2842.842	8072.007	-4608.086	19.903	-19.903	131.430	-96.852	2/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
81	1544.600	519.289	4969.326	2717.134	7950.896	-4614.346	16.252	-16.252	145.401	-101.916	3/4지점
81	1432.138	519.334	4701.762	2564.210	7795.141	-4620.395	15.949	-15.949	159.373	-106.979	J지점
82	1431.675	519.138	4700.164	2562.915	7790.675	-4618.851	19.737	-19.737	159.254	-106.977	I지점
82	1291.951	518.916	4382.930	2382.334	7634.184	-4624.186	13.780	-13.780	173.197	-112.035	1/4지점
82	1134.196	518.695	4018.533	2174.532	7440.163	-4629.522	13.031	-13.031	187.139	-117.093	2/4지점
82	958.410	518.473	3606.974	1939.508	7212.891	-4634.836	16.735	-16.735	201.082	-122.152	3/4지점
82	764.592	518.251	3148.252	1677.263	6951.885	-4640.189	25.649	-25.649	215.025	-127.210	J지점
83	763.942	517.948	3145.906	1675.321	6944.468	-4637.541	30.525	-30.525	214.859	-127.178	I지점
83	542.716	516.907	2636.343	1384.500	6679.288	-4640.653	25.389	-25.389	228.688	-132.195	1/4지점
83	303.311	515.865	2079.621	1066.460	6376.917	-4643.618	25.210	-25.210	242.518	-137.212	2/4지점
83	45.577	514.823	1475.740	721.200	6042.528	-4646.499	29.988	-29.988	256.347	-142.229	3/4지점
83	-230.635	513.782	824.699	348.720	5675.437	-4649.221	39.723	-39.723	270.177	-147.246	J지점
84	-231.271	513.412	822.154	346.420	5665.811	-4645.563	45.251	-45.251	269.958	-147.183	I지점
84	-534.409	510.603	121.740	-53.904	5299.514	-4653.789	40.989	-40.989	283.603	-152.111	1/4지점
84	-857.163	507.794	-625.818	-481.440	5049.082	-4850.505	41.683	-41.683	297.248	-157.039	2/4지점
84	-1200.528	504.985	-1420.521	-936.186	4812.447	-5099.124	47.331	-47.331	310.894	-161.967	3/4지점
84	-1565.498	502.176	-2262.367	-1418.144	4580.585	-5392.902	57.935	-57.935	324.539	-172.955	J지점
85	-1565.966	501.768	-2264.697	-1420.584	4574.756	-5395.124	63.831	-63.831	324.257	-172.849	I지점
85	-1957.682	495.970	-3150.721	-1929.300	4374.042	-5734.597	61.939	-61.939	337.413	-186.530	1/4지점
85	-2372.123	490.171	-4083.919	-2465.244	4177.511	-6119.490	65.004	-65.004	350.569	-200.211	2/4지점
85	-2809.399	484.373	-5064.290	-3028.417	3991.245	-6550.893	73.028	-73.028	363.724	-213.893	3/4지점
85	-3269.622	478.575	-6091.834	-3618.816	3814.897	-7082.614	86.011	-86.011	376.880	-227.574	J지점
86	-3269.787	477.986	-6093.378	-3621.122	3811.126	-7086.026	91.976	-91.976	376.518	-227.424	I지점
86	-3748.021	471.063	-7159.200	-4234.963	3671.334	-7576.976	91.754	-91.754	388.949	-240.655	1/4지점
86	-4249.968	446.501	-8272.179	-4876.023	3536.654	-8219.396	96.489	-96.489	401.380	-253.887	2/4지점
86	-4776.291	398.776	-9432.315	-5544.301	3411.205	-8795.556	106.181	-106.181	413.811	-267.118	3/4지점
86	-5327.655	322.364	-10639.610	-6239.799	3293.298	-9413.150	122.411	-122.411	426.241	-280.350	J지점
87	-5326.948	321.509	-10639.910	-6241.280	3291.288	-9417.239	126.672	-126.672	425.831	-280.165	I지점
87	-5917.668	217.619	-11851.760	-6953.825	3197.156	-10094.060	140.067	-140.067	436.237	-292.165	1/4지점
87	-6535.911	77.641	-13110.680	-7693.580	3106.539	-10832.040	158.744	-158.744	446.643	-304.164	2/4지점
87	-7183.502	-100.312	-14416.590	-8460.547	3025.827	-11612.360	182.704	-182.704	457.049	-316.164	3/4지점
87	-7862.266	-318.128	-15769.400	-9254.726	2951.418	-12436.820	211.947	-211.947	467.455	-328.163	J지점
88	-7859.979	-319.024	-15767.920	-9254.753	2950.612	-12442.630	216.657	-216.657	467.025	-327.936	I지점
88	-8582.028	-575.381	-17113.070	-10048.390	2913.593	-13327.230	265.805	-265.805	471.044	-336.222	1/4지점
88	-9339.445	-875.392	-18504.760	-10869.250	2881.328	-14256.850	320.238	-320.238	475.064	-344.508	2/4지점
88	-10134.590	-1220.945	-19942.660	-11717.330	2849.796	-15233.350	379.956	-379.956	479.084	-352.793	3/4지점
88	-10969.820	-1613.928	-21426.470	-12592.630	2852.298	-16259.430	444.959	-444.959	483.103	-361.079	J지점
89	-10966.350	-1614.761	-21422.810	-12591.210	2853.666	-16262.650	447.902	-447.902	482.862	-360.943	I지점
89	-11658.860	-1951.951	-22613.040	-13264.350	2879.424	-17142.060	564.276	-564.276	475.803	-361.452	1/4지점
89	-12378.730	-2321.339	-23832.430	-13954.900	2917.266	-18055.210	684.031	-684.031	468.743	-361.961	2/4지점
89	-13126.160	-2723.568	-25080.990	-14662.870	2970.183	-19005.550	807.168	-807.168	461.684	-362.470	3/4지점
89	-13901.340	-3159.276	-26358.730	-15388.260	3035.301	-19988.260	933.687	-933.687	454.625	-362.979	J지점
90	-13897.030	-3160.310	-26353.600	-15385.470	3037.844	-19987.470	932.067	-932.067	454.801	-363.074	I지점
90	-12781.030	-2723.040	-24676.710	-14383.820	3043.891	-18770.590	780.690	-780.690	465.615	-367.967	1/4지점
90	-11708.460	-2337.298	-23045.400	-13409.380	3083.133	-17620.560	634.586	-634.586	476.429	-372.861	2/4지점
90	-10679.080	-2001.309	-21459.670	-12462.160	3165.280	-16565.300	493.745	-493.745	487.243	-377.754	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
90	-9692.640	-1713.295	-19919.510	-11542.150	3336.025	-15581.000	358.156	-358.156	498.057	-382.648	J지점
91	-9686.293	-1714.519	-19911.470	-11537.680	3341.377	-15580.150	352.152	-352.152	498.632	-382.959	I지점
91	-8750.109	-1458.190	-18356.250	-10579.890	3509.728	-14686.200	304.176	-304.176	495.933	-379.903	1/4지점
91	-7854.568	-1245.630	-16847.090	-9649.315	3681.927	-13841.460	261.432	-261.432	493.234	-376.847	2/4지점
91	-6997.589	-1074.395	-15384.470	-8745.966	3852.342	-13041.660	223.911	-223.911	490.535	-373.790	3/4지점
91	-6177.096	-942.041	-13968.860	-7869.840	4051.323	-12418.310	191.602	-191.602	487.836	-370.734	J지점
92	-6170.239	-943.065	-13959.940	-7864.292	4058.652	-12416.320	184.941	-184.941	488.534	-371.096	I지점
92	-5336.980	-851.673	-12448.610	-6970.456	4303.339	-11714.970	158.331	-158.331	482.596	-366.093	1/4지점
92	-4536.248	-790.626	-10984.750	-6103.833	4572.628	-11069.260	136.909	-136.909	476.657	-361.090	2/4지점
92	-3766.175	-753.849	-9568.347	-5264.425	4867.135	-10483.350	120.667	-120.667	470.718	-356.087	3/4지점
92	-3024.893	-735.263	-8199.410	-4452.230	5183.030	-9963.340	109.592	-109.592	464.780	-351.084	J지점
93	-3019.333	-735.924	-8192.334	-4445.969	5193.488	-9963.614	103.223	-103.223	465.420	-351.391	I지점
93	-2242.190	-729.171	-6736.721	-3640.976	5610.989	-9415.672	78.880	-78.880	458.848	-345.988	1/4지점
93	-1490.976	-722.419	-5328.506	-2863.204	6085.410	-9079.919	59.685	-59.685	452.275	-340.585	2/4지점
93	-764.689	-715.667	-3967.611	-2112.653	6613.502	-8836.983	45.629	-45.629	445.702	-335.182	3/4지점
93	-62.327	-708.914	-2653.955	-1389.322	7163.992	-8519.813	36.702	-36.702	439.130	-329.778	J지점
94	-56.663	-709.402	-2646.155	-1382.559	7180.918	-8526.136	32.518	-32.518	439.674	-330.032	I지점
94	590.533	-698.492	-1419.183	-687.626	7734.909	-8365.251	15.157	-15.157	432.127	-324.074	1/4지점
94	1215.370	-687.581	-239.372	-19.914	8260.498	-8204.349	20.062	-20.062	424.581	-318.117	2/4지점
94	1818.411	-676.670	893.280	620.578	8753.794	-7766.205	23.667	-23.667	417.034	-312.159	3/4지점
94	2400.222	-665.759	1978.771	1233.850	9206.648	-7611.347	22.524	-22.524	409.488	-306.202	J지점
95	2406.125	-666.174	1987.616	1240.259	9221.112	-7615.496	28.220	-28.220	409.945	-306.386	I지점
95	2944.009	-653.174	3002.023	1823.744	9663.654	-7455.851	39.420	-39.420	401.748	-300.049	1/4지점
95	3461.312	-640.174	3969.363	2380.017	10077.360	-7296.158	45.897	-45.897	393.552	-293.712	2/4지점
95	3958.109	-627.175	4889.715	2909.080	10457.570	-7136.526	47.662	-47.662	385.356	-287.375	3/4지점
95	4434.478	-614.175	5763.159	3410.931	10797.440	-6976.902	44.726	-44.726	377.160	-281.038	J지점
96	4439.990	-614.485	5771.828	3416.735	10809.130	-6979.389	49.425	-49.425	377.540	-281.159	I지점
96	4877.101	-600.458	6582.746	3884.563	11133.880	-6814.171	58.266	-58.266	368.698	-274.520	1/4지점
96	5293.088	-586.431	7346.976	4325.170	11427.750	-6648.876	62.426	-62.426	359.856	-267.881	2/4지점
96	5687.188	-572.404	8064.676	4738.557	11687.770	-6483.552	61.916	-61.916	351.013	-261.242	3/4지점
96	6058.633	-558.377	8736.004	5124.725	11906.840	-6318.280	56.748	-56.748	342.171	-254.603	J지점
97	6063.087	-558.564	8743.287	5129.439	11915.010	-6319.174	60.291	-60.291	342.473	-254.662	I지점
97	6395.977	-543.989	9358.953	5484.203	12124.210	-6150.931	67.830	-67.830	333.286	-247.872	1/4지점
97	6705.448	-529.414	9928.403	5811.747	12300.110	-5982.631	70.732	-70.732	324.099	-241.083	2/4지점
97	6991.500	-514.839	10451.640	6112.070	12441.940	-5814.268	69.008	-69.008	314.911	-234.293	3/4지점
97	7254.133	-500.264	10928.660	6385.172	12543.790	-5645.941	62.670	-62.670	305.724	-227.503	J지점
98	7257.136	-500.330	10933.840	6388.403	12548.040	-5645.336	64.948	-64.948	305.950	-227.502	I지점
98	7483.919	-485.549	11359.970	6633.859	12647.900	-5476.474	72.428	-72.428	296.708	-220.688	1/4지점
98	7686.722	-470.768	11740.050	6852.099	12713.270	-5307.606	75.317	-75.317	287.466	-213.874	2/4지점
98	7864.978	-455.987	12074.230	7043.123	12744.080	-5138.778	73.625	-73.625	278.223	-207.060	3/4지점
98	8018.122	-441.205	12362.690	7206.932	12737.440	-4969.916	67.364	-67.364	268.981	-200.246	J지점
99	8019.371	-441.159	12365.210	7208.331	12737.290	-4967.960	68.301	-68.301	269.132	-200.190	I지점
99	8133.005	-426.192	12600.940	7344.336	12727.650	-4798.888	76.037	-76.037	259.857	-193.366	1/4지점
99	8220.954	-411.225	12791.080	7453.119	12678.850	-4629.796	79.223	-79.223	250.581	-186.541	2/4지점
99	8283.220	-396.257	12935.630	7534.679	12595.780	-4460.715	77.872	-77.872	241.305	-179.717	3/4지점
99	8319.800	-381.290	13034.590	7589.017	12477.370	-4291.644	71.994	-71.994	232.029	-172.892	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
100	8319.213	-381.143	13034.270	7588.453	12472.880	-4288.462	71.568	-71.568	232.117	-172.788	I지점
100	8316.214	-366.048	13080.600	7615.266	12353.070	-4119.289	79.365	-79.365	222.845	-165.961	1/4지점
100	8287.538	-350.954	13081.350	7614.864	12191.250	-3950.341	82.657	-82.657	213.574	-159.133	2/4지점
100	8233.187	-335.859	13036.520	7587.249	11992.560	-3781.180	81.457	-81.457	204.302	-152.306	3/4지점
100	8153.158	-320.764	12946.120	7532.419	11760.370	-3611.996	75.775	-75.775	195.031	-145.479	J지점
101	8150.736	-320.534	12942.920	7529.844	11751.740	-3607.821	74.004	-74.004	195.063	-145.334	I지점
101	8031.059	-305.358	12799.630	7447.772	11522.500	-3439.100	82.081	-82.081	185.798	-138.524	1/4지점
101	7885.703	-290.182	12610.770	7338.482	11249.650	-3270.210	85.701	-85.701	176.534	-131.714	2/4지점
101	7714.668	-275.005	12376.320	7201.976	10935.150	-3101.545	84.864	-84.864	167.269	-124.904	3/4지점
101	7517.953	-259.829	12096.290	7038.251	10587.550	-2932.830	79.594	-79.594	158.005	-118.094	J지점
102	7513.708	-259.522	12090.210	7033.596	10574.820	-2927.687	76.451	-76.451	157.990	-117.911	I지점
102	7276.417	-244.211	11755.620	6842.424	10231.670	-2759.199	85.270	-85.270	148.733	-111.109	1/4지점
102	7014.012	-228.900	11375.300	6624.034	9846.836	-2590.695	89.674	-89.674	139.475	-104.306	2/4지점
102	6727.057	-213.589	10949.080	6378.425	9416.599	-2422.342	89.673	-89.673	130.217	-97.504	3/4지점
102	6416.118	-198.278	10476.810	6105.596	8951.093	-2254.056	85.278	-85.278	120.959	-90.702	J지점
103	6410.420	-197.921	10468.370	6099.116	8935.076	-2248.315	80.853	-80.853	120.909	-90.493	I지점
103	6062.656	-182.531	9943.494	5800.480	8482.099	-2081.521	91.108	-91.108	111.684	-83.747	1/4지점
103	5691.475	-167.140	9372.402	5474.625	7986.337	-1914.705	96.990	-96.990	102.460	-77.000	2/4지점
103	5296.876	-151.750	8755.098	5121.552	7445.672	-1747.787	98.511	-98.511	93.236	-70.253	3/4지점
103	4878.860	-136.359	8091.581	4741.261	6863.482	-1580.998	95.682	-95.682	84.011	-63.507	J지점
104	4872.573	-135.998	8082.168	4733.849	6846.720	-1575.390	90.352	-90.352	83.945	-63.300	I지점
104	4517.422	-123.970	7523.079	4409.084	6386.966	-1441.870	98.324	-98.324	76.560	-57.891	1/4지점
104	4147.830	-111.943	6934.268	4066.902	5898.738	-1308.385	103.525	-103.525	69.175	-52.483	2/4지점
104	3764.338	-99.915	6315.583	3707.303	5380.577	-1174.868	105.961	-105.961	61.790	-47.074	3/4지점
104	3367.490	-87.887	5666.873	3330.287	4834.131	-1041.607	105.636	-105.636	54.405	-41.666	J지점
105	3361.165	-87.540	5657.299	3322.952	4817.859	-1036.409	99.674	-99.674	54.337	-41.473	I지점
105	2950.132	-75.864	4987.931	2927.049	4271.664	-902.133	105.839	-105.839	46.935	-36.034	1/4지점
105	2526.284	-64.188	4288.387	2513.729	3693.698	-768.036	109.255	-109.255	39.533	-30.594	2/4지점
105	2089.623	-52.512	3558.666	2082.992	3082.568	-633.936	109.928	-109.928	32.131	-25.155	3/4지점
105	1640.148	-40.835	2798.769	1634.838	2439.575	-499.840	107.864	-107.864	24.729	-19.715	J지점
106	1635.013	-40.563	2791.035	1628.286	2424.989	-495.440	97.053	-97.053	24.710	-19.546	I지점
106	1239.301	-30.441	2135.250	1239.367	1862.241	-372.016	77.824	-77.824	18.525	-14.677	1/4지점
106	835.106	-20.320	1457.798	838.804	1272.862	-248.644	56.772	-56.772	12.340	-9.808	2/4지점
106	422.514	-10.199	747.587	426.595	654.509	-125.219	33.900	-33.900	6.155	-4.938	3/4지점
106	1.612	-0.077	2.353	2.741	7.442	-4.015	9.211	-9.211	0.085	-0.069	J지점

[SHEAR FORCE]

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
1	-486.190	11.427	-883.930	-493.427	130.287	-841.428	48.531	-48.531	4.991	-7.045	I지점
1	-476.195	11.427	-841.597	-479.351	136.127	-810.631	46.583	-46.583	4.991	-7.045	1/4지점
1	-466.098	11.427	-799.263	-465.275	146.174	-781.287	44.632	-44.632	4.991	-7.045	2/4지점
1	-455.897	11.427	-767.913	-451.199	161.222	-753.456	42.677	-42.677	4.991	-7.045	3/4지점
1	-445.593	11.427	-743.525	-437.123	178.173	-727.497	40.719	-40.719	4.991	-7.045	J지점
2	-441.392	11.888	-747.669	-441.808	161.725	-732.673	4.785	-4.785	5.390	-7.234	I지점
2	-429.027	11.888	-718.550	-425.001	180.018	-702.293	3.440	-3.440	5.390	-7.234	1/4지점
2	-416.662	11.888	-689.431	-408.194	199.454	-673.118	5.787	-5.787	5.390	-7.234	2/4지점
2	-404.297	11.888	-660.313	-391.387	219.573	-645.711	8.140	-8.140	5.390	-7.234	3/4지점
2	-391.933	11.888	-631.194	-374.580	239.828	-620.318	10.497	-10.497	5.390	-7.234	J지점
3	-383.787	11.787	-630.198	-374.922	187.893	-661.637	5.555	-5.555	5.420	-7.249	I지점
3	-371.160	11.787	-601.152	-358.115	205.357	-634.485	7.917	-7.917	5.420	-7.249	1/4지점
3	-358.010	11.787	-572.252	-341.309	224.179	-608.170	10.284	-10.284	5.420	-7.249	2/4지점
3	-344.336	11.787	-543.498	-324.502	243.834	-583.033	12.656	-12.656	5.420	-7.249	3/4지점
3	-330.138	11.787	-514.890	-307.695	263.834	-559.563	15.033	-15.033	5.420	-7.249	J지점
4	-321.959	11.679	-513.859	-307.455	200.276	-608.536	3.237	-3.237	5.399	-7.239	I지점
4	-303.885	11.679	-478.191	-286.447	221.096	-576.865	4.808	-4.808	5.399	-7.239	1/4지점
4	-285.810	11.679	-442.522	-265.438	244.026	-545.838	7.794	-7.794	5.399	-7.239	2/4지점
4	-267.736	11.679	-406.854	-244.430	268.369	-516.536	10.787	-10.787	5.399	-7.239	3/4지점
4	-249.662	11.679	-371.185	-223.422	293.310	-489.485	13.787	-13.787	5.399	-7.239	J지점
5	-242.119	11.680	-370.930	-222.963	223.568	-543.216	5.051	-5.051	5.366	-7.220	I지점
5	-223.826	11.680	-335.322	-201.955	244.906	-512.724	1.771	-1.771	5.366	-7.220	1/4지점
5	-205.096	11.680	-299.836	-180.947	268.364	-482.930	4.787	-4.787	5.366	-7.220	2/4지점
5	-185.930	11.680	-264.472	-159.938	293.226	-454.636	7.810	-7.810	5.366	-7.220	3/4지점
5	-166.327	11.680	-229.229	-138.930	318.701	-428.603	10.842	-10.842	5.366	-7.220	J지점
6	-158.501	11.664	-228.537	-138.546	254.568	-482.296	5.957	-5.957	5.349	-7.204	I지점
6	-138.680	11.664	-193.355	-117.537	276.652	-452.696	2.393	-2.393	5.349	-7.204	1/4지점
6	-118.859	11.664	-158.173	-96.529	300.857	-423.962	3.251	-3.251	5.349	-7.204	2/4지점
6	-99.037	11.664	-122.991	-75.521	326.497	-396.655	6.305	-6.305	5.349	-7.204	3/4지점
6	-79.216	11.664	-87.809	-54.512	352.787	-371.483	9.366	-9.366	5.349	-7.204	J지점
7	-70.624	11.585	-85.994	-53.777	292.562	-426.119	6.812	-6.812	5.319	-7.170	I지점
7	-50.803	11.585	-50.812	-32.769	315.430	-397.623	3.216	-3.216	5.319	-7.170	1/4지점
7	-30.982	11.585	-15.630	-11.761	340.427	-369.778	1.550	-1.550	5.319	-7.170	2/4지점
7	-11.160	11.585	19.553	9.247	366.845	-343.419	4.634	-4.634	5.319	-7.170	3/4지점
7	8.661	11.585	54.735	30.256	393.927	-319.223	7.725	-7.725	5.319	-7.170	J지점
8	17.283	11.478	56.533	31.000	335.547	-375.263	7.449	-7.449	5.288	-7.124	I지점
8	37.106	11.478	91.718	52.010	359.280	-347.712	3.819	-3.819	5.288	-7.124	1/4지점
8	56.928	11.478	126.903	73.020	385.124	-320.791	0.181	-0.181	5.288	-7.124	2/4지점
8	76.751	11.478	162.088	94.030	412.404	-295.289	3.465	-3.465	5.288	-7.124	3/4지점
8	96.574	11.478	197.273	115.040	440.394	-271.840	7.119	-7.119	5.288	-7.124	J지점
9	103.839	11.403	196.848	115.201	383.321	-330.415	7.461	-7.461	5.256	-7.085	I지점
9	123.447	11.403	232.101	136.215	407.868	-303.660	3.795	-3.795	5.256	-7.085	1/4지점
9	142.619	11.403	267.476	157.230	434.578	-277.581	0.122	-0.122	5.256	-7.085	2/4지점
9	161.354	11.403	302.973	178.244	462.766	-252.887	3.563	-3.563	5.256	-7.085	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
9	179.652	11.403	338.591	199.259	491.678	-230.292	7.253	-7.253	5.256	-7.085	J지점
10	185.811	11.385	336.419	198.763	434.893	-291.944	7.476	-7.476	5.239	-7.067	I지점
10	203.889	11.385	372.095	219.775	460.269	-265.895	3.773	-3.773	5.239	-7.067	1/4지점
10	221.967	11.385	407.771	240.788	487.857	-240.501	0.062	-0.062	5.239	-7.067	2/4지점
10	240.045	11.385	443.447	261.801	516.955	-216.461	3.657	-3.657	5.239	-7.067	3/4지점
10	258.123	11.385	479.123	282.813	546.749	-194.522	7.384	-7.384	5.239	-7.067	J지점
11	263.054	11.490	475.136	281.523	492.984	-257.328	6.632	-6.632	5.240	-7.106	I지점
11	280.843	11.490	510.884	302.543	519.198	-232.146	3.008	-3.008	5.240	-7.106	1/4지점
11	298.041	11.490	546.754	323.562	547.679	-207.463	0.859	-0.859	5.240	-7.106	2/4지점
11	314.648	11.490	582.746	344.582	577.726	-184.279	4.617	-4.617	5.240	-7.106	3/4지점
11	330.664	11.490	618.859	365.601	608.446	-163.129	8.383	-8.383	5.240	-7.106	J지점
12	335.483	11.732	614.948	363.898	557.010	-227.670	5.077	-5.077	5.271	-7.215	I지점
12	351.235	11.732	651.156	384.920	584.086	-203.299	1.788	-1.788	5.271	-7.215	1/4지점
12	367.046	11.732	687.424	405.941	613.389	-179.502	3.001	-3.001	5.271	-7.215	2/4지점
12	382.917	11.732	723.754	426.962	644.081	-157.171	6.798	-6.798	5.271	-7.215	3/4지점
12	398.847	11.732	760.144	447.984	675.273	-137.276	10.603	-10.603	5.271	-7.215	J지점
13	403.510	12.428	757.129	446.606	626.054	-201.757	5.253	-5.253	5.395	-7.435	I지점
13	419.686	12.428	793.547	467.626	654.013	-178.126	1.914	-1.914	5.395	-7.435	1/4지점
13	436.298	12.428	829.965	488.646	683.964	-155.456	4.820	-4.820	5.395	-7.435	2/4지점
13	453.347	12.428	866.383	509.666	715.090	-134.320	8.655	-8.655	5.395	-7.435	3/4지점
13	470.831	12.428	902.801	530.686	746.420	-115.788	12.499	-12.499	5.395	-7.435	J지점
14	476.770	13.894	904.145	531.166	705.162	-179.651	6.271	-6.271	5.639	-7.890	I지점
14	494.864	13.894	940.603	552.191	733.703	-157.340	4.188	-4.188	5.639	-7.890	1/4지점
14	513.731	13.894	977.121	573.216	763.901	-136.050	8.056	-8.056	5.639	-7.890	2/4지점
14	533.371	13.894	1013.700	594.241	794.847	-116.769	11.932	-11.932	5.639	-7.890	3/4지점
14	553.785	13.894	1050.340	615.266	825.801	-100.057	15.816	-15.816	5.639	-7.890	J지점
15	577.161	13.100	1073.589	624.896	793.258	-165.193	10.636	-10.636	6.175	-8.871	I지점
15	598.687	24.809	1110.267	645.926	821.980	-143.875	7.187	-7.187	6.175	-8.871	1/4지점
15	621.657	41.215	1146.944	666.955	851.909	-123.946	10.554	-10.554	6.175	-8.871	2/4지점
15	646.071	62.317	1183.622	687.984	882.472	-105.780	14.470	-14.470	6.175	-8.871	3/4지점
15	671.928	88.116	1220.300	709.014	913.228	-89.959	18.394	-18.394	6.175	-8.871	J지점
16	709.439	87.073	1274.675	744.399	940.508	-143.885	25.470	-25.470	8.026	-12.068	I지점
16	736.819	116.162	1311.167	765.427	969.784	-124.618	29.410	-29.410	8.026	-12.068	1/4지점
16	765.803	147.138	1347.295	786.454	1000.512	-106.359	33.358	-33.358	8.026	-12.068	2/4지점
16	796.393	180.002	1383.057	807.482	1032.268	-89.422	37.314	-37.314	8.026	-12.068	3/4지점
16	828.587	214.753	1418.455	828.510	1064.609	-78.361	41.278	-41.278	8.026	-12.068	J지점
17	902.956	220.030	1548.380	901.146	1202.173	-165.744	135.861	-135.861	12.147	-19.006	I지점
17	936.056	256.423	1583.606	922.181	1233.987	-154.869	139.427	-139.427	12.147	-19.006	1/4지점
17	969.343	294.189	1618.831	943.215	1267.432	-144.621	143.001	-143.001	12.147	-19.006	2/4지점
17	1002.815	333.328	1654.057	964.249	1302.062	-135.093	146.583	-146.583	12.147	-19.006	3/4지점
17	1036.474	373.841	1689.282	985.283	1337.345	-127.160	150.173	-150.173	12.147	-19.006	J지점
18	-868.128	-472.312	-1533.778	-905.159	192.102	-1357.053	217.767	-217.767	24.517	-19.275	I지점
18	-841.221	-439.660	-1505.596	-888.331	193.193	-1328.504	214.872	-214.872	24.517	-19.275	1/4지점
18	-814.504	-407.627	-1477.415	-871.503	201.402	-1300.053	211.978	-211.978	24.517	-19.275	2/4지점
18	-787.979	-376.211	-1449.234	-854.675	210.540	-1272.041	209.083	-209.083	24.517	-19.275	3/4지점
18	-761.645	-345.413	-1421.052	-837.847	220.465	-1244.840	206.188	-206.188	24.517	-19.275	J지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
19	-696.018	-336.647	-1324.333	-766.603	146.242	-1105.638	60.448	-60.448	17.408	-14.803	I지점
19	-664.134	-299.270	-1288.988	-745.571	155.450	-1072.348	56.423	-56.423	17.408	-14.803	1/4지점
19	-634.073	-263.352	-1253.400	-724.538	169.860	-1039.279	52.397	-52.397	17.408	-14.803	2/4지점
19	-605.834	-228.894	-1217.569	-703.506	188.441	-1007.077	48.372	-48.372	17.408	-14.803	3/4지점
19	-579.417	-195.894	-1181.494	-682.473	208.150	-976.417	44.625	-44.625	17.408	-14.803	J지점
20	-551.222	-193.397	-1122.842	-643.839	149.782	-929.240	23.255	-23.255	13.081	-12.142	I지점
20	-526.416	-161.848	-1086.606	-622.802	165.703	-897.091	19.222	-19.222	13.081	-12.142	1/4지점
20	-503.021	-131.759	-1050.310	-601.764	183.997	-865.116	15.188	-15.188	13.081	-12.142	2/4지점
20	-481.037	-103.130	-1013.953	-580.727	204.097	-834.001	11.154	-11.154	13.081	-12.142	3/4지점
20	-460.464	-75.959	-977.534	-559.689	225.353	-804.443	7.120	-7.120	13.081	-12.142	J지점
21	-452.247	-71.667	-944.457	-547.319	165.105	-823.729	14.558	-14.558	11.836	-11.341	I지점
21	-432.632	-47.357	-908.002	-526.278	182.058	-792.667	10.516	-10.516	11.836	-11.341	1/4지점
21	-413.531	-27.317	-871.547	-505.237	201.343	-761.810	6.474	-6.474	11.836	-11.341	2/4지점
21	-394.944	-11.546	-835.093	-484.196	222.454	-731.781	3.014	-3.014	11.836	-11.341	3/4지점
21	-376.870	-0.044	-798.638	-463.155	244.719	-703.300	6.707	-6.707	11.836	-11.341	J지점
22	-360.143	4.545	-791.778	-459.089	181.572	-742.140	11.948	-11.948	11.422	-11.068	I지점
22	-342.368	4.545	-755.323	-438.048	200.055	-711.266	7.898	-7.898	11.422	-11.068	1/4지점
22	-324.678	4.545	-718.868	-417.006	220.826	-680.717	3.849	-3.849	11.422	-11.068	2/4지점
22	-307.074	4.545	-682.412	-395.965	243.280	-651.273	2.767	-2.767	11.422	-11.068	3/4지점
22	-289.555	4.545	-645.957	-374.924	266.662	-623.636	6.484	-6.484	11.422	-11.068	J지점
23	-280.101	2.232	-643.395	-374.195	200.640	-670.419	10.128	-10.128	11.094	-10.900	I지점
23	-263.008	2.232	-606.937	-353.152	220.505	-639.636	6.072	-6.072	11.094	-10.900	1/4지점
23	-246.685	2.232	-570.480	-332.109	242.760	-609.220	2.015	-2.015	11.094	-10.900	2/4지점
23	-231.130	2.232	-534.022	-311.066	266.743	-579.981	2.876	-2.876	11.094	-10.900	3/4지점
23	-216.345	2.232	-497.564	-290.023	291.619	-552.725	6.614	-6.614	11.094	-10.900	J지점
24	-209.972	0.819	-499.434	-290.640	224.366	-606.705	9.436	-9.436	10.977	-10.856	I지점
24	-195.630	0.819	-462.978	-269.598	245.514	-576.014	5.373	-5.373	10.977	-10.856	1/4지점
24	-181.403	0.819	-426.521	-248.556	269.136	-545.742	1.310	-1.310	10.977	-10.856	2/4지점
24	-167.292	0.819	-390.065	-227.514	294.397	-516.848	2.916	-2.916	10.977	-10.856	3/4지점
24	-153.296	0.819	-353.609	-206.472	320.374	-490.185	6.815	-6.815	10.977	-10.856	J지점
25	-147.690	0.198	-356.308	-207.545	255.568	-547.342	8.734	-8.734	10.906	-10.844	I지점
25	-133.751	0.198	-319.850	-186.502	277.944	-516.979	4.665	-4.665	10.906	-10.844	1/4지점
25	-119.812	0.198	-283.392	-165.459	302.741	-487.171	0.596	-0.596	10.906	-10.844	2/4지점
25	-105.873	0.198	-246.934	-144.416	329.131	-458.853	3.473	-3.473	10.906	-10.844	3/4지점
25	-91.935	0.198	-210.476	-123.373	356.159	-432.873	7.541	-7.541	10.906	-10.844	J지점
26	-86.311	-0.039	-212.660	-123.764	292.162	-492.086	8.467	-8.467	10.883	-10.843	I지점
26	-72.367	-0.039	-176.191	-102.714	315.527	-462.404	4.391	-4.391	10.883	-10.843	1/4지점
26	-58.424	-0.039	-139.721	-81.665	341.310	-433.329	0.315	-0.315	10.883	-10.843	2/4지점
26	-44.481	-0.039	-103.251	-60.615	368.651	-405.781	3.760	-3.760	10.883	-10.843	3/4지점
26	-30.538	-0.039	-66.782	-39.565	396.615	-380.604	7.836	-7.836	10.883	-10.843	J지점
27	-24.863	-0.144	-68.678	-39.589	333.875	-441.625	8.447	-8.447	10.877	-10.845	I지점
27	-10.920	-0.144	-32.209	-18.539	358.140	-412.755	4.366	-4.366	10.877	-10.845	1/4지점
27	3.023	-0.144	4.260	2.510	384.812	-384.500	0.285	-0.285	10.877	-10.845	2/4지점
27	16.965	-0.144	40.729	23.559	413.019	-357.792	3.932	-3.932	10.877	-10.845	3/4지점
27	30.908	-0.144	77.198	44.608	441.855	-333.477	7.877	-7.877	10.877	-10.845	J지점
28	36.552	-0.258	75.189	44.573	380.788	-396.196	8.385	-8.385	10.876	-10.853	I지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
28	50.492	-0.258	111.653	65.620	405.915	-368.196	4.300	-4.300	10.876	-10.853	1/4지점
28	64.433	-0.258	148.117	86.666	433.417	-340.817	0.404	-0.404	10.876	-10.853	2/4지점
28	78.374	-0.258	184.580	107.712	462.446	-314.995	4.233	-4.233	10.876	-10.853	3/4지점
28	92.315	-0.258	221.044	128.758	492.084	-291.586	8.062	-8.062	10.876	-10.853	J지점
29	98.033	-0.468	219.102	128.433	432.956	-355.502	7.982	-7.982	10.879	-10.877	I지점
29	111.978	-0.468	255.578	149.487	458.914	-328.420	3.891	-3.891	10.879	-10.877	1/4지점
29	125.924	-0.468	292.054	170.540	487.204	-301.985	1.219	-1.219	10.879	-10.877	2/4지점
29	139.869	-0.468	328.530	191.593	516.997	-277.131	5.063	-5.063	10.879	-10.877	3/4지점
29	153.815	-0.468	365.006	212.647	547.338	-254.711	8.908	-8.908	10.879	-10.877	J지점
30	159.428	-1.113	362.121	211.586	490.218	-319.644	6.978	-6.978	10.896	-10.967	I지점
30	173.429	-1.113	398.590	232.635	516.853	-293.626	2.884	-2.884	10.896	-10.967	1/4지점
30	187.545	-1.113	435.059	253.684	545.715	-268.316	2.523	-2.523	10.896	-10.967	2/4지점
30	201.777	-1.113	471.528	274.734	575.962	-244.656	6.380	-6.380	10.896	-10.967	3/4지점
30	216.124	-1.113	507.997	295.783	606.626	-223.455	10.237	-10.237	10.896	-10.967	J지점
31	222.646	-2.503	506.194	295.255	552.879	-290.237	5.758	-5.758	10.955	-11.111	I지점
31	237.440	-2.503	542.674	316.311	580.116	-265.321	1.659	-1.659	10.955	-11.111	1/4지점
31	253.003	-2.503	579.153	337.366	609.354	-241.305	3.959	-3.959	10.955	-11.111	2/4지점
31	269.336	-2.503	615.632	358.421	639.752	-219.011	7.828	-7.828	10.955	-11.111	3/4지점
31	286.439	-2.503	652.112	379.476	670.539	-199.126	11.697	-11.697	10.955	-11.111	J지점
32	296.140	-4.852	654.706	379.981	624.264	-263.643	2.734	-2.734	11.153	-11.500	I지점
32	313.670	-4.852	691.184	401.036	652.130	-240.138	2.843	-2.843	11.153	-11.500	1/4지점
32	331.285	-4.852	727.662	422.090	681.837	-217.605	6.722	-6.722	11.153	-11.500	2/4지점
32	348.986	-4.852	764.141	443.145	712.583	-196.789	10.601	-10.601	11.153	-11.500	3/4지점
32	366.772	-4.852	800.619	464.200	743.671	-178.346	14.480	-14.480	11.153	-11.500	J지점
33	384.351	-0.249	807.508	467.116	702.353	-242.356	1.121	-1.121	11.506	-12.069	I지점
33	402.437	11.260	843.987	488.171	731.318	-219.674	5.009	-5.009	11.506	-12.069	1/4지점
33	421.037	27.041	880.466	509.226	761.885	-198.182	8.897	-8.897	11.506	-12.069	2/4지점
33	440.151	47.095	916.945	530.281	793.244	-178.637	12.848	-12.848	11.506	-12.069	3/4지점
33	459.778	71.422	953.424	551.336	824.741	-161.545	16.952	-16.952	11.506	-12.069	J지점
34	466.543	76.229	986.829	559.283	798.775	-226.146	7.948	-7.948	12.474	-13.661	I지점
34	487.131	103.420	1023.275	580.337	828.919	-204.160	12.054	-12.054	12.474	-13.661	1/4지점
34	509.132	132.071	1059.660	601.390	860.734	-183.323	16.161	-16.161	12.474	-13.661	2/4지점
34	532.545	162.183	1095.984	622.444	893.419	-164.427	20.267	-20.267	12.474	-13.661	3/4지점
34	557.369	193.755	1132.247	643.497	926.218	-148.067	24.373	-24.373	12.474	-13.661	J지점
35	574.182	196.329	1175.326	665.472	954.989	-211.613	36.194	-36.194	15.398	-18.686	I지점
35	600.629	229.367	1211.443	686.529	986.541	-190.939	40.302	-40.302	15.398	-18.686	1/4지점
35	628.901	263.866	1247.315	707.586	1019.753	-171.443	44.411	-44.411	15.398	-18.686	2/4지점
35	658.997	299.825	1282.945	728.643	1053.820	-154.928	48.520	-48.520	15.398	-18.686	3/4지점
35	690.917	337.246	1318.330	749.700	1087.928	-146.334	52.629	-52.629	15.398	-18.686	J지점
36	731.529	349.585	1347.481	795.601	1219.304	-271.538	138.228	-138.228	21.415	-28.789	I지점
36	757.892	380.417	1375.694	812.448	1247.495	-260.018	141.353	-141.353	21.415	-28.789	1/4지점
36	784.447	411.868	1403.907	829.294	1276.686	-249.401	144.478	-144.478	21.415	-28.789	2/4지점
36	811.193	443.937	1432.120	846.141	1306.359	-241.396	147.602	-147.602	21.415	-28.789	3/4지점
36	838.130	476.625	1460.332	862.988	1336.044	-240.911	150.727	-150.727	21.415	-28.789	J지점
37	-1030.971	-378.213	-1675.629	-962.462	129.514	-1323.708	145.758	-145.758	22.868	-14.479	I지점
37	-997.272	-337.652	-1640.362	-941.403	136.437	-1286.266	141.854	-141.854	22.868	-14.479	1/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
37	-963.760	-298.466	-1605.095	-920.344	147.799	-1249.607	137.958	-137.958	22.868	-14.479	2/4지점
37	-930.434	-260.655	-1569.828	-899.285	160.084	-1214.474	134.071	-134.071	22.868	-14.479	3/4지점
37	-897.295	-224.219	-1534.561	-878.226	172.944	-1181.444	130.193	-130.193	22.868	-14.479	J지점
38	-867.797	-212.926	-1487.037	-827.237	72.815	-1049.849	37.506	-37.506	12.239	-8.226	I지점
38	-835.556	-178.124	-1451.588	-806.178	89.309	-1015.846	33.430	-33.430	12.239	-8.226	1/4지점
38	-804.922	-145.213	-1415.774	-785.120	108.060	-982.340	29.363	-29.363	12.239	-8.226	2/4지점
38	-775.896	-114.192	-1379.594	-764.062	128.510	-949.973	25.304	-25.304	12.239	-8.226	3/4지점
38	-748.477	-85.061	-1343.048	-743.003	150.086	-919.375	21.253	-21.253	12.239	-8.226	J지점
39	-682.225	-89.088	-1230.308	-707.559	89.967	-909.563	20.774	-20.774	9.690	-6.694	I지점
39	-656.333	-63.255	-1193.581	-686.501	106.634	-877.734	16.731	-16.731	9.690	-6.694	1/4지점
39	-631.887	-42.124	-1156.854	-665.443	125.861	-845.934	12.696	-12.696	9.690	-6.694	2/4지점
39	-608.886	-25.696	-1120.126	-644.385	147.289	-814.721	8.669	-8.669	9.690	-6.694	3/4지점
39	-587.330	-13.971	-1083.399	-623.327	170.280	-784.822	4.650	-4.650	9.690	-6.694	J지점
40	-514.865	-17.719	-978.062	-607.686	102.503	-822.178	19.019	-19.019	9.193	-6.380	I지점
40	-494.417	-17.719	-941.361	-586.625	119.478	-790.736	15.008	-15.008	9.193	-6.380	1/4지점
40	-474.744	-17.719	-904.720	-565.565	139.183	-759.137	11.005	-11.005	9.193	-6.380	2/4지점
40	-455.845	-17.719	-868.140	-544.504	160.976	-728.273	7.010	-7.010	9.193	-6.380	3/4지점
40	-437.721	-17.719	-831.621	-523.444	183.955	-699.055	3.022	-3.022	9.193	-6.380	J지점
41	-448.207	-14.449	-862.709	-524.376	122.025	-739.865	13.565	-13.565	8.427	-5.944	I지점
41	-430.685	-14.449	-826.215	-503.312	140.973	-708.479	9.585	-9.585	8.427	-5.944	1/4지점
41	-413.601	-14.449	-789.720	-482.248	162.390	-677.367	5.613	-5.613	8.427	-5.944	2/4지점
41	-396.954	-14.449	-753.225	-461.184	185.536	-647.419	1.650	-1.650	8.427	-5.944	3/4지점
41	-380.743	-14.449	-716.731	-440.120	209.546	-619.449	2.305	-2.305	8.427	-5.944	J지점
42	-384.095	-12.804	-735.451	-442.076	142.837	-668.276	10.882	-10.882	7.915	-5.645	I지점
42	-368.136	-12.804	-698.995	-421.017	163.136	-637.093	7.095	-7.095	7.915	-5.645	1/4지점
42	-352.237	-12.804	-662.600	-399.958	185.764	-606.420	3.377	-3.377	7.915	-5.645	2/4지점
42	-336.397	-12.804	-626.267	-378.898	209.933	-577.162	0.930	-0.930	7.915	-5.645	3/4지점
42	-320.617	-12.804	-589.994	-357.839	234.749	-550.096	4.850	-4.850	7.915	-5.645	J지점
43	-320.617	-11.998	-602.463	-363.263	165.994	-603.597	8.554	-8.554	7.408	-5.408	I지점
43	-304.568	-11.998	-566.277	-342.201	187.341	-572.812	4.864	-4.864	7.408	-5.408	1/4지점
43	-287.928	-11.998	-530.212	-321.139	210.890	-542.720	1.184	-1.184	7.408	-5.408	2/4지점
43	-270.695	-11.998	-494.269	-300.076	235.833	-514.200	3.330	-3.330	7.408	-5.408	3/4지점
43	-252.870	-11.998	-458.448	-279.014	261.359	-487.946	7.218	-7.218	7.408	-5.408	J지점
44	-250.061	-11.567	-465.872	-282.313	195.076	-542.891	7.079	-7.079	7.138	-5.290	I지점
44	-231.941	-11.567	-430.113	-261.251	217.183	-512.973	3.431	-3.431	7.138	-5.290	1/4지점
44	-213.821	-11.567	-394.353	-240.189	241.457	-483.777	0.703	-0.703	7.138	-5.290	2/4지점
44	-195.701	-11.567	-358.594	-219.128	267.161	-456.089	4.564	-4.564	7.138	-5.290	3/4지점
44	-177.580	-11.567	-322.835	-198.066	293.490	-430.632	8.417	-8.417	7.138	-5.290	J지점
45	-172.446	-11.404	-326.506	-198.387	230.005	-487.511	6.830	-6.830	7.094	-5.270	I지점
45	-154.107	-11.404	-290.807	-177.325	252.840	-458.408	3.013	-3.013	7.094	-5.270	1/4지점
45	-135.330	-11.404	-255.230	-156.264	277.813	-430.092	0.847	-0.847	7.094	-5.270	2/4지점
45	-116.115	-11.404	-219.776	-135.202	304.195	-403.266	4.673	-4.673	7.094	-5.270	3/4지점
45	-96.462	-11.404	-184.443	-114.140	331.240	-378.606	8.491	-8.491	7.094	-5.270	J지점
46	-92.605	-11.259	-190.068	-114.616	270.180	-436.539	6.805	-6.805	7.069	-5.263	I지점
46	-72.731	-11.259	-154.793	-93.552	293.821	-408.321	2.997	-2.997	7.069	-5.263	1/4지점
46	-52.858	-11.259	-119.518	-72.488	319.586	-380.831	0.804	-0.804	7.069	-5.263	2/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
46	-32.984	-11.259	-84.243	-51.424	346.804	-354.821	4.596	-4.596	7.069	-5.263	3/4지점
46	-13.111	-11.259	-48.968	-30.361	374.726	-330.955	8.381	-8.381	7.069	-5.263	J지점
47	-9.217	-11.157	-54.507	-30.596	315.775	-390.472	6.779	-6.779	7.071	-5.260	I지점
47	10.655	-11.157	-19.234	-9.534	340.241	-363.127	3.005	-3.005	7.071	-5.260	1/4지점
47	30.527	-11.157	16.038	11.528	366.856	-336.471	0.760	-0.760	7.071	-5.260	2/4지점
47	50.399	-11.157	51.310	32.590	394.947	-311.251	4.517	-4.517	7.071	-5.260	3/4지점
47	70.271	-11.157	86.583	53.653	423.774	-288.173	8.266	-8.266	7.071	-5.260	J지점
48	74.110	-11.094	80.841	53.636	366.950	-349.767	6.938	-6.938	7.077	-5.273	I지점
48	93.983	-11.094	116.115	74.700	392.341	-323.168	3.201	-3.201	7.077	-5.273	1/4지점
48	113.857	-11.094	151.390	95.763	419.892	-297.284	0.674	-0.674	7.077	-5.273	2/4지점
48	133.730	-11.094	186.665	116.827	448.950	-272.831	4.250	-4.250	7.077	-5.273	3/4지점
48	153.604	-11.094	221.940	137.890	478.787	-250.530	7.963	-7.963	7.077	-5.273	J지점
49	156.643	-10.989	214.912	137.716	423.634	-315.389	7.224	-7.224	7.083	-5.280	I지점
49	176.298	-10.989	250.249	158.780	449.933	-289.641	3.521	-3.521	7.083	-5.280	1/4지점
49	195.515	-10.989	285.707	179.844	478.462	-264.516	0.173	-0.173	7.083	-5.280	2/4지점
49	214.294	-10.989	321.287	200.908	508.557	-240.859	3.859	-3.859	7.083	-5.280	3/4지점
49	232.635	-10.989	356.990	221.972	539.433	-219.277	7.536	-7.536	7.083	-5.280	J지점
50	236.982	-10.926	351.940	223.081	486.651	-289.264	7.851	-7.851	7.109	-5.323	I지점
50	255.104	-10.926	387.703	244.145	513.995	-264.140	4.463	-4.463	7.109	-5.323	1/4지점
50	273.227	-10.926	423.466	265.209	543.646	-239.628	1.084	-1.084	7.109	-5.323	2/4지점
50	291.349	-10.926	459.229	286.273	574.898	-216.580	3.186	-3.186	7.109	-5.323	3/4지점
50	309.471	-10.926	494.992	307.337	606.981	-195.644	6.827	-6.827	7.109	-5.323	J지점
51	320.363	-11.205	499.885	306.391	557.407	-258.168	7.370	-7.370	7.103	-5.312	I지점
51	334.597	-11.205	528.567	323.241	581.147	-238.086	4.695	-4.695	7.103	-5.312	1/4지점
51	348.306	-11.205	557.395	340.092	606.568	-218.407	2.025	-2.025	7.103	-5.312	2/4지점
51	361.490	-11.205	586.369	356.942	633.210	-199.536	2.818	-2.818	7.103	-5.312	3/4지점
51	374.150	-11.205	615.489	373.792	660.553	-182.064	5.706	-5.706	7.103	-5.312	J지점
52	387.717	-11.551	624.830	372.349	616.877	-232.303	5.722	-5.722	7.087	-5.282	I지점
52	400.112	-11.551	654.021	389.198	643.259	-211.551	3.079	-3.079	7.087	-5.282	1/4지점
52	412.508	-11.551	683.212	406.046	671.629	-191.050	2.639	-2.639	7.087	-5.282	2/4지점
52	424.903	-11.551	712.404	422.895	701.488	-171.491	5.509	-5.509	7.087	-5.282	3/4지점
52	437.299	-11.551	741.595	439.744	732.262	-153.425	8.373	-8.373	7.087	-5.282	J지점
53	439.539	-10.860	727.145	428.279	692.408	-179.162	23.482	-23.482	6.927	-4.775	I지점
53	449.625	-10.860	751.017	442.058	719.915	-159.745	25.621	-25.621	6.927	-4.775	1/4지점
53	459.611	-10.860	782.758	455.836	749.676	-140.433	27.757	-27.757	6.927	-4.775	2/4지점
53	469.495	-10.860	824.197	469.615	781.375	-128.610	29.889	-29.889	6.927	-4.775	3/4지점
53	479.278	-10.860	865.636	483.393	814.631	-123.861	32.018	-32.018	6.927	-4.775	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
54	-490.218	12.005	-889.169	-501.579	154.060	-881.602	56.909	-56.909	5.684	-7.375	I지점
54	-480.223	12.005	-846.836	-487.503	154.626	-852.701	54.714	-54.714	5.684	-7.375	1/4지점
54	-470.126	12.005	-804.502	-473.427	166.384	-824.959	52.517	-52.517	5.684	-7.375	2/4지점
54	-459.925	12.005	-773.152	-459.351	181.710	-798.843	50.315	-50.315	5.684	-7.375	3/4지점
54	-449.621	12.005	-748.765	-445.275	196.994	-774.391	48.109	-48.109	5.684	-7.375	J지점
55	-439.042	11.544	-744.636	-440.599	166.619	-743.373	6.925	-6.925	5.286	-7.187	I지점
55	-426.678	11.544	-715.518	-423.792	183.495	-715.016	4.061	-4.061	5.286	-7.187	1/4지점
55	-414.313	11.544	-686.399	-406.986	201.413	-687.875	1.192	-1.192	5.286	-7.187	2/4지점
55	-401.948	11.544	-657.280	-390.179	219.987	-662.096	1.682	-1.682	5.286	-7.187	3/4지점
55	-389.583	11.544	-628.161	-373.372	238.627	-638.368	4.561	-4.561	5.286	-7.187	J지점
56	-382.940	11.645	-629.157	-373.030	191.306	-667.771	2.591	-2.591	5.256	-7.172	I지점
56	-370.314	11.645	-600.111	-356.223	207.369	-642.771	2.002	-2.002	5.256	-7.172	1/4지점
56	-357.163	11.645	-571.212	-339.416	224.723	-618.217	4.668	-4.668	5.256	-7.172	2/4지점
56	-343.489	11.645	-542.458	-322.609	242.823	-594.899	7.339	-7.339	5.256	-7.172	3/4지점
56	-329.292	11.645	-513.849	-305.802	261.198	-573.017	10.016	-10.016	5.256	-7.172	J지점
57	-322.682	11.754	-514.880	-306.042	204.762	-613.039	4.526	-4.526	5.276	-7.182	I지점
57	-304.608	11.754	-479.212	-285.034	224.114	-583.478	0.894	-0.894	5.276	-7.182	1/4지점
57	-286.534	11.754	-443.543	-264.025	245.420	-554.661	3.529	-3.529	5.276	-7.182	2/4지점
57	-268.459	11.754	-407.875	-243.017	267.998	-527.229	6.900	-6.900	5.276	-7.182	3/4지점
57	-250.385	11.754	-372.206	-222.009	291.060	-502.006	10.278	-10.278	5.276	-7.182	J지점
58	-243.140	11.753	-372.461	-222.467	229.659	-547.892	5.808	-5.808	5.310	-7.200	I지점
58	-224.847	11.753	-336.854	-201.459	249.466	-519.451	2.145	-2.145	5.310	-7.200	1/4지점
58	-206.118	11.753	-301.368	-180.450	271.235	-491.752	2.038	-2.038	5.310	-7.200	2/4지점
58	-186.952	11.753	-266.003	-159.442	294.264	-465.393	5.443	-5.443	5.310	-7.200	3/4지점
58	-167.349	11.753	-230.760	-138.434	317.810	-441.085	8.895	-8.895	5.310	-7.200	J지점
59	-160.387	11.768	-231.451	-138.818	262.355	-486.365	6.183	-6.183	5.327	-7.217	I지점
59	-140.565	11.768	-196.269	-117.810	282.871	-459.009	2.487	-2.487	5.327	-7.217	1/4지점
59	-120.744	11.768	-161.087	-96.801	305.337	-432.171	2.033	-2.033	5.327	-7.217	2/4지점
59	-100.923	11.768	-125.905	-75.793	329.071	-406.782	5.472	-5.472	5.327	-7.217	3/4지점
59	-81.102	11.768	-90.723	-54.785	353.367	-383.311	8.919	-8.919	5.327	-7.217	J지점
60	-74.988	11.853	-92.671	-55.551	301.948	-431.148	6.656	-6.656	5.356	-7.247	I지점
60	-55.168	11.853	-57.490	-34.543	323.155	-404.647	2.928	-2.928	5.356	-7.247	1/4지점
60	-35.347	11.853	-22.309	-13.535	346.306	-378.812	1.452	-1.452	5.356	-7.247	2/4지점
60	-15.527	11.853	12.872	7.472	370.744	-354.259	4.924	-4.924	5.356	-7.247	3/4지점
60	4.294	11.853	48.053	28.480	395.742	-331.628	8.405	-8.405	5.356	-7.247	J지점
61	10.280	11.969	45.974	27.653	346.266	-381.290	7.016	-7.016	5.389	-7.288	I지점
61	30.112	11.969	81.176	48.673	368.226	-355.654	3.252	-3.252	5.389	-7.288	1/4지점
61	49.945	11.969	116.378	69.693	392.141	-330.602	0.790	-0.790	5.389	-7.288	2/4지점
61	69.777	11.969	151.580	90.713	417.364	-306.775	4.298	-4.298	5.389	-7.288	3/4지점
61	89.610	11.969	186.783	111.734	443.164	-285.002	8.086	-8.086	5.389	-7.288	J지점
62	97.135	12.049	187.223	111.593	396.460	-336.959	6.564	-6.564	5.422	-7.328	I지점
62	116.789	12.049	222.558	132.655	419.183	-311.610	2.761	-2.761	5.422	-7.328	1/4지점
62	136.005	12.049	258.015	153.718	443.917	-287.316	2.199	-2.199	5.422	-7.328	2/4지점
62	154.783	12.049	293.593	174.781	469.993	-264.257	5.748	-5.748	5.422	-7.328	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
62	173.124	12.049	329.293	195.844	496.643	-243.250	9.307	-9.307	5.422	-7.328	J지점
63	181.780	12.072	331.524	196.385	451.257	-307.254	6.123	-6.123	5.441	-7.347	I지점
63	199.935	12.072	367.352	217.487	474.804	-276.075	2.281	-2.281	5.441	-7.347	1/4지점
63	218.090	12.072	403.180	238.590	500.415	-248.809	3.395	-3.395	5.441	-7.347	2/4지점
63	236.245	12.072	439.009	259.692	527.369	-226.493	6.986	-6.986	5.441	-7.347	3/4지점
63	254.401	12.072	474.837	280.795	554.903	-206.074	10.585	-10.585	5.441	-7.347	J지점
64	264.292	11.970	478.888	282.134	514.071	-274.910	4.808	-4.808	5.442	-7.309	I지점
64	282.184	11.970	514.845	303.276	538.484	-244.006	1.224	-1.224	5.442	-7.309	1/4지점
64	299.482	11.970	550.924	324.418	564.997	-215.055	4.847	-4.847	5.442	-7.309	2/4지점
64	316.186	11.970	587.126	345.560	592.907	-191.952	8.479	-8.479	5.442	-7.309	3/4지점
64	332.296	11.970	623.450	366.702	621.344	-172.471	12.119	-12.119	5.442	-7.309	J지점
65	342.336	11.733	627.497	368.497	583.378	-244.245	2.339	-2.339	5.412	-7.201	I지점
65	358.207	11.733	663.978	389.677	608.627	-213.961	3.481	-3.481	5.412	-7.201	1/4지점
65	374.138	11.733	700.521	410.857	635.941	-185.681	7.145	-7.145	5.412	-7.201	2/4지점
65	390.129	11.733	737.125	432.038	664.517	-162.432	10.817	-10.817	5.412	-7.201	3/4지점
65	406.179	11.733	773.790	453.218	693.430	-144.163	14.499	-14.499	5.412	-7.201	J지점
66	416.362	11.042	776.917	454.672	656.449	-213.494	0.689	-0.689	5.290	-6.983	I지점
66	432.694	11.042	813.684	475.894	682.612	-184.138	4.386	-4.386	5.290	-6.983	1/4지점
66	449.466	11.042	850.452	497.116	710.653	-157.031	8.092	-8.092	5.290	-6.983	2/4지점
66	466.678	11.042	887.220	518.338	739.741	-136.414	11.806	-11.806	5.290	-6.983	3/4지점
66	484.330	11.042	923.988	539.560	768.974	-119.386	15.721	-15.721	5.290	-6.983	J지점
67	493.273	9.581	922.823	539.197	736.439	-190.294	3.330	-3.330	5.049	-6.529	I지점
67	511.566	9.581	959.683	560.454	763.097	-162.989	7.332	-7.332	5.049	-6.529	1/4지점
67	530.641	9.581	996.604	581.711	791.328	-138.087	11.341	-11.341	5.049	-6.529	2/4지점
67	550.498	9.581	1033.587	602.968	820.207	-118.174	15.358	-15.358	5.049	-6.529	3/4지점
67	571.138	9.581	1070.631	624.225	848.993	-102.982	19.384	-19.384	5.049	-6.529	J지점
68	565.228	10.380	1047.580	614.719	809.597	-184.238	6.062	-6.062	4.514	-5.550	I지점
68	587.031	22.241	1084.730	636.019	836.284	-156.914	10.104	-10.104	4.514	-5.550	1/4지점
68	610.297	38.857	1121.879	657.319	864.234	-131.520	14.154	-14.154	4.514	-5.550	2/4지점
68	635.024	60.231	1159.028	678.618	892.789	-111.503	18.211	-18.211	4.514	-5.550	3/4지점
68	661.213	86.360	1196.178	699.918	921.500	-96.652	22.277	-22.277	4.514	-5.550	J지점
69	641.929	87.425	1142.068	664.698	891.116	-149.627	29.015	-29.015	2.667	-2.356	I지점
69	669.711	116.941	1179.098	686.035	918.857	-122.342	33.096	-33.096	2.667	-2.356	1/4지점
69	699.122	148.373	1215.757	707.372	948.052	-104.885	37.185	-37.185	2.667	-2.356	2/4지점
69	730.162	181.721	1252.046	728.710	978.218	-88.888	41.282	-41.282	2.667	-2.356	3/4지점
69	762.830	216.984	1287.964	750.047	1008.949	-74.685	45.388	-45.388	2.667	-2.356	J지점
70	705.628	211.774	1158.870	677.800	1015.502	-150.786	143.691	-143.691	4.575	-2.745	I지점
70	739.264	248.757	1194.667	699.175	1046.045	-141.713	147.553	-147.553	4.575	-2.745	1/4지점
70	773.091	287.135	1230.463	720.550	1078.224	-133.103	151.424	-151.424	4.575	-2.745	2/4지점
70	807.106	326.909	1266.260	741.926	1111.550	-125.086	155.304	-155.304	4.575	-2.745	3/4지점
70	841.311	368.079	1302.056	763.301	1145.489	-118.079	159.192	-159.192	4.575	-2.745	J지점
71	-706.142	-448.947	-1176.706	-667.815	219.270	-1159.240	220.835	-220.835	3.226	-2.635	I지점
71	-678.784	-415.748	-1148.052	-650.705	223.060	-1132.456	217.719	-217.719	3.226	-2.635	1/4지점
71	-651.619	-383.177	-1119.398	-633.594	229.691	-1105.759	214.603	-214.603	3.226	-2.635	2/4지점
71	-624.649	-351.234	-1090.744	-616.484	237.061	-1079.481	211.488	-211.488	3.226	-2.635	3/4지점
71	-597.874	-319.920	-1062.090	-599.374	245.061	-1054.068	208.372	-208.372	3.226	-2.635	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
72	-644.813	-328.749	-1159.041	-670.753	129.839	-1032.580	61.950	-61.950	4.477	-7.016	I지점
72	-612.392	-290.742	-1123.102	-649.366	142.468	-1001.404	57.797	-57.797	4.477	-7.016	1/4지점
72	-581.824	-254.219	-1086.914	-627.979	157.155	-970.353	53.645	-53.645	4.477	-7.016	2/4지점
72	-553.110	-219.180	-1050.479	-606.592	173.369	-940.098	49.550	-49.550	4.477	-7.016	3/4지점
72	-526.248	-185.624	-1013.797	-585.205	190.419	-911.344	45.655	-45.655	4.477	-7.016	J지점
73	-535.705	-188.149	-1072.606	-623.929	153.326	-930.768	24.201	-24.201	8.806	-9.679	I지점
73	-510.487	-156.076	-1035.769	-602.542	167.502	-900.717	20.049	-20.049	8.806	-9.679	1/4지점
73	-486.704	-125.487	-998.869	-581.155	183.813	-870.713	15.897	-15.897	8.806	-9.679	2/4지점
73	-464.354	-96.382	-961.908	-559.768	201.755	-841.455	11.744	-11.744	8.806	-9.679	3/4지점
73	-443.440	-68.761	-924.885	-538.381	220.630	-813.690	7.592	-7.592	8.806	-9.679	J지점
74	-437.546	-73.066	-958.133	-550.848	174.379	-849.983	15.074	-15.074	10.054	-10.483	I지점
74	-417.603	-48.350	-921.069	-529.455	189.558	-820.853	10.920	-10.920	10.054	-10.483	1/4지점
74	-398.183	-27.974	-884.004	-508.061	206.893	-791.831	6.767	-6.767	10.054	-10.483	2/4지점
74	-379.284	-11.939	-846.940	-486.668	225.837	-763.567	3.611	-3.611	10.054	-10.483	3/4지점
74	-360.908	-0.245	-809.875	-465.275	245.700	-736.813	7.506	-7.506	10.054	-10.483	J지점
75	-364.743	-4.835	-816.874	-469.419	192.829	-775.093	12.104	-12.104	10.470	-10.758	I지점
75	-346.674	-4.835	-779.817	-448.030	209.370	-746.155	7.952	-7.952	10.470	-10.758	1/4지점
75	-328.692	-4.835	-742.759	-426.641	228.070	-717.410	3.799	-3.799	10.470	-10.758	2/4지점
75	-310.797	-4.835	-705.701	-405.252	248.282	-689.639	3.879	-3.879	10.470	-10.758	3/4지점
75	-292.988	-4.835	-668.643	-383.862	269.249	-663.598	7.774	-7.774	10.470	-10.758	J지점
76	-289.525	-2.524	-671.293	-384.640	213.053	-699.872	9.944	-9.944	10.800	-10.928	I지점
76	-272.147	-2.524	-634.227	-363.246	231.077	-671.053	5.790	-5.790	10.800	-10.928	1/4지점
76	-255.551	-2.524	-597.161	-341.852	251.359	-642.486	1.636	-1.636	10.800	-10.928	2/4지점
76	-239.737	-2.524	-560.094	-320.458	273.214	-614.980	4.453	-4.453	10.800	-10.928	3/4지점
76	-224.705	-2.524	-523.028	-299.064	295.768	-589.381	8.349	-8.349	10.800	-10.928	J지점
77	-218.157	-1.111	-521.243	-298.494	237.383	-630.503	9.023	-9.023	10.919	-10.975	I지점
77	-203.572	-1.111	-484.171	-277.097	256.727	-601.818	4.869	-4.869	10.919	-10.975	1/4지점
77	-189.105	-1.111	-447.099	-255.699	278.428	-573.417	0.714	-0.714	10.919	-10.975	2/4지점
77	-174.755	-1.111	-410.027	-234.302	301.630	-546.251	4.601	-4.601	10.919	-10.975	3/4지점
77	-160.523	-1.111	-372.955	-212.905	325.389	-521.222	8.497	-8.497	10.919	-10.975	J지점
78	-153.191	-0.491	-370.308	-211.860	268.984	-563.658	8.122	-8.122	10.992	-10.989	I지점
78	-139.020	-0.491	-333.243	-190.466	289.631	-535.306	3.968	-3.968	10.992	-10.989	1/4지점
78	-124.849	-0.491	-296.178	-169.073	312.621	-507.364	1.132	-1.132	10.992	-10.989	2/4지점
78	-110.679	-0.491	-259.113	-147.680	337.055	-480.779	5.028	-5.028	10.992	-10.989	3/4지점
78	-96.508	-0.491	-222.048	-126.286	362.000	-456.444	8.923	-8.923	10.992	-10.989	J지점
79	-89.186	-0.254	-219.898	-125.914	307.130	-503.472	7.743	-7.743	11.018	-10.992	I지점
79	-75.011	-0.254	-182.822	-104.514	328.823	-475.809	3.588	-3.588	11.018	-10.992	1/4지점
79	-60.836	-0.254	-145.746	-83.115	352.829	-448.602	1.283	-1.283	11.018	-10.992	2/4지점
79	-46.661	-0.254	-108.671	-61.715	378.269	-422.799	5.180	-5.180	11.018	-10.992	3/4지점
79	-32.486	-0.254	-71.595	-40.316	404.202	-399.283	9.077	-9.077	11.018	-10.992	J지점
80	-25.207	-0.150	-69.709	-40.297	351.164	-449.746	7.629	-7.629	11.025	-10.992	I지점
80	-11.032	-0.150	-32.634	-18.898	373.783	-422.896	3.474	-3.474	11.025	-10.992	1/4지점
80	3.142	-0.150	4.442	2.501	398.688	-396.520	1.146	-1.146	11.025	-10.992	2/4지점
80	17.317	-0.150	41.517	23.900	425.017	-371.565	5.042	-5.042	11.025	-10.992	3/4지점
80	31.492	-0.150	78.592	45.299	451.826	-348.913	8.989	-8.989	11.025	-10.992	J지점
81	38.812	-0.035	80.609	45.340	401.348	-401.821	7.516	-7.516	11.028	-10.985	I지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
81	52.987	-0.035	117.686	66.740	424.818	-375.844	3.362	-3.362	11.028	-10.985	1/4지점
81	67.163	-0.035	154.763	88.140	450.577	-350.357	0.997	-0.997	11.028	-10.985	2/4지점
81	81.338	-0.035	191.840	109.540	477.740	-326.305	4.948	-4.948	11.028	-10.985	3/4지점
81	95.514	-0.035	228.917	130.941	505.365	-304.558	9.103	-9.103	11.028	-10.985	J지점
82	102.771	0.174	230.889	131.282	458.214	-359.418	7.128	-7.128	11.027	-10.963	I지점
82	116.948	0.174	267.971	152.686	482.514	-334.412	2.973	-2.973	11.027	-10.963	1/4지점
82	131.126	0.174	305.053	174.089	509.065	-309.914	1.183	-1.183	11.027	-10.963	2/4지점
82	145.303	0.174	342.135	195.492	536.975	-286.868	5.338	-5.338	11.027	-10.963	3/4지점
82	159.480	0.174	379.217	216.895	565.297	-266.159	9.493	-9.493	11.027	-10.963	J지점
83	166.848	0.819	382.144	217.979	522.875	-322.277	6.144	-6.144	11.011	-10.875	I지점
83	181.084	0.819	419.226	239.383	547.869	-298.459	2.089	-2.089	11.011	-10.875	1/4지점
83	195.438	0.819	456.309	260.787	575.002	-275.202	2.167	-2.167	11.011	-10.875	2/4지점
83	209.910	0.819	493.392	282.190	603.366	-253.451	6.322	-6.322	11.011	-10.875	3/4지점
83	224.498	0.819	530.474	303.594	632.021	-234.062	10.477	-10.477	11.011	-10.875	J지점
84	230.963	2.209	532.332	304.153	591.020	-291.997	5.300	-5.300	10.954	-10.732	I지점
84	246.000	2.209	569.411	325.554	616.594	-269.388	1.403	-1.403	10.954	-10.732	1/4지점
84	261.819	2.209	606.490	346.955	644.073	-247.482	3.340	-3.340	10.954	-10.732	2/4지점
84	278.421	2.209	643.568	368.356	672.617	-227.147	7.495	-7.495	10.954	-10.732	3/4지점
84	295.804	2.209	680.647	389.757	701.406	-209.075	11.650	-11.650	10.954	-10.732	J지점
85	299.098	4.559	678.127	389.295	665.796	-263.768	3.437	-3.437	10.757	-10.344	I지점
85	316.923	4.559	715.220	410.704	692.029	-242.656	2.110	-2.110	10.757	-10.344	1/4지점
85	334.835	4.559	752.312	432.113	719.999	-222.342	6.267	-6.267	10.757	-10.344	2/4지점
85	352.833	4.559	789.404	453.522	748.914	-203.576	10.423	-10.423	10.757	-10.344	3/4지점
85	370.919	4.559	826.496	474.931	777.998	-187.040	14.580	-14.580	10.757	-10.344	J지점
86	366.961	-0.044	819.682	472.058	738.937	-240.142	2.123	-2.123	10.406	-9.776	I지점
86	385.349	11.657	856.770	493.465	766.017	-219.876	5.296	-5.296	10.406	-9.776	1/4지점
86	404.259	27.702	893.857	514.871	794.678	-200.562	9.452	-9.452	10.406	-9.776	2/4지점
86	423.692	48.090	930.945	536.277	824.098	-182.950	13.608	-13.608	10.406	-9.776	3/4지점
86	443.647	72.822	968.032	557.684	853.517	-167.624	17.764	-17.764	10.406	-9.776	J지점
87	454.313	68.022	934.710	549.784	815.667	-215.912	8.458	-8.458	9.439	-8.185	I지점
87	475.244	95.666	971.763	571.188	843.801	-196.250	12.614	-12.614	9.439	-8.185	1/4지점
87	497.612	124.794	1008.754	592.592	873.572	-177.520	16.769	-16.769	9.439	-8.185	2/4지점
87	521.415	155.408	1045.684	613.997	904.124	-160.515	20.925	-20.925	9.439	-8.185	3/4지점
87	546.653	187.507	1082.551	635.401	934.675	-145.875	25.080	-25.080	9.439	-8.185	J지점
88	554.595	184.951	1039.572	613.485	916.404	-181.140	36.576	-36.576	6.517	-3.425	I지점
88	581.485	218.542	1076.293	634.894	945.874	-162.913	40.733	-40.733	6.517	-3.425	1/4지점
88	610.229	253.618	1112.766	656.303	976.989	-145.575	44.889	-44.889	6.517	-3.425	2/4지점
88	640.829	290.179	1148.991	677.712	1008.882	-129.961	49.046	-49.046	6.517	-3.425	3/4지점
88	673.283	328.225	1184.968	699.121	1040.747	-116.720	53.202	-53.202	6.517	-3.425	J지점
89	667.498	315.907	1155.895	653.265	1046.927	-169.358	132.342	-132.342	6.941	-5.052	I지점
89	694.300	347.252	1184.577	670.392	1073.443	-159.685	135.461	-135.461	6.941	-5.052	1/4지점
89	721.296	379.226	1213.259	687.519	1101.049	-150.746	138.580	-138.580	6.941	-5.052	2/4지점
89	748.487	411.828	1241.941	704.646	1129.198	-142.724	141.699	-141.699	6.941	-5.052	3/4지점
89	775.872	445.060	1270.623	721.773	1157.404	-138.180	144.817	-144.817	6.941	-5.052	J지점
90	-895.027	-364.704	-1337.020	-798.638	143.060	-1180.842	143.873	-143.873	4.406	-8.507	I지점
90	-860.769	-323.471	-1301.168	-777.230	151.119	-1145.950	139.979	-139.979	4.406	-8.507	1/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
90	-826.701	-283.636	-1265.316	-755.822	160.236	-1111.703	136.093	-136.093	4.406	-8.507	2/4지점
90	-792.823	-245.198	-1229.464	-734.413	170.089	-1078.811	132.216	-132.216	4.406	-8.507	3/4지점
90	-759.134	-208.158	-1193.612	-713.005	180.346	-1047.905	128.348	-128.348	4.406	-8.507	J지점
91	-752.869	-219.465	-1241.227	-764.047	68.143	-1011.097	39.796	-39.796	2.123	-2.404	I지점
91	-720.086	-184.079	-1205.183	-742.635	83.229	-979.317	35.676	-35.676	2.123	-2.404	1/4지점
91	-688.937	-150.614	-1168.766	-721.222	100.391	-947.968	31.564	-31.564	2.123	-2.404	2/4지점
91	-659.423	-119.072	-1131.978	-699.810	121.289	-917.645	27.461	-27.461	2.123	-2.404	3/4지점
91	-631.543	-89.452	-1094.819	-678.398	151.613	-889.001	23.366	-23.366	2.123	-2.404	J지점
92	-668.810	-85.429	-1207.634	-713.886	85.842	-932.748	22.978	-22.978	4.672	-3.936	I지점
92	-642.487	-59.165	-1170.294	-692.477	100.675	-903.251	18.892	-18.892	4.672	-3.936	1/4지점
92	-617.632	-37.682	-1132.954	-671.068	123.577	-873.745	14.814	-14.814	4.672	-3.936	2/4지점
92	-594.248	-20.980	-1095.614	-649.659	149.495	-844.774	10.744	-10.744	4.672	-3.936	3/4지점
92	-572.333	-9.059	-1058.274	-628.250	177.809	-817.146	6.682	-6.682	4.672	-3.936	J지점
93	-621.778	-5.312	-1163.679	-643.931	87.945	-867.456	21.177	-21.177	5.170	-4.250	I지점
93	-600.988	-5.312	-1126.364	-622.519	102.438	-838.184	17.123	-17.123	5.170	-4.250	1/4지점
93	-580.986	-5.312	-1089.110	-601.106	124.182	-808.601	13.076	-13.076	5.170	-4.250	2/4지점
93	-561.771	-5.312	-1051.919	-579.694	148.557	-779.624	9.038	-9.038	5.170	-4.250	3/4지점
93	-543.344	-5.312	-1014.790	-558.281	175.637	-752.195	5.008	-5.008	5.170	-4.250	J지점
94	-518.059	-8.583	-983.747	-557.375	108.729	-783.049	15.669	-15.669	5.936	-4.686	I지점
94	-500.248	-8.583	-946.649	-535.963	125.280	-753.651	11.646	-11.646	5.936	-4.686	1/4지점
94	-482.881	-8.583	-909.550	-514.550	149.114	-724.299	7.632	-7.632	5.936	-4.686	2/4지점
94	-465.958	-8.583	-872.451	-493.137	175.882	-696.004	3.627	-3.627	5.936	-4.686	3/4지점
94	-449.480	-8.583	-835.353	-471.724	204.871	-669.610	2.763	-2.763	5.936	-4.686	J지점
95	-431.322	-10.228	-816.666	-469.788	134.137	-706.342	12.941	-12.941	6.449	-4.986	I지점
95	-415.098	-10.228	-779.604	-448.378	152.310	-677.173	8.953	-8.953	6.449	-4.986	1/4지점
95	-398.934	-10.228	-742.603	-426.968	178.086	-648.340	4.972	-4.972	6.449	-4.986	2/4지점
95	-382.831	-10.228	-705.665	-405.559	206.095	-620.759	1.000	-1.000	6.449	-4.986	3/4지점
95	-366.788	-10.228	-668.788	-384.149	236.055	-595.255	4.157	-4.157	6.449	-4.986	J지점
96	-351.977	-11.035	-656.342	-378.740	164.955	-631.146	10.397	-10.397	6.956	-5.223	I지점
96	-335.660	-11.035	-619.552	-357.326	184.201	-602.451	6.441	-6.441	6.956	-5.223	1/4지점
96	-318.742	-11.035	-582.886	-335.912	209.637	-574.254	2.493	-2.493	6.956	-5.223	2/4지점
96	-301.222	-11.035	-546.343	-314.499	238.496	-547.467	2.235	-2.235	6.956	-5.223	3/4지점
96	-283.100	-11.035	-509.925	-293.085	269.233	-522.820	5.896	-5.896	6.956	-5.223	J지점
97	-271.094	-11.466	-502.519	-289.797	200.621	-562.865	9.031	-9.031	7.227	-5.341	I지점
97	-252.670	-11.466	-466.161	-268.383	220.829	-535.074	5.107	-5.107	7.227	-5.341	1/4지점
97	-234.247	-11.466	-429.803	-246.969	243.093	-507.857	1.192	-1.192	7.227	-5.341	2/4지점
97	-215.823	-11.466	-393.446	-225.555	272.485	-481.965	3.172	-3.172	7.227	-5.341	3/4지점
97	-197.400	-11.466	-357.088	-204.141	303.570	-458.203	6.798	-6.798	7.227	-5.341	J지점
98	-187.713	-11.630	-353.427	-203.825	238.421	-503.973	8.778	-8.778	7.272	-5.361	I지점
98	-169.068	-11.630	-317.134	-182.413	259.346	-477.059	4.888	-4.888	7.272	-5.361	1/4지점
98	-149.979	-11.630	-280.965	-161.000	282.305	-450.712	1.006	-1.006	7.272	-5.361	2/4지점
98	-130.444	-11.630	-244.920	-139.587	306.540	-425.713	3.130	-3.130	7.272	-5.361	3/4지점
98	-110.464	-11.630	-208.999	-118.175	334.028	-402.762	6.732	-6.732	7.272	-5.361	J지점
99	-99.497	-11.775	-203.376	-117.701	281.668	-449.220	8.670	-8.670	7.297	-5.369	I지점
99	-79.291	-11.775	-167.512	-96.285	303.432	-423.149	4.812	-4.812	7.297	-5.369	1/4지점
99	-59.086	-11.775	-131.647	-74.870	327.214	-397.662	0.963	-0.963	7.297	-5.369	2/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
99	-38.880	-11.775	-95.783	-53.454	352.299	-373.486	2.879	-2.879	7.297	-5.369	3/4지점
99	-18.675	-11.775	-59.919	-32.039	377.944	-351.340	6.713	-6.713	7.297	-5.369	J지점
100	-7.742	-11.877	-54.379	-31.803	330.462	-400.015	8.573	-8.573	7.295	-5.372	I지점
100	12.461	-11.877	-18.520	-10.390	353.058	-374.793	4.748	-4.748	7.295	-5.372	1/4지점
100	32.663	-11.877	17.339	11.022	377.690	-350.137	0.931	-0.931	7.295	-5.372	2/4지점
100	52.866	-11.877	53.198	32.434	403.651	-326.802	2.877	-2.877	7.295	-5.372	3/4지점
100	73.069	-11.877	89.057	53.847	430.183	-305.443	6.678	-6.678	7.295	-5.372	J지점
101	84.056	-11.940	94.803	53.865	383.996	-355.787	8.640	-8.640	7.289	-5.358	I지점
101	104.260	-11.940	130.665	75.279	407.523	-331.337	4.848	-4.848	7.289	-5.358	1/4지점
101	124.464	-11.940	166.526	96.693	433.108	-307.422	1.094	-1.094	7.289	-5.358	2/4지점
101	144.668	-11.940	202.387	118.107	460.054	-284.819	2.712	-2.712	7.289	-5.358	3/4지점
101	164.872	-11.940	238.249	139.521	487.610	-264.213	6.480	-6.480	7.289	-5.358	J지점
102	176.660	-12.046	245.280	139.697	444.151	-318.018	8.782	-8.782	7.284	-5.352	I지점
102	196.642	-12.046	281.204	161.111	468.624	-294.377	5.200	-5.200	7.284	-5.352	1/4지점
102	216.179	-12.046	317.253	182.526	495.215	-271.248	1.731	-1.731	7.284	-5.352	2/4지점
102	235.271	-12.046	353.425	203.941	523.213	-249.396	2.472	-2.472	7.284	-5.352	3/4지점
102	253.917	-12.046	389.722	225.355	551.843	-229.568	6.206	-6.206	7.284	-5.352	J지점
103	264.395	-12.109	394.774	224.247	507.066	-289.047	9.790	-9.790	7.257	-5.308	I지점
103	282.818	-12.109	431.132	245.662	532.607	-265.975	6.346	-6.346	7.257	-5.308	1/4지점
103	301.242	-12.109	467.490	267.076	560.353	-243.367	2.911	-2.911	7.257	-5.308	2/4지점
103	319.666	-12.109	503.848	288.491	589.568	-222.049	1.963	-1.963	7.257	-5.308	3/4지점
103	338.089	-12.109	540.207	309.905	619.452	-202.786	5.665	-5.665	7.257	-5.308	J지점
104	342.021	-11.830	535.313	310.851	584.177	-257.287	9.205	-9.205	7.263	-5.319	I지점
104	356.492	-11.830	564.472	327.981	606.392	-239.023	6.477	-6.477	7.263	-5.319	1/4지점
104	370.429	-11.830	593.779	345.111	630.197	-221.036	3.754	-3.754	7.263	-5.319	2/4지점
104	383.832	-11.830	623.234	362.241	655.107	-203.837	1.766	-1.766	7.263	-5.319	3/4지점
104	396.702	-11.830	652.839	379.371	680.593	-188.006	4.706	-4.706	7.263	-5.319	J지점
105	397.957	-11.484	643.495	380.811	651.774	-232.125	7.416	-7.416	7.280	-5.350	I지점
105	410.559	-11.484	673.174	397.942	676.502	-213.380	4.710	-4.710	7.280	-5.350	1/4지점
105	423.162	-11.484	702.853	415.072	703.152	-194.834	2.010	-2.010	7.280	-5.350	2/4지점
105	435.765	-11.484	732.532	432.202	731.174	-177.128	4.647	-4.647	7.280	-5.350	3/4지점
105	448.367	-11.484	762.211	449.332	759.990	-160.818	7.566	-7.566	7.280	-5.350	J지점
106	470.834	-12.174	776.655	460.794	771.750	-206.012	22.031	-22.031	7.440	-5.857	I지점
106	481.088	-12.174	800.923	474.801	796.781	-189.188	24.226	-24.226	7.440	-5.857	1/4지점
106	491.238	-12.174	833.191	488.808	823.953	-172.166	26.417	-26.417	7.440	-5.857	2/4지점
106	501.287	-12.174	875.316	502.815	852.905	-156.073	28.604	-28.604	7.440	-5.857	3/4지점
106	511.232	-12.174	917.442	516.821	883.281	-155.369	30.787	-30.787	7.440	-5.857	J지점

[TORSION MOMENT]

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
1	57.612	-8.309	90.014	-3.654	919.751	-694.880	94.716	-94.716	2.073	-4.087	I지점
1	57.612	-8.309	83.342	10.792	893.460	-698.632	94.716	-94.716	2.073	-4.087	1/4지점
1	57.612	-8.309	76.669	25.239	869.047	-704.467	94.716	-94.716	2.073	-4.087	2/4지점
1	57.612	-8.309	71.515	39.686	846.949	-711.078	94.716	-94.716	2.073	-4.087	3/4지점
1	57.612	-8.309	67.323	54.133	827.233	-728.863	94.716	-94.716	2.073	-4.087	J지점
2	66.960	-9.559	98.489	3.653	1071.820	-803.505	185.955	-185.955	2.525	-5.086	I지점
2	66.960	-9.559	93.484	20.902	1044.275	-811.247	185.955	-185.955	2.525	-5.086	1/4지점
2	66.960	-9.559	88.479	38.151	1018.444	-819.141	185.955	-185.955	2.525	-5.086	2/4지점
2	66.960	-9.559	83.473	55.400	994.879	-833.776	185.955	-185.955	2.525	-5.086	3/4지점
2	66.960	-9.559	78.468	72.650	982.742	-867.835	185.955	-185.955	2.525	-5.086	J지점
3	65.508	-9.341	96.550	5.184	1011.052	-723.071	186.318	-186.318	2.548	-5.161	I지점
3	65.508	-9.341	91.579	22.433	984.601	-730.767	186.318	-186.318	2.548	-5.161	1/4지점
3	65.508	-9.341	86.674	39.682	959.488	-738.662	186.318	-186.318	2.548	-5.161	2/4지점
3	65.508	-9.341	81.837	56.932	936.585	-757.608	186.318	-186.318	2.548	-5.161	3/4지점
3	65.508	-9.341	77.067	74.181	916.452	-789.260	186.318	-186.318	2.548	-5.161	J지점
4	63.490	-9.079	95.562	-0.499	917.369	-607.263	163.244	-163.244	2.512	-5.107	I지점
4	63.490	-9.079	89.641	21.062	886.630	-614.744	163.244	-163.244	2.512	-5.107	1/4지점
4	63.490	-9.079	83.720	42.623	857.249	-624.450	163.244	-163.244	2.512	-5.107	2/4지점
4	63.490	-9.079	77.800	64.184	830.282	-649.413	163.244	-163.244	2.512	-5.107	3/4지점
4	63.490	-9.079	71.879	85.746	806.597	-686.319	163.244	-163.244	2.512	-5.107	J지점
5	63.173	-9.086	93.887	5.485	805.561	-500.367	129.535	-129.535	2.460	-5.024	I지점
5	63.173	-9.086	87.994	27.046	774.307	-505.626	129.535	-129.535	2.460	-5.024	1/4지점
5	63.173	-9.086	82.158	48.607	744.447	-513.731	129.535	-129.535	2.460	-5.024	2/4지점
5	63.173	-9.086	76.378	70.168	717.046	-537.510	129.535	-129.535	2.460	-5.024	3/4지점
5	63.173	-9.086	70.655	91.729	692.893	-574.004	129.535	-129.535	2.460	-5.024	J지점
6	62.097	-9.049	91.727	8.633	718.374	-421.105	102.311	-102.311	2.416	-4.980	I지점
6	62.097	-9.049	86.032	30.194	686.657	-424.312	102.311	-102.311	2.416	-4.980	1/4지점
6	62.097	-9.049	80.337	51.755	656.323	-430.345	102.311	-102.311	2.416	-4.980	2/4지점
6	62.097	-9.049	74.642	73.317	628.199	-452.331	102.311	-102.311	2.416	-4.980	3/4지점
6	62.097	-9.049	68.947	94.878	603.359	-488.909	102.311	-102.311	2.416	-4.980	J지점
7	59.066	-8.851	87.173	9.254	644.623	-356.668	74.308	-74.308	2.329	-4.907	I지점
7	59.066	-8.851	81.478	30.815	612.213	-357.883	74.308	-74.308	2.329	-4.907	1/4지점
7	59.066	-8.851	75.783	52.376	581.265	-361.924	74.308	-74.308	2.329	-4.907	2/4지점
7	59.066	-8.851	70.088	73.937	552.506	-391.044	74.308	-74.308	2.329	-4.907	3/4지점
7	59.066	-8.851	64.393	95.499	526.910	-423.153	74.308	-74.308	2.329	-4.907	J지점
8	51.095	-8.357	75.122	4.362	578.521	-343.213	42.653	-42.653	2.071	-4.723	I지점
8	51.095	-8.357	69.427	25.923	545.564	-367.943	42.653	-42.653	2.071	-4.723	1/4지점
8	51.095	-8.357	63.732	47.484	513.912	-395.841	42.653	-42.653	2.071	-4.723	2/4지점
8	51.095	-8.357	58.037	69.045	484.522	-426.074	42.653	-42.653	2.071	-4.723	3/4지점
8	51.095	-8.357	52.342	90.606	458.238	-457.686	42.653	-42.653	2.071	-4.723	J지점
9	36.622	-7.333	53.716	-8.108	513.212	-391.970	13.949	-13.949	1.619	-4.275	I지점
9	36.622	-7.333	47.993	13.453	479.783	-416.143	13.949	-13.949	1.619	-4.275	1/4지점
9	36.622	-7.333	42.213	35.014	447.478	-443.677	13.949	-13.949	1.619	-4.275	2/4지점
9	36.622	-7.333	36.377	56.575	417.394	-473.695	13.949	-13.949	1.619	-4.275	3/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
9	36.622	-7.333	30.485	78.136	406.234	-505.208	13.949	-13.949	1.619	-4.275	J지점
10	12.902	-5.396	19.044	-29.538	513.637	-454.507	51.001	-51.001	2.148	-3.377	I지점
10	12.902	-5.396	13.125	-7.984	476.644	-478.713	51.001	-51.001	2.148	-3.377	1/4지점
10	12.902	-5.396	7.207	13.570	455.874	-506.194	51.001	-51.001	2.148	-3.377	2/4지점
10	12.902	-5.396	1.288	35.124	448.423	-536.086	51.001	-51.001	2.148	-3.377	3/4지점
10	12.902	-5.396	-4.631	56.678	443.874	-567.426	51.001	-51.001	2.148	-3.377	J지점
11	-13.012	-2.647	-17.051	-51.649	540.343	-518.313	84.389	-84.389	2.863	-2.030	I지점
11	-13.012	-2.647	-22.999	-30.092	503.344	-542.180	84.389	-84.389	2.863	-2.030	1/4지점
11	-13.012	-2.647	-29.002	-8.535	483.118	-569.622	84.389	-84.389	2.863	-2.030	2/4지점
11	-13.012	-2.647	-35.062	13.022	474.904	-599.895	84.389	-84.389	2.863	-2.030	3/4지점
11	-13.012	-2.647	-41.177	34.579	469.641	-631.910	84.389	-84.389	2.863	-2.030	J지점
12	-38.789	1.255	-49.282	-68.958	558.891	-578.582	113.063	-113.063	3.870	-3.886	I지점
12	-38.789	1.255	-55.439	-47.405	521.547	-603.222	113.063	-113.063	3.870	-3.886	1/4지점
12	-38.789	1.255	-61.623	-25.851	500.185	-631.288	113.063	-113.063	3.870	-3.886	2/4지점
12	-38.789	1.255	-67.836	-4.298	491.498	-661.760	113.063	-113.063	3.870	-3.886	3/4지점
12	-38.789	1.255	-74.076	17.255	485.706	-693.462	113.063	-113.063	3.870	-3.886	J지점
13	-54.387	5.535	-62.229	-71.359	629.958	-690.910	137.918	-137.918	5.189	-6.959	I지점
13	-54.387	5.535	-68.481	-49.811	592.219	-716.271	137.918	-137.918	5.189	-6.959	1/4지점
13	-54.387	5.535	-74.734	-28.263	574.380	-744.447	137.918	-137.918	5.189	-6.959	2/4지점
13	-54.387	5.535	-80.987	-6.715	565.479	-774.444	137.918	-137.918	5.189	-6.959	3/4지점
13	-54.387	5.535	-87.239	14.833	559.336	-805.147	137.918	-137.918	5.189	-6.959	J지점
14	-53.866	9.672	-46.484	-50.011	731.622	-856.033	152.536	-152.536	6.656	-10.477	I지점
14	-53.866	9.672	-52.751	-28.462	694.520	-881.656	152.536	-152.536	6.656	-10.477	1/4지점
14	-53.866	9.672	-59.046	-6.913	681.627	-909.709	152.536	-152.536	6.656	-10.477	2/4지점
14	-53.866	9.672	-65.369	14.636	672.665	-939.141	152.536	-152.536	6.656	-10.477	3/4지점
14	-53.866	9.672	-71.721	36.185	666.254	-968.898	152.536	-152.536	6.656	-10.477	J지점
15	-62.705	21.508	-22.723	-24.153	891.701	-1079.104	152.962	-152.962	8.100	-13.758	I지점
15	-62.705	21.508	-29.089	-2.604	855.139	-1104.743	152.962	-152.962	8.100	-13.758	1/4지점
15	-62.705	21.508	-35.454	18.945	844.749	-1131.315	152.962	-152.962	8.100	-13.758	2/4지점
15	-62.705	21.508	-41.820	40.494	835.081	-1158.186	152.962	-152.962	8.100	-13.758	3/4지점
15	-62.705	21.508	-48.186	62.044	827.336	-1184.910	152.962	-152.962	8.100	-13.758	J지점
16	-56.380	38.937	20.797	-11.219	954.685	-1245.037	177.765	-177.765	8.858	-12.996	I지점
16	-56.380	38.937	14.517	10.324	927.900	-1267.246	177.765	-177.765	8.858	-12.996	1/4지점
16	-56.380	38.937	8.406	31.868	918.032	-1291.644	177.765	-177.765	8.858	-12.996	2/4지점
16	-56.380	38.937	2.463	53.411	908.601	-1317.702	177.765	-177.765	8.858	-12.996	3/4지점
16	-56.380	38.937	-3.312	74.954	901.353	-1344.840	177.765	-177.765	8.858	-12.996	J지점
17	-76.942	53.525	-4.193	-19.266	1002.846	-1172.576	682.139	-682.139	4.941	-4.303	I지점
17	-76.942	53.525	-9.884	2.280	973.617	-1195.533	682.139	-682.139	4.941	-4.303	1/4지점
17	-76.942	53.525	-15.575	23.826	945.544	-1221.260	682.139	-682.139	4.941	-4.303	2/4지점
17	-76.942	53.525	-21.266	45.372	919.235	-1249.234	682.139	-682.139	4.941	-4.303	3/4지점
17	-76.942	53.525	-26.957	66.918	895.304	-1278.850	682.139	-682.139	4.941	-4.303	J지점
18	-160.907	66.860	-146.067	-121.264	1168.055	-902.802	804.028	-804.028	14.507	-6.690	I지점
18	-160.907	66.860	-150.620	-104.030	1143.339	-922.796	804.028	-804.028	14.507	-6.690	1/4지점
18	-160.907	66.860	-155.172	-86.795	1118.739	-945.492	804.028	-804.028	14.507	-6.690	2/4지점
18	-160.907	66.860	-159.724	-69.560	1094.671	-970.615	804.028	-804.028	14.507	-6.690	3/4지점
18	-160.907	66.860	-164.277	-52.325	1071.557	-997.913	804.028	-804.028	14.507	-6.690	J지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
19	-142.692	69.144	-67.562	-141.753	1292.662	-804.390	174.137	-174.137	24.119	-10.813	I지점
19	-142.692	69.144	-73.307	-120.216	1262.969	-809.847	174.137	-174.137	24.119	-10.813	1/4지점
19	-142.692	69.144	-79.164	-98.679	1233.893	-817.745	174.137	-174.137	24.119	-10.813	2/4지점
19	-142.692	69.144	-85.133	-77.142	1206.249	-838.958	174.137	-174.137	24.119	-10.813	3/4지점
19	-142.692	69.144	-91.215	-55.605	1180.899	-873.949	174.137	-174.137	24.119	-10.813	J지점
20	-62.074	67.982	41.154	-114.788	1355.577	-840.218	189.621	-189.621	26.917	-11.766	I지점
20	-62.074	67.982	35.002	-93.249	1326.106	-845.421	189.621	-189.621	26.917	-11.766	1/4지점
20	-62.074	67.982	28.821	-71.710	1297.233	-853.015	189.621	-189.621	26.917	-11.766	2/4지점
20	-62.074	67.982	22.613	-50.171	1269.830	-866.367	189.621	-189.621	26.917	-11.766	3/4지점
20	-62.074	67.982	16.377	-28.632	1244.778	-900.866	189.621	-189.621	26.917	-11.766	J지점
21	17.960	51.123	123.182	-37.810	1275.582	-728.774	194.791	-194.791	22.921	-9.721	I지점
21	17.960	51.123	116.932	-16.271	1247.544	-733.683	194.791	-194.791	22.921	-9.721	1/4지점
21	17.960	51.123	110.682	5.268	1219.672	-740.892	194.791	-194.791	22.921	-9.721	2/4지점
21	17.960	51.123	104.432	26.807	1192.753	-759.911	194.791	-194.791	22.921	-9.721	3/4지점
21	17.960	51.123	98.182	48.346	1167.637	-793.995	194.791	-194.791	22.921	-9.721	J지점
22	41.059	30.886	197.423	27.662	1151.142	-606.159	173.559	-173.559	17.669	-7.081	I지점
22	41.059	30.886	191.174	49.198	1121.780	-610.494	173.559	-173.559	17.669	-7.081	1/4지점
22	41.059	30.886	184.925	70.733	1093.241	-617.253	173.559	-173.559	17.669	-7.081	2/4지점
22	41.059	30.886	178.676	92.269	1066.473	-642.965	173.559	-173.559	17.669	-7.081	3/4지점
22	41.059	30.886	172.427	113.804	1042.371	-676.633	173.559	-173.559	17.669	-7.081	J지점
23	56.038	28.243	222.988	58.648	1022.547	-508.010	145.818	-145.818	13.100	-4.799	I지점
23	56.038	28.243	216.740	80.183	992.620	-511.438	145.818	-145.818	13.100	-4.799	1/4지점
23	56.038	28.243	210.491	101.717	963.355	-517.395	145.818	-145.818	13.100	-4.799	2/4지점
23	56.038	28.243	204.242	123.251	935.750	-545.983	145.818	-145.818	13.100	-4.799	3/4지점
23	56.038	28.243	197.993	144.786	910.841	-580.759	145.818	-145.818	13.100	-4.799	J지점
24	57.958	23.302	210.888	59.927	881.104	-421.813	111.766	-111.766	8.861	-4.755	I지점
24	57.958	23.302	204.641	81.457	849.977	-424.268	111.766	-111.766	8.861	-4.755	1/4지점
24	57.958	23.302	198.393	102.987	819.830	-429.368	111.766	-111.766	8.861	-4.755	2/4지점
24	57.958	23.302	192.146	124.517	791.831	-458.055	111.766	-111.766	8.861	-4.755	3/4지점
24	57.958	23.302	185.899	146.047	767.061	-493.019	111.766	-111.766	8.861	-4.755	J지점
25	46.409	16.498	164.854	38.664	758.692	-365.736	75.795	-75.795	5.500	-4.431	I지점
25	46.409	16.498	158.607	60.192	727.278	-367.422	75.795	-75.795	5.500	-4.431	1/4지점
25	46.409	16.498	152.360	81.721	696.909	-371.794	75.795	-75.795	5.500	-4.431	2/4지점
25	46.409	16.498	146.113	103.249	668.775	-398.889	75.795	-75.795	5.500	-4.431	3/4지점
25	46.409	16.498	139.867	124.777	643.939	-433.958	75.795	-75.795	5.500	-4.431	J지점
26	24.382	8.602	92.512	-0.285	658.764	-370.850	37.239	-37.239	2.889	-3.717	I지점
26	24.382	8.602	86.264	21.247	627.345	-395.397	37.239	-37.239	2.889	-3.717	1/4지점
26	24.382	8.602	80.016	42.779	596.979	-423.226	37.239	-37.239	2.889	-3.717	2/4지점
26	24.382	8.602	73.768	64.311	568.836	-453.248	37.239	-37.239	2.889	-3.717	3/4지점
26	24.382	8.602	67.520	85.843	543.993	-484.305	37.239	-37.239	2.889	-3.717	J지점
27	-3.026	0.286	6.696	-48.104	563.288	-454.545	3.358	-3.358	2.959	-2.625	I지점
27	-3.026	0.286	0.449	-26.576	531.970	-479.227	3.358	-3.358	2.959	-2.625	1/4지점
27	-3.026	0.286	-5.798	-5.047	501.699	-507.170	3.358	-3.358	2.959	-2.625	2/4지점
27	-3.026	0.286	-12.045	16.482	473.632	-537.329	3.358	-3.358	2.959	-2.625	3/4지점
27	-3.026	0.286	-18.292	38.011	448.864	-568.505	3.358	-3.358	2.959	-2.625	J지점
28	-30.107	-8.027	-78.537	-95.282	476.717	-547.337	42.048	-42.048	4.074	-3.178	I지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
28	-30.107	-8.027	-84.783	-73.759	445.538	-572.127	42.048	-42.048	4.074	-3.178	1/4지점
28	-30.107	-8.027	-91.028	-52.236	415.387	-600.155	42.048	-42.048	4.074	-3.178	2/4지점
28	-30.107	-8.027	-97.274	-30.713	387.439	-630.422	42.048	-42.048	4.074	-3.178	3/4지점
28	-30.107	-8.027	-103.519	-9.190	362.768	-661.684	42.048	-42.048	4.074	-3.178	J지점
29	-51.229	-15.913	-149.284	-131.874	426.842	-641.370	81.099	-81.099	4.801	-5.711	I지점
29	-51.229	-15.913	-155.531	-110.346	391.594	-666.130	81.099	-81.099	4.801	-5.711	1/4지점
29	-51.229	-15.913	-161.778	-88.818	364.259	-694.192	81.099	-81.099	4.801	-5.711	2/4지점
29	-51.229	-15.913	-168.025	-67.291	359.634	-724.482	81.099	-81.099	4.801	-5.711	3/4지점
29	-51.229	-15.913	-174.271	-45.763	357.732	-755.819	81.099	-81.099	4.801	-5.711	J지점
30	-61.688	-22.887	-194.012	-150.130	481.263	-757.490	117.869	-117.869	5.147	-9.062	I지점
30	-61.688	-22.887	-200.256	-128.608	446.238	-782.245	117.869	-117.869	5.147	-9.062	1/4지점
30	-61.688	-22.887	-206.501	-107.087	417.761	-810.229	117.869	-117.869	5.147	-9.062	2/4지점
30	-61.688	-22.887	-212.746	-85.566	412.494	-840.361	117.869	-117.869	5.147	-9.062	3/4지점
30	-61.688	-22.887	-218.991	-64.044	409.880	-871.474	117.869	-117.869	5.147	-9.062	J지점
31	-58.296	-27.852	-203.604	-142.902	568.070	-902.471	153.278	-153.278	5.213	-13.131	I지점
31	-58.296	-27.852	-209.850	-121.377	533.179	-927.468	153.278	-153.278	5.213	-13.131	1/4지점
31	-58.296	-27.852	-216.096	-99.851	504.926	-955.168	153.278	-153.278	5.213	-13.131	2/4지점
31	-58.296	-27.852	-222.342	-78.326	498.853	-984.536	153.278	-153.278	5.213	-13.131	3/4지점
31	-58.296	-27.852	-228.588	-56.801	495.320	-1014.571	153.278	-153.278	5.213	-13.131	J지점
32	-41.434	-30.571	-175.303	-101.611	662.416	-1038.297	183.076	-183.076	7.083	-17.555	I지점
32	-41.434	-30.571	-181.548	-80.088	628.130	-1063.146	183.076	-183.076	7.083	-17.555	1/4지점
32	-41.434	-30.571	-187.793	-58.566	605.471	-1090.700	183.076	-183.076	7.083	-17.555	2/4지점
32	-41.434	-30.571	-194.038	-37.044	599.016	-1120.031	183.076	-183.076	7.083	-17.555	3/4지점
32	-41.434	-30.571	-200.283	-15.522	595.030	-1150.167	183.076	-183.076	7.083	-17.555	J지점
33	-17.079	-50.878	-97.062	-28.491	788.202	-1168.713	210.108	-210.108	9.370	-22.315	I지점
33	-17.079	-50.878	-103.307	-6.970	752.596	-1195.432	210.108	-210.108	9.370	-22.315	1/4지점
33	-17.079	-50.878	-109.552	14.551	736.025	-1224.047	210.108	-210.108	9.370	-22.315	2/4지점
33	-17.079	-50.878	-115.796	36.071	729.196	-1253.630	210.108	-210.108	9.370	-22.315	3/4지점
33	-17.079	-50.878	-122.041	57.592	724.790	-1283.321	210.108	-210.108	9.370	-22.315	J지점
34	76.143	-69.297	-6.659	64.493	923.125	-1261.472	220.982	-220.982	10.768	-25.581	I지점
34	76.143	-69.297	-12.889	86.010	886.205	-1288.871	220.982	-220.982	10.768	-25.581	1/4지점
34	76.143	-69.297	-19.091	107.527	872.723	-1318.912	220.982	-220.982	10.768	-25.581	2/4지점
34	76.143	-69.297	-25.265	129.044	865.386	-1350.596	220.982	-220.982	10.768	-25.581	3/4지점
34	76.143	-69.297	-31.411	150.561	860.671	-1382.921	220.982	-220.982	10.768	-25.581	J지점
35	196.400	-70.885	142.952	141.542	953.768	-1227.432	159.948	-159.948	8.763	-20.881	I지점
35	196.400	-70.885	136.875	163.060	914.776	-1257.261	159.948	-159.948	8.763	-20.881	1/4지점
35	196.400	-70.885	130.911	184.579	894.305	-1289.765	159.948	-159.948	8.763	-20.881	2/4지점
35	196.400	-70.885	125.059	206.098	887.015	-1323.887	159.948	-159.948	8.763	-20.881	3/4지점
35	196.400	-70.885	119.319	227.616	882.511	-1358.625	159.948	-159.948	8.763	-20.881	J지점
36	310.203	-77.251	407.044	189.653	1253.255	-1195.457	474.545	-474.545	5.129	-3.516	I지점
36	310.203	-77.251	402.497	206.868	1218.161	-1224.559	474.545	-474.545	5.129	-3.516	1/4지점
36	310.203	-77.251	397.950	224.083	1186.025	-1254.900	474.545	-474.545	5.129	-3.516	2/4지점
36	310.203	-77.251	393.403	241.298	1157.250	-1285.908	474.545	-474.545	5.129	-3.516	3/4지점
36	310.203	-77.251	388.855	258.513	1135.012	-1317.021	474.545	-474.545	5.129	-3.516	J지점
37	387.269	-83.562	508.816	184.724	1742.695	-1144.404	502.464	-502.464	26.893	-17.293	I지점
37	387.269	-83.562	503.132	206.242	1706.082	-1166.165	502.479	-502.479	26.893	-17.293	1/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
37	387.269	-83.562	497.449	227.759	1671.792	-1198.666	502.525	-502.525	26.893	-17.293	2/4지점
37	387.269	-83.562	491.765	249.277	1640.640	-1233.293	502.601	-502.601	26.893	-17.293	3/4지점
37	387.269	-83.562	486.081	270.795	1617.356	-1269.200	502.707	-502.707	26.893	-17.293	J지점
38	521.944	-82.597	730.738	217.335	1958.926	-990.704	165.767	-165.767	44.647	-26.426	I지점
38	521.944	-82.597	724.971	238.850	1925.405	-997.512	165.619	-165.619	44.647	-26.426	1/4지점
38	521.944	-82.597	719.035	260.366	1893.100	-1027.232	165.438	-165.438	44.647	-26.426	2/4지점
38	521.944	-82.597	712.932	281.882	1862.808	-1059.828	165.224	-165.224	44.647	-26.426	3/4지점
38	521.944	-82.597	706.660	303.397	1835.307	-1094.511	164.977	-164.977	44.647	-26.426	J지점
39	483.977	-55.763	661.183	235.625	1761.014	-759.204	204.934	-204.934	42.683	-25.385	I지점
39	483.977	-55.763	654.828	257.139	1730.068	-763.234	204.654	-204.654	42.683	-25.385	1/4지점
39	483.977	-55.763	648.472	278.653	1698.667	-769.645	204.341	-204.341	42.683	-25.385	2/4지점
39	483.977	-55.763	642.117	300.167	1667.369	-800.377	203.995	-203.995	42.683	-25.385	3/4지점
39	483.977	-55.763	635.762	321.681	1636.911	-837.971	203.616	-203.616	42.683	-25.385	J지점
40	369.701	-32.896	510.625	262.133	1518.300	-563.186	185.156	-185.156	35.823	-22.052	I지점
40	369.701	-32.896	504.283	283.648	1486.187	-564.839	184.744	-184.744	35.823	-22.052	1/4지점
40	369.701	-32.896	497.969	305.163	1454.217	-568.862	184.300	-184.300	35.823	-22.052	2/4지점
40	369.701	-32.896	491.684	326.679	1423.500	-594.106	183.823	-183.823	35.823	-22.052	3/4지점
40	369.701	-32.896	485.427	348.194	1395.180	-628.624	183.313	-183.313	35.823	-22.052	J지점
41	409.983	-29.072	618.406	311.226	1337.193	-444.634	164.176	-164.176	30.318	-19.728	I지점
41	409.983	-29.072	612.162	332.743	1305.506	-446.292	163.633	-163.633	30.318	-19.728	1/4지점
41	409.983	-29.072	605.918	354.261	1274.414	-451.219	163.057	-163.057	30.318	-19.728	2/4지점
41	409.983	-29.072	599.674	375.779	1245.003	-484.199	162.449	-162.449	30.318	-19.728	3/4지점
41	409.983	-29.072	593.430	397.297	1218.315	-518.009	161.807	-161.807	30.318	-19.728	J지점
42	396.677	-22.346	629.458	310.299	1132.811	-338.130	134.757	-134.757	24.907	-17.431	I지점
42	396.677	-22.346	623.230	331.811	1100.115	-339.139	134.083	-134.083	24.907	-17.431	1/4지점
42	396.677	-22.346	617.029	353.323	1068.567	-344.763	133.376	-133.376	24.907	-17.431	2/4지점
42	396.677	-22.346	610.857	374.835	1039.270	-377.440	132.635	-132.635	24.907	-17.431	3/4지점
42	396.677	-22.346	604.712	396.347	1013.248	-410.486	131.862	-131.862	24.907	-17.431	J지점
43	342.147	-14.233	565.107	275.634	934.408	-261.951	103.906	-103.906	19.937	-15.474	I지점
43	342.147	-14.233	559.004	297.148	901.492	-262.576	103.099	-103.099	19.937	-15.474	1/4지점
43	342.147	-14.233	552.956	318.662	870.125	-265.709	102.260	-102.260	19.937	-15.474	2/4지점
43	342.147	-14.233	546.964	340.176	841.353	-295.960	101.388	-101.388	19.937	-15.474	3/4지점
43	342.147	-14.233	541.029	361.690	816.063	-328.378	100.483	-100.483	19.937	-15.474	J지점
44	254.895	-6.182	441.255	204.115	736.210	-216.094	69.243	-69.243	14.997	-13.434	I지점
44	254.895	-6.182	435.348	225.628	704.189	-216.688	68.305	-68.305	14.997	-13.434	1/4지점
44	254.895	-6.182	429.441	247.141	673.439	-219.762	67.335	-67.335	14.997	-13.434	2/4지점
44	254.895	-6.182	423.533	268.653	644.891	-247.261	66.331	-66.331	14.997	-13.434	3/4지점
44	254.895	-6.182	417.626	290.166	619.509	-283.872	65.295	-65.295	14.997	-13.434	J지점
45	143.209	1.527	273.670	103.275	617.540	-270.430	32.115	-32.115	10.109	-11.287	I지점
45	143.209	1.527	267.791	124.787	585.805	-294.995	31.131	-31.131	10.109	-11.287	1/4지점
45	143.209	1.527	261.968	146.299	555.394	-322.498	30.117	-30.117	10.109	-11.287	2/4지점
45	143.209	1.527	256.202	167.811	527.449	-351.966	29.072	-29.072	10.109	-11.287	3/4지점
45	143.209	1.527	250.492	189.323	502.659	-382.473	27.997	-27.997	10.109	-11.287	J지점
46	22.373	8.323	87.848	-11.612	531.927	-441.848	6.288	-6.288	5.753	-9.368	I지점
46	22.373	8.323	82.166	9.902	500.989	-466.594	7.489	-7.489	5.753	-9.368	1/4지점
46	22.373	8.323	76.483	31.415	471.314	-494.351	8.723	-8.723	5.753	-9.368	2/4지점

< Girder 1 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
46	22.373	8.323	70.801	52.929	443.836	-524.245	9.990	-9.990	5.753	-9.368	3/4지점
46	22.373	8.323	65.118	74.442	419.422	-555.359	11.290	-11.290	5.753	-9.368	J지점
47	-102.872	14.227	-107.968	-132.352	467.141	-637.954	44.220	-44.220	7.931	-7.661	I지점
47	-102.872	14.227	-113.650	-110.840	436.851	-662.996	45.552	-45.552	7.931	-7.661	1/4지점
47	-102.872	14.227	-119.332	-89.329	407.778	-691.066	46.918	-46.918	7.931	-7.661	2/4지점
47	-102.872	14.227	-125.014	-67.817	380.865	-721.305	48.317	-48.317	7.931	-7.661	3/4지점
47	-102.872	14.227	-130.696	-46.306	356.982	-752.772	49.748	-49.748	7.931	-7.661	J지점
48	-226.790	19.305	-304.343	-252.731	451.834	-862.001	81.808	-81.808	10.366	-6.217	I지점
48	-226.790	19.305	-310.025	-231.218	422.178	-887.156	83.272	-83.272	10.366	-6.217	1/4지점
48	-226.790	19.305	-315.707	-209.706	393.681	-915.340	84.769	-84.769	10.366	-6.217	2/4지점
48	-226.790	19.305	-321.389	-188.193	368.064	-945.698	86.299	-86.299	10.366	-6.217	3/4지점
48	-226.790	19.305	-327.072	-166.680	367.208	-977.293	87.861	-87.861	10.366	-6.217	J지점
49	-336.650	23.216	-481.039	-358.949	477.089	-1090.779	117.784	-117.784	12.273	-5.045	I지점
49	-336.650	23.216	-486.750	-337.436	447.954	-1115.588	119.379	-119.379	12.273	-5.045	1/4지점
49	-336.650	23.216	-492.517	-315.923	419.793	-1143.530	121.008	-121.008	12.273	-5.045	2/4지점
49	-336.650	23.216	-498.340	-294.410	397.985	-1173.759	122.669	-122.669	12.273	-5.045	3/4지점
49	-336.650	23.216	-504.219	-272.897	396.523	-1205.312	124.363	-124.363	12.273	-5.045	J지점
50	-433.676	26.282	-640.200	-448.417	522.607	-1317.982	152.546	-152.546	13.813	-5.963	I지점
50	-433.676	26.282	-646.107	-426.904	490.740	-1342.463	154.273	-154.273	13.813	-5.963	1/4지점
50	-433.676	26.282	-652.014	-405.391	459.565	-1370.050	156.033	-156.033	13.813	-5.963	2/4지점
50	-433.676	26.282	-657.922	-383.878	442.545	-1399.833	157.827	-157.827	13.813	-5.963	3/4지점
50	-433.676	26.282	-663.829	-362.365	439.690	-1430.830	159.653	-159.653	13.813	-5.963	J지점
51	-513.904	28.933	-774.462	-490.255	575.737	-1474.061	177.295	-177.295	14.587	-7.164	I지점
51	-513.904	28.933	-779.221	-473.046	548.733	-1495.037	178.780	-178.780	14.587	-7.164	1/4지점
51	-513.904	28.933	-784.047	-455.837	520.439	-1518.495	180.286	-180.286	14.587	-7.164	2/4지점
51	-513.904	28.933	-788.940	-438.628	498.067	-1543.893	181.812	-181.812	14.587	-7.164	3/4지점
51	-513.904	28.933	-793.900	-421.419	493.962	-1570.594	183.360	-183.360	14.587	-7.164	J지점
52	-572.070	30.765	-872.058	-507.020	618.471	-1552.321	187.236	-187.236	14.834	-7.778	I지점
52	-572.070	30.765	-877.051	-489.812	587.729	-1576.043	188.804	-188.804	14.834	-7.778	1/4지점
52	-572.070	30.765	-882.044	-472.604	555.038	-1602.520	190.394	-190.394	14.834	-7.778	2/4지점
52	-572.070	30.765	-887.037	-455.396	543.815	-1631.078	192.004	-192.004	14.834	-7.778	3/4지점
52	-572.070	30.765	-892.031	-438.189	539.846	-1661.000	193.636	-193.636	14.834	-7.778	J지점
53	-549.450	28.233	-844.312	-499.283	536.520	-1373.849	106.923	-106.923	12.888	-7.441	I지점
53	-549.450	28.233	-848.396	-485.210	501.143	-1398.910	108.273	-108.273	12.888	-7.441	1/4지점
53	-549.450	28.233	-853.561	-471.138	489.157	-1427.167	109.637	-109.637	12.888	-7.441	2/4지점
53	-549.450	28.233	-860.061	-457.066	486.659	-1458.205	111.015	-111.015	12.888	-7.441	3/4지점
53	-549.450	28.233	-866.560	-442.993	486.262	-1491.618	112.407	-112.407	12.888	-7.441	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
54	61.175	-8.603	64.670	98.044	845.609	-769.986	349.838	-349.838	1.960	-4.085	I지점
54	61.175	-8.603	71.342	83.598	847.986	-748.110	349.838	-349.838	1.960	-4.085	1/4지점
54	61.175	-8.603	78.014	69.151	851.463	-727.826	349.838	-349.838	1.960	-4.085	2/4지점
54	61.175	-8.603	83.168	54.704	854.946	-709.379	349.838	-349.838	1.960	-4.085	3/4지점
54	61.175	-8.603	87.361	40.258	858.429	-698.924	349.838	-349.838	1.960	-4.085	J지점
55	68.359	-9.675	77.883	114.739	994.104	-887.767	367.032	-367.032	2.458	-5.085	I지점
55	68.359	-9.675	82.888	97.490	998.263	-864.839	367.032	-367.032	2.458	-5.085	1/4지점
55	68.359	-9.675	87.893	80.241	1002.421	-843.367	367.032	-367.032	2.458	-5.085	2/4지점
55	68.359	-9.675	92.899	62.992	1006.579	-824.090	367.032	-367.032	2.458	-5.085	3/4지점
55	68.359	-9.675	97.904	45.743	1010.738	-823.897	367.032	-367.032	2.458	-5.085	J지점
56	66.046	-9.386	74.834	114.910	917.539	-819.619	299.953	-299.953	2.509	-5.160	I지점
56	66.046	-9.386	79.806	97.661	921.697	-797.715	299.953	-299.953	2.509	-5.160	1/4지점
56	66.046	-9.386	84.710	80.412	925.856	-777.039	299.953	-299.953	2.509	-5.160	2/4지점
56	66.046	-9.386	89.548	63.162	930.014	-758.132	299.953	-299.953	2.509	-5.160	3/4지점
56	66.046	-9.386	94.318	45.913	934.172	-754.215	299.953	-299.953	2.509	-5.160	J지점
57	63.682	-9.094	69.914	118.934	805.965	-723.521	231.558	-231.558	2.490	-5.107	I지점
57	63.682	-9.094	75.834	97.373	811.163	-698.263	231.558	-231.558	2.490	-5.107	1/4지점
57	63.682	-9.094	81.755	75.812	816.361	-674.240	231.558	-231.558	2.490	-5.107	2/4지점
57	63.682	-9.094	87.676	54.251	821.559	-652.279	231.558	-231.558	2.490	-5.107	3/4지점
57	63.682	-9.094	93.596	32.690	826.757	-645.573	231.558	-231.558	2.490	-5.107	J지점
58	63.253	-9.090	70.311	110.658	696.794	-617.157	172.283	-172.283	2.448	-5.023	I지점
58	63.253	-9.090	76.204	89.097	701.956	-591.726	172.283	-172.283	2.448	-5.023	1/4지점
58	63.253	-9.090	82.040	67.536	707.154	-567.575	172.283	-172.283	2.448	-5.023	2/4지점
58	63.253	-9.090	87.820	45.975	712.352	-545.519	172.283	-172.283	2.448	-5.023	3/4지점
58	63.253	-9.090	93.543	24.414	717.550	-534.232	172.283	-172.283	2.448	-5.023	J지점
59	62.161	-9.049	69.003	105.596	613.555	-532.109	123.779	-123.779	2.409	-4.980	I지점
59	62.161	-9.049	74.698	84.035	617.938	-506.600	123.779	-123.779	2.409	-4.980	1/4지점
59	62.161	-9.049	80.393	62.474	623.136	-482.278	123.779	-123.779	2.409	-4.980	2/4지점
59	62.161	-9.049	86.089	40.913	628.334	-459.918	123.779	-123.779	2.409	-4.980	3/4지점
59	62.161	-9.049	91.784	19.352	633.532	-444.489	123.779	-123.779	2.409	-4.980	J지점
60	58.722	-8.830	63.721	100.847	540.014	-463.070	88.681	-88.681	2.314	-4.895	I지점
60	58.722	-8.830	69.419	79.277	542.869	-437.273	88.681	-88.681	2.314	-4.895	1/4지점
60	58.722	-8.830	75.116	57.707	547.804	-412.637	88.681	-88.681	2.314	-4.895	2/4지점
60	58.722	-8.830	80.813	36.136	553.003	-389.941	88.681	-88.681	2.314	-4.895	3/4지점
60	58.722	-8.830	86.511	14.566	558.202	-370.425	88.681	-88.681	2.314	-4.895	J지점
61	51.810	-8.383	53.097	93.866	475.696	-410.138	58.789	-58.789	2.096	-4.730	I지점
61	51.810	-8.383	58.802	72.269	476.900	-383.951	58.789	-58.789	2.096	-4.730	1/4지점
61	51.810	-8.383	64.506	50.673	480.571	-362.067	58.789	-58.789	2.096	-4.730	2/4지점
61	51.810	-8.383	70.210	29.076	485.762	-362.054	58.789	-58.789	2.096	-4.730	3/4지점
61	51.810	-8.383	75.915	7.480	490.965	-362.054	58.789	-58.789	2.096	-4.730	J지점
62	35.767	-7.263	28.621	76.964	412.767	-416.393	13.550	-13.550	1.622	-4.231	I지점
62	35.767	-7.263	34.363	55.330	434.354	-411.223	13.550	-13.550	1.622	-4.231	1/4지점
62	35.767	-7.263	40.163	33.695	458.791	-407.758	13.550	-13.550	1.622	-4.231	2/4지점
62	35.767	-7.263	46.019	12.061	485.291	-406.845	13.550	-13.550	1.622	-4.231	3/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
62	35.767	-7.263	51.931	-9.574	513.037	-406.845	13.550	-13.550	1.622	-4.231	J지점
63	14.000	-5.466	-3.634	54.422	454.255	-478.466	53.316	-53.316	2.103	-3.400	I지점
63	14.000	-5.466	2.316	32.753	475.470	-473.244	53.316	-53.316	2.103	-3.400	1/4지점
63	14.000	-5.466	8.267	11.084	499.532	-468.156	53.316	-53.316	2.103	-3.400	2/4지점
63	14.000	-5.466	14.217	-10.585	525.628	-465.094	53.316	-53.316	2.103	-3.400	3/4지점
63	14.000	-5.466	20.167	-32.254	552.882	-464.480	53.316	-53.316	2.103	-3.400	J지점
64	-13.385	-2.588	-42.231	26.242	480.883	-540.939	92.882	-92.882	2.873	-1.962	I지점
64	-13.385	-2.588	-36.243	4.537	501.487	-535.707	92.882	-92.882	2.873	-1.962	1/4지점
64	-13.385	-2.588	-30.198	-17.168	525.030	-530.475	92.882	-92.882	2.873	-1.962	2/4지점
64	-13.385	-2.588	-24.097	-38.873	550.928	-525.579	92.882	-92.882	2.873	-1.962	3/4지점
64	-13.385	-2.588	-17.939	-60.578	578.295	-522.952	92.882	-92.882	2.873	-1.962	J지점
65	-38.058	1.156	-73.047	2.184	505.193	-598.852	131.544	-131.544	3.860	-3.913	I지점
65	-38.058	1.156	-66.838	-19.554	525.820	-593.611	131.544	-131.544	3.860	-3.913	1/4지점
65	-38.058	1.156	-60.601	-41.291	549.367	-588.371	131.544	-131.544	3.860	-3.913	2/4지점
65	-38.058	1.156	-54.335	-63.029	574.938	-583.130	131.544	-131.544	3.860	-3.913	3/4지점
65	-38.058	1.156	-48.042	-84.766	601.607	-578.479	131.544	-131.544	3.860	-3.913	J지점
66	-53.322	5.383	-83.992	-13.152	590.848	-698.276	186.009	-186.009	5.221	-7.080	I지점
66	-53.322	5.383	-77.673	-34.927	609.254	-693.026	186.009	-186.009	5.221	-7.080	1/4지점
66	-53.322	5.383	-71.354	-56.703	632.539	-687.776	186.009	-186.009	5.221	-7.080	2/4지점
66	-53.322	5.383	-65.036	-78.479	657.381	-682.526	186.009	-186.009	5.221	-7.080	3/4지점
66	-53.322	5.383	-58.717	-100.255	682.886	-677.275	186.009	-186.009	5.221	-7.080	J지점
67	-51.689	9.417	-62.191	-13.050	707.566	-845.161	263.340	-263.340	6.765	-10.775	I지점
67	-51.689	9.417	-55.849	-34.856	718.677	-839.903	263.340	-263.340	6.765	-10.775	1/4지점
67	-51.689	9.417	-49.479	-56.663	741.576	-834.644	263.340	-263.340	6.765	-10.775	2/4지점
67	-51.689	9.417	-43.080	-78.469	765.747	-829.386	263.340	-263.340	6.765	-10.775	3/4지점
67	-51.689	9.417	-36.652	-100.276	790.336	-824.128	263.340	-263.340	6.765	-10.775	J지점
68	-57.287	20.848	-28.695	12.134	871.021	-1058.683	391.126	-391.126	8.484	-14.405	I지점
68	-57.287	20.848	-22.241	-9.711	871.390	-1053.415	391.126	-391.126	8.484	-14.405	1/4지점
68	-57.287	20.848	-15.788	-31.556	889.863	-1048.147	391.126	-391.126	8.484	-14.405	2/4지점
68	-57.287	20.848	-9.335	-53.402	912.236	-1042.879	391.126	-391.126	8.484	-14.405	3/4지점
68	-57.287	20.848	-2.882	-75.247	934.746	-1037.610	391.126	-391.126	8.484	-14.405	J지점
69	-47.931	37.379	22.157	33.552	943.229	-1220.341	521.655	-521.655	9.442	-13.974	I지점
69	-47.931	37.379	28.535	11.673	943.584	-1215.064	521.655	-521.655	9.442	-13.974	1/4지점
69	-47.931	37.379	34.741	-10.206	949.197	-1209.787	521.655	-521.655	9.442	-13.974	2/4지점
69	-47.931	37.379	40.777	-32.084	972.255	-1204.510	521.655	-521.655	9.442	-13.974	3/4지점
69	-47.931	37.379	46.641	-53.963	996.562	-1199.233	521.655	-521.655	9.442	-13.974	J지점
70	-64.309	52.218	9.570	32.558	903.839	-1151.718	488.509	-488.509	5.763	-5.520	I지점
70	-64.309	52.218	15.356	10.654	903.839	-1146.433	488.509	-488.509	5.763	-5.520	1/4지점
70	-64.309	52.218	21.142	-11.251	903.839	-1141.148	488.509	-488.509	5.763	-5.520	2/4지점
70	-64.309	52.218	26.928	-33.156	904.002	-1136.026	488.509	-488.509	5.763	-5.520	3/4지점
70	-64.309	52.218	32.714	-55.060	906.534	-1133.274	488.509	-488.509	5.763	-5.520	J지점
71	-168.100	64.510	-180.669	-11.488	1022.402	-904.297	353.205	-353.205	14.828	-6.880	I지점
71	-168.100	64.510	-176.041	-29.010	1024.392	-902.059	353.205	-353.205	14.828	-6.880	1/4지점
71	-168.100	64.510	-171.412	-46.532	1028.237	-901.675	353.205	-353.205	14.828	-6.880	2/4지점
71	-168.100	64.510	-166.784	-64.054	1032.466	-901.675	353.205	-353.205	14.828	-6.880	3/4지점
71	-168.100	64.510	-162.156	-81.576	1036.695	-901.675	353.205	-353.205	14.828	-6.880	J지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
72	-149.964	66.569	-111.372	19.028	1122.300	-917.311	423.539	-423.539	24.534	-11.030	I지점
72	-149.964	66.569	-105.531	-2.869	1127.585	-890.357	423.539	-423.539	24.534	-11.030	1/4지점
72	-149.964	66.569	-99.575	-24.767	1132.871	-864.223	423.539	-423.539	24.534	-11.030	2/4지점
72	-149.964	66.569	-93.505	-46.665	1138.156	-854.763	423.539	-423.539	24.534	-11.030	3/4지점
72	-149.964	66.569	-87.322	-68.563	1143.442	-854.263	423.539	-423.539	24.534	-11.030	J지점
73	-71.099	65.602	-3.193	95.625	1167.957	-963.153	339.666	-339.666	27.001	-11.908	I지점
73	-71.099	65.602	3.061	73.730	1173.242	-937.735	339.666	-339.666	27.001	-11.908	1/4지점
73	-71.099	65.602	9.343	51.835	1178.527	-913.037	339.666	-339.666	27.001	-11.908	2/4지점
73	-71.099	65.602	15.654	29.940	1183.812	-899.889	339.666	-339.666	27.001	-11.908	3/4지점
73	-71.099	65.602	21.994	8.045	1189.097	-899.511	339.666	-339.666	27.001	-11.908	J지점
74	12.714	49.417	85.957	153.271	1106.228	-847.494	269.780	-269.780	22.734	-9.678	I지점
74	12.714	49.417	92.311	131.373	1111.514	-824.057	269.780	-269.780	22.734	-9.678	1/4지점
74	12.714	49.417	98.665	109.476	1116.800	-800.961	269.780	-269.780	22.734	-9.678	2/4지점
74	12.714	49.417	105.019	87.578	1122.086	-785.637	269.780	-269.780	22.734	-9.678	3/4지점
74	12.714	49.417	111.373	65.681	1127.372	-785.405	269.780	-269.780	22.734	-9.678	J지점
75	38.287	30.108	164.727	177.352	1006.361	-721.928	212.325	-212.325	17.515	-7.060	I지점
75	38.287	30.108	171.079	155.462	1011.646	-697.738	212.325	-212.325	17.515	-7.060	1/4지점
75	38.287	30.108	177.431	133.571	1016.931	-674.410	212.325	-212.325	17.515	-7.060	2/4지점
75	38.287	30.108	183.783	111.681	1022.216	-657.581	212.325	-212.325	17.515	-7.060	3/4지점
75	38.287	30.108	190.135	89.791	1027.500	-657.471	212.325	-212.325	17.515	-7.060	J지점
76	54.587	27.579	192.640	182.851	891.001	-621.196	164.001	-164.001	12.854	-4.708	I지점
76	54.587	27.579	198.993	160.958	896.287	-596.554	164.001	-164.001	12.854	-4.708	1/4지점
76	54.587	27.579	205.345	139.066	901.572	-572.647	164.001	-164.001	12.854	-4.708	2/4지점
76	54.587	27.579	211.698	117.174	906.858	-553.367	164.001	-164.001	12.854	-4.708	3/4지점
76	54.587	27.579	218.050	95.281	912.144	-553.201	164.001	-164.001	12.854	-4.708	J지점
77	56.896	22.827	181.843	167.899	757.539	-533.288	119.278	-119.278	8.676	-4.676	I지점
77	56.896	22.827	188.195	146.007	762.825	-507.325	119.278	-119.278	8.676	-4.676	1/4지점
77	56.896	22.827	194.548	124.115	768.111	-482.354	119.278	-119.278	8.676	-4.676	2/4지점
77	56.896	22.827	200.900	102.222	773.397	-459.369	119.278	-119.278	8.676	-4.676	3/4지점
77	56.896	22.827	207.253	80.330	778.683	-457.366	119.278	-119.278	8.676	-4.676	J지점
78	45.515	16.054	136.337	135.769	641.577	-470.335	79.737	-79.737	5.274	-4.356	I지점
78	45.515	16.054	142.688	113.884	645.684	-443.502	79.737	-79.737	5.274	-4.356	1/4지점
78	45.515	16.054	149.039	91.998	650.969	-417.738	79.737	-79.737	5.274	-4.356	2/4지점
78	45.515	16.054	155.389	70.113	656.254	-394.052	79.737	-79.737	5.274	-4.356	3/4지점
78	45.515	16.054	161.740	48.228	661.539	-384.000	79.737	-79.737	5.274	-4.356	J지점
79	23.772	8.312	65.105	89.406	548.721	-445.793	39.423	-39.423	2.676	-3.654	I지점
79	23.772	8.312	71.456	67.517	550.012	-418.067	39.423	-39.423	2.676	-3.654	1/4지점
79	23.772	8.312	77.808	45.628	554.221	-391.452	39.423	-39.423	2.676	-3.654	2/4지점
79	23.772	8.312	84.159	23.740	559.507	-386.280	39.423	-39.423	2.676	-3.654	3/4지점
79	23.772	8.312	90.511	1.851	564.793	-386.280	39.423	-39.423	2.676	-3.654	J지점
80	-2.788	0.322	-17.834	36.362	460.933	-474.708	0.903	-0.903	2.911	-2.603	I지점
80	-2.788	0.322	-11.484	14.476	460.933	-469.422	0.903	-0.903	2.911	-2.603	1/4지점
80	-2.788	0.322	-5.133	-7.409	462.179	-465.382	0.903	-0.903	2.911	-2.603	2/4지점
80	-2.788	0.322	1.217	-29.295	466.432	-464.350	0.903	-0.903	2.911	-2.603	3/4지점
80	-2.788	0.322	7.568	-51.181	471.718	-464.350	0.903	-0.903	2.911	-2.603	J지점
81	-29.309	-7.743	-101.054	-17.394	380.200	-565.744	40.946	-40.946	3.998	-2.953	I지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
81	-29.309	-7.743	-94.704	-39.279	380.200	-560.459	40.946	-40.946	3.998	-2.953	1/4지점
81	-29.309	-7.743	-88.354	-61.163	391.525	-555.173	40.946	-40.946	3.998	-2.953	2/4지점
81	-29.309	-7.743	-82.004	-83.047	418.229	-551.151	40.946	-40.946	3.998	-2.953	3/4지점
81	-29.309	-7.743	-75.653	-104.932	446.044	-550.054	40.946	-40.946	3.998	-2.953	J지점
82	-50.160	-15.475	-170.656	-63.970	375.615	-655.971	80.289	-80.289	4.714	-5.466	I지점
82	-50.160	-15.475	-164.306	-85.855	387.797	-650.685	80.289	-80.289	4.714	-5.466	1/4지점
82	-50.160	-15.475	-157.955	-107.739	411.577	-645.399	80.289	-80.289	4.714	-5.466	2/4지점
82	-50.160	-15.475	-151.605	-129.624	437.441	-640.113	80.289	-80.289	4.714	-5.466	3/4지점
82	-50.160	-15.475	-145.255	-151.509	464.383	-636.216	80.289	-80.289	4.714	-5.466	J지점
83	-60.375	-22.358	-214.350	-97.851	445.908	-763.779	117.814	-117.814	5.051	-8.813	I지점
83	-60.375	-22.358	-208.000	-119.733	449.833	-758.494	117.814	-117.814	5.051	-8.813	1/4지점
83	-60.375	-22.358	-201.651	-141.616	472.949	-753.208	117.814	-117.814	5.051	-8.813	2/4지점
83	-60.375	-22.358	-195.301	-163.499	498.029	-747.922	117.814	-117.814	5.051	-8.813	3/4지점
83	-60.375	-22.358	-188.951	-185.381	524.101	-742.643	117.814	-117.814	5.051	-8.813	J지점
84	-56.520	-27.233	-222.234	-115.922	543.084	-895.282	154.769	-154.769	5.104	-12.858	I지점
84	-56.520	-27.233	-215.886	-137.800	543.294	-889.997	154.769	-154.769	5.104	-12.858	1/4지점
84	-56.520	-27.233	-209.537	-159.678	564.794	-884.712	154.769	-154.769	5.104	-12.858	2/4지점
84	-56.520	-27.233	-203.189	-181.556	588.840	-879.427	154.769	-154.769	5.104	-12.858	3/4지점
84	-56.520	-27.233	-196.840	-203.434	613.631	-874.143	154.769	-154.769	5.104	-12.858	J지점
85	-38.565	-29.653	-190.290	-115.682	649.025	-1007.653	187.417	-187.417	6.983	-17.206	I지점
85	-38.565	-29.653	-183.940	-137.566	649.231	-1002.366	187.417	-187.417	6.983	-17.206	1/4지점
85	-38.565	-29.653	-177.590	-159.450	669.476	-997.080	187.417	-187.417	6.983	-17.206	2/4지점
85	-38.565	-29.653	-171.240	-181.334	693.467	-991.794	187.417	-187.417	6.983	-17.206	3/4지점
85	-38.565	-29.653	-164.890	-203.217	718.290	-986.507	187.417	-187.417	6.983	-17.206	J지점
86	-9.818	-49.367	-104.770	-87.264	786.552	-1114.068	219.670	-219.670	9.370	-22.161	I지점
86	-9.818	-49.367	-98.421	-109.143	786.865	-1108.782	219.670	-219.670	9.370	-22.161	1/4지점
86	-9.818	-49.367	-92.072	-131.022	804.534	-1103.496	219.670	-219.670	9.370	-22.161	2/4지점
86	-9.818	-49.367	-85.724	-152.901	828.980	-1098.211	219.670	-219.670	9.370	-22.161	3/4지점
86	-9.818	-49.367	-79.375	-174.780	853.703	-1092.925	219.670	-219.670	9.370	-22.161	J지점
87	82.662	-66.801	-16.584	-18.487	919.827	-1194.696	248.445	-248.445	10.696	-25.261	I지점
87	82.662	-66.801	-10.251	-40.362	920.135	-1189.411	248.445	-248.445	10.696	-25.261	1/4지점
87	82.662	-66.801	-3.946	-62.237	932.689	-1184.126	248.445	-248.445	10.696	-25.261	2/4지점
87	82.662	-66.801	2.331	-84.112	959.629	-1178.841	248.445	-248.445	10.696	-25.261	3/4지점
87	82.662	-66.801	8.580	-105.988	987.310	-1173.556	248.445	-248.445	10.696	-25.261	J지점
88	200.783	-68.022	137.615	96.281	926.761	-1169.926	301.587	-301.587	8.925	-20.952	I지점
88	200.783	-68.022	143.793	74.403	927.146	-1164.641	301.587	-301.587	8.925	-20.952	1/4지점
88	200.783	-68.022	149.858	52.524	935.331	-1159.355	301.587	-301.587	8.925	-20.952	2/4지점
88	200.783	-68.022	155.808	30.646	965.644	-1154.069	301.587	-301.587	8.925	-20.952	3/4지점
88	200.783	-68.022	161.643	8.768	996.764	-1148.783	301.587	-301.587	8.925	-20.952	J지점
89	302.734	-74.570	381.385	197.200	1123.181	-1155.686	402.751	-402.751	4.935	-4.219	I지점
89	302.734	-74.570	386.007	179.699	1123.181	-1151.457	402.751	-402.751	4.935	-4.219	1/4지점
89	302.734	-74.570	390.630	162.199	1123.181	-1147.229	402.751	-402.751	4.935	-4.219	2/4지점
89	302.734	-74.570	395.253	144.698	1123.494	-1143.314	402.751	-402.751	4.935	-4.219	3/4지점
89	302.734	-74.570	399.875	127.197	1125.887	-1141.478	402.751	-402.751	4.935	-4.219	J지점
90	369.376	-80.540	449.953	289.243	1556.287	-1117.927	420.281	-420.281	27.068	-17.284	I지점
90	369.376	-80.540	455.731	267.368	1559.004	-1115.359	420.296	-420.296	27.068	-17.284	1/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
90	369.376	-80.540	461.509	245.494	1564.224	-1115.293	420.343	-420.343	27.068	-17.284	2/4지점
90	369.376	-80.540	467.287	223.620	1569.509	-1115.293	420.420	-420.420	27.068	-17.284	3/4지점
90	369.376	-80.540	473.064	201.746	1574.794	-1115.293	420.528	-420.528	27.068	-17.284	J지점
91	494.220	-79.858	647.032	381.241	1748.227	-986.645	350.370	-350.370	44.109	-25.982	I지점
91	494.220	-79.858	652.896	359.364	1753.513	-986.645	350.509	-350.509	44.109	-25.982	1/4지점
91	494.220	-79.858	658.931	337.487	1758.800	-986.645	350.678	-350.678	44.109	-25.982	2/4지점
91	494.220	-79.858	665.137	315.610	1764.086	-986.645	350.879	-350.879	44.109	-25.982	3/4지점
91	494.220	-79.858	671.514	293.733	1769.372	-986.645	351.110	-351.110	44.109	-25.982	J지점
92	461.193	-53.912	584.259	434.286	1540.832	-853.314	258.257	-258.257	41.893	-24.819	I지점
92	461.193	-53.912	590.720	412.413	1546.117	-827.010	258.519	-258.519	41.893	-24.819	1/4지점
92	461.193	-53.912	597.181	390.541	1551.402	-812.694	258.811	-258.811	41.893	-24.819	2/4지점
92	461.193	-53.912	603.643	368.668	1556.688	-811.511	259.135	-259.135	41.893	-24.819	3/4지점
92	461.193	-53.912	610.104	346.796	1561.973	-811.512	259.490	-259.490	41.893	-24.819	J지점
93	354.881	-32.033	451.446	469.024	1301.576	-676.931	191.478	-191.478	35.181	-21.572	I지점
93	354.881	-32.033	457.894	447.149	1306.862	-650.798	191.863	-191.863	35.181	-21.572	1/4지점
93	354.881	-32.033	464.313	425.275	1312.147	-625.058	192.279	-192.279	35.181	-21.572	2/4지점
93	354.881	-32.033	470.703	403.400	1317.433	-619.503	192.725	-192.725	35.181	-21.572	3/4지점
93	354.881	-32.033	477.065	381.525	1322.719	-619.437	193.202	-193.202	35.181	-21.572	J지점
94	399.521	-28.455	574.322	464.739	1161.591	-547.560	162.934	-162.934	29.787	-19.321	I지점
94	399.521	-28.455	580.669	442.866	1166.877	-522.137	163.486	-163.486	29.787	-19.321	1/4지점
94	399.521	-28.455	587.016	420.992	1172.162	-497.478	164.071	-164.071	29.787	-19.321	2/4지점
94	399.521	-28.455	593.363	399.118	1177.448	-492.242	164.689	-164.689	29.787	-19.321	3/4지점
94	399.521	-28.455	599.710	377.244	1182.734	-492.229	165.341	-165.341	29.787	-19.321	J지점
95	387.206	-21.783	589.588	432.113	979.960	-445.257	130.188	-130.188	24.367	-17.019	I지점
95	387.206	-21.783	595.920	410.243	985.245	-419.047	130.873	-130.873	24.367	-17.019	1/4지점
95	387.206	-21.783	602.223	388.373	990.530	-394.063	131.592	-131.592	24.367	-17.019	2/4지점
95	387.206	-21.783	608.499	366.503	995.815	-381.105	132.345	-132.345	24.367	-17.019	3/4지점
95	387.206	-21.783	614.746	344.634	1001.100	-381.098	133.131	-133.131	24.367	-17.019	J지점
96	334.139	-13.855	528.513	379.763	796.820	-371.021	97.298	-97.298	19.445	-15.069	I지점
96	334.139	-13.855	534.718	357.890	802.106	-344.228	98.119	-98.119	19.445	-15.069	1/4지점
96	334.139	-13.855	540.867	336.017	807.392	-318.985	98.972	-98.972	19.445	-15.069	2/4지점
96	334.139	-13.855	546.958	314.145	812.678	-296.237	99.859	-99.859	19.445	-15.069	3/4지점
96	334.139	-13.855	552.993	292.272	817.963	-294.142	100.779	-100.779	19.445	-15.069	J지점
97	249.334	-6.025	408.663	298.776	615.937	-317.183	61.462	-61.462	14.577	-13.048	I지점
97	249.334	-6.025	414.669	276.904	620.286	-290.274	62.415	-62.415	14.577	-13.048	1/4지점
97	249.334	-6.025	420.675	255.031	625.572	-264.692	63.402	-63.402	14.577	-13.048	2/4지점
97	249.334	-6.025	426.681	233.159	630.857	-241.278	64.422	-64.422	14.577	-13.048	3/4지점
97	249.334	-6.025	432.687	211.286	636.143	-228.015	65.476	-65.476	14.577	-13.048	J지점
98	139.656	1.537	244.405	191.231	506.280	-337.055	24.120	-24.120	9.723	-10.910	I지점
98	139.656	1.537	250.382	169.360	507.160	-309.153	25.120	-25.120	9.723	-10.910	1/4지점
98	139.656	1.537	256.302	147.490	510.795	-283.250	26.151	-26.151	9.723	-10.910	2/4지점
98	139.656	1.537	262.164	125.620	516.073	-283.242	27.213	-27.213	9.723	-10.910	3/4지점
98	139.656	1.537	267.970	103.750	521.359	-283.242	28.306	-28.306	9.723	-10.910	J지점
99	22.569	8.103	64.541	72.734	428.933	-459.924	15.353	-15.353	5.480	-9.044	I지점
99	22.569	8.103	70.319	50.861	428.933	-454.638	14.133	-14.133	5.480	-9.044	1/4지점
99	22.569	8.103	76.096	28.988	429.250	-449.669	12.878	-12.878	5.480	-9.044	2/4지점

< Girder 2 >

(단위 : kN.m)

부재 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활하중		풍 하 중		지점침하		비 고
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	
99	22.569	8.103	81.874	7.115	432.028	-447.162	11.590	-11.590	5.480	-9.044	3/4지점
99	22.569	8.103	87.651	-14.757	441.274	-446.945	10.268	-10.268	5.480	-9.044	J지점
100	-100.508	13.881	-128.136	-54.242	367.144	-653.268	54.207	-54.207	7.830	-7.372	I지점
100	-100.508	13.881	-122.359	-76.111	374.424	-647.983	52.852	-52.852	7.830	-7.372	1/4지점
100	-100.508	13.881	-116.583	-97.980	397.852	-642.697	51.463	-51.463	7.830	-7.372	2/4지점
100	-100.508	13.881	-110.806	-119.849	423.368	-637.444	50.042	-50.042	7.830	-7.372	3/4지점
100	-100.508	13.881	-105.030	-141.719	450.169	-633.927	48.586	-48.586	7.830	-7.372	J지점
101	-219.662	18.749	-316.989	-181.151	400.756	-865.694	93.567	-93.567	10.205	-6.009	I지점
101	-219.662	18.749	-311.213	-203.021	400.999	-860.409	92.079	-92.079	10.205	-6.009	1/4지점
101	-219.662	18.749	-305.436	-224.892	417.194	-855.124	90.557	-90.557	10.205	-6.009	2/4지점
101	-219.662	18.749	-299.659	-246.762	441.799	-849.838	89.002	-89.002	10.205	-6.009	3/4지점
101	-219.662	18.749	-293.882	-268.633	467.733	-844.553	87.413	-87.413	10.205	-6.009	J지점
102	-328.863	22.627	-492.448	-305.162	441.826	-1088.396	132.995	-132.995	12.172	-4.885	I지점
102	-328.863	22.627	-486.643	-327.033	441.823	-1083.111	131.373	-131.373	12.172	-4.885	1/4지점
102	-328.863	22.627	-480.780	-348.904	445.035	-1077.825	129.717	-129.717	12.172	-4.885	2/4지점
102	-328.863	22.627	-474.860	-370.775	469.281	-1072.539	128.029	-128.029	12.172	-4.885	3/4지점
102	-328.863	22.627	-468.883	-392.646	494.976	-1067.254	126.307	-126.307	12.172	-4.885	J지점
103	-422.579	25.610	-644.162	-421.675	498.062	-1306.672	174.751	-174.751	13.788	-6.001	I지점
103	-422.579	25.610	-638.156	-443.545	498.058	-1301.387	173.136	-173.136	13.788	-6.001	1/4지점
103	-422.579	25.610	-632.151	-465.416	498.609	-1296.101	171.489	-171.489	13.788	-6.001	2/4지점
103	-422.579	25.610	-626.145	-487.287	517.771	-1290.815	169.812	-169.812	13.788	-6.001	3/4지점
103	-422.579	25.610	-620.139	-509.158	543.824	-1285.530	168.104	-168.104	13.788	-6.001	J지점
104	-501.466	28.318	-769.005	-514.935	572.907	-1464.454	220.281	-220.281	14.785	-7.226	I지점
104	-501.466	28.318	-764.167	-532.430	572.895	-1460.226	218.893	-218.893	14.785	-7.226	1/4지점
104	-501.466	28.318	-759.260	-549.925	573.375	-1455.998	217.485	-217.485	14.785	-7.226	2/4지점
104	-501.466	28.318	-754.286	-567.420	588.732	-1451.770	216.057	-216.057	14.785	-7.226	3/4지점
104	-501.466	28.318	-749.243	-584.915	612.522	-1447.542	214.610	-214.610	14.785	-7.226	J지점
105	-560.507	30.468	-863.285	-577.399	659.297	-1591.851	268.478	-268.478	15.424	-7.925	I지점
105	-560.507	30.468	-858.208	-594.894	659.323	-1587.623	267.011	-267.011	15.424	-7.925	1/4지점
105	-560.507	30.468	-853.132	-612.390	665.342	-1583.395	265.524	-265.524	15.424	-7.925	2/4지점
105	-560.507	30.468	-848.055	-629.885	692.161	-1579.167	264.018	-264.018	15.424	-7.925	3/4지점
105	-560.507	30.468	-842.978	-647.380	720.542	-1574.938	262.491	-262.491	15.424	-7.925	J지점
106	-571.059	30.508	-884.174	-567.337	702.904	-1636.211	365.807	-365.807	15.286	-8.040	I지점
106	-571.059	30.508	-880.023	-581.643	702.935	-1632.754	364.544	-364.544	15.286	-8.040	1/4지점
106	-571.059	30.508	-874.772	-595.949	711.106	-1629.296	363.268	-363.268	15.286	-8.040	2/4지점
106	-571.059	30.508	-868.165	-610.254	739.823	-1625.839	361.979	-361.979	15.286	-8.040	3/4지점
106	-571.059	30.508	-861.558	-624.560	770.836	-1622.544	360.677	-360.677	15.286	-8.040	J지점

2) 활하중 부재력 집계 및 피로하중 작용범위 산정

[DB 하중]

< Girder 1 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	0.054	-0.074	64.950	-449.135	0.128	514.085	A1
	2	1,298.410	-218.132	89.290	-386.618	1,516.542	475.908	
2	2	1,298.302	-218.094	71.712	-449.461	1,516.396	521.172	
	3	2,744.429	-505.657	131.792	-389.719	3,250.086	521.511	
3	3	2,744.378	-505.632	85.673	-418.169	3,250.010	503.842	
	4	3,988.380	-795.241	153.462	-362.004	4,783.621	515.466	
4	4	3,988.344	-795.220	94.200	-389.850	4,783.564	484.050	
	5	5,245.568	-1,155.523	180.035	-322.574	6,401.091	502.609	
5	5	5,245.507	-1,155.499	106.674	-350.984	6,401.006	457.658	
	6	6,170.464	-1,513.016	195.534	-284.405	7,683.480	479.938	
6	6	6,170.402	-1,512.993	125.082	-315.185	7,683.395	440.266	
	7	6,785.623	-1,869.208	215.360	-248.976	8,654.831	464.336	
7	7	6,785.560	-1,869.186	153.520	-287.700	8,654.746	441.220	
	8	7,093.562	-2,223.316	243.186	-214.718	9,316.878	457.903	
8	8	7,093.602	-2,223.350	190.213	-261.905	9,316.952	452.118	
	9	7,110.808	-2,575.404	270.683	-182.518	9,686.212	453.201	
9	9	7,110.868	-2,575.543	225.618	-237.319	9,686.411	462.937	
	10	6,882.683	-2,925.424	297.321	-152.418	9,808.107	449.739	
10	10	6,882.612	-2,925.691	259.311	-214.966	9,808.303	474.277	
	11	6,413.893	-3,274.271	325.086	-126.181	9,688.164	451.267	
11	11	6,413.356	-3,274.571	289.309	-192.776	9,687.927	482.085	
	12	5,751.462	-3,622.345	355.061	-104.850	9,373.807	459.911	
12	12	5,750.197	-3,622.592	314.911	-172.143	9,372.789	487.054	
	13	4,931.209	-3,969.839	380.036	-85.728	8,901.048	465.764	
13	13	4,929.120	-3,969.865	341.005	-151.875	8,898.985	492.880	
	14	3,999.890	-4,317.662	405.549	-68.387	8,317.552	473.936	
14	14	3,996.500	-4,317.233	365.978	-136.683	8,313.733	502.661	
	15	2,974.592	-4,654.156	429.207	-57.854	7,628.748	487.061	
15	15	2,969.776	-4,652.835	402.658	-127.507	7,622.611	530.165	
	16	1,911.462	-4,940.158	463.707	-49.578	6,851.620	513.285	
16	16	1,911.237	-4,937.220	436.298	-109.069	6,848.457	545.367	
	17	1,762.995	-5,159.429	495.841	-47.392	6,922.424	543.234	
17	17	1,761.964	-5,154.649	434.185	-122.753	6,916.613	556.938	
	18	1,916.439	-5,356.972	493.977	-82.333	7,273.411	576.310	P1
18	18	1,923.064	-5,368.891	86.283	-473.812	7,291.955	560.095	P1
	19	1,597.530	-4,214.725	101.972	-406.059	5,812.255	508.031	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
19	19	1,596.587	-4,208.357	72.112	-460.520	5,804.944	532.632	
	20	1,371.057	-3,668.358	119.070	-397.959	5,039.415	517.029	
20	20	1,369.479	-3,672.372	69.448	-460.228	5,041.851	529.676	
	21	1,911.287	-3,344.114	133.104	-395.827	5,255.401	528.931	
21	21	1,916.701	-3,347.090	79.496	-434.410	5,263.791	513.905	
	22	2,718.972	-3,014.552	149.561	-370.922	5,733.524	520.483	
22	22	2,724.357	-3,016.664	88.283	-405.355	5,741.021	493.638	
	23	3,445.709	-2,682.693	165.558	-341.239	6,128.402	506.797	
23	23	3,450.585	-2,684.055	95.799	-379.773	6,134.640	475.572	
	24	4,090.419	-2,356.890	179.556	-314.013	6,447.309	493.569	
24	24	4,094.868	-2,357.624	105.490	-351.239	6,452.492	456.729	
	25	4,615.141	-2,033.557	194.287	-284.143	6,648.698	478.430	
25	25	4,618.856	-2,033.718	126.594	-322.412	6,652.574	449.006	
	26	4,986.775	-1,710.992	217.458	-254.487	6,697.767	471.945	
26	26	4,989.354	-1,710.672	156.499	-294.017	6,700.026	450.516	
	27	5,182.510	-1,388.217	241.989	-222.346	6,570.727	464.335	
27	27	5,183.728	-1,387.480	187.980	-268.460	6,571.208	456.440	
	28	5,189.219	-1,429.959	267.143	-189.699	6,619.178	456.842	
28	28	5,188.104	-1,430.802	220.549	-243.290	6,618.906	463.839	
	29	5,006.369	-1,765.907	292.664	-158.141	6,772.276	450.805	
29	29	5,003.943	-1,766.315	252.843	-218.586	6,770.258	471.428	
	30	4,644.968	-2,101.533	320.806	-127.913	6,746.501	448.719	
30	30	4,641.256	-2,101.443	282.530	-195.305	6,742.699	477.835	
	31	4,128.205	-2,437.834	349.642	-106.468	6,566.039	456.110	
31	31	4,123.685	-2,437.160	312.650	-179.331	6,560.845	491.981	
	32	3,487.187	-2,775.659	378.459	-94.255	6,262.846	472.714	
32	32	3,482.253	-2,774.296	340.531	-163.413	6,256.549	503.944	
	33	2,764.359	-3,116.879	405.541	-85.368	5,881.238	490.908	
33	33	2,758.995	-3,114.748	370.925	-147.542	5,873.743	518.467	
	34	1,953.148	-3,448.391	436.221	-76.059	5,401.539	512.280	
34	34	1,947.440	-3,445.140	398.061	-132.902	5,392.580	530.964	
	35	1,328.250	-3,751.804	464.799	-67.272	5,080.054	532.071	
35	35	1,329.495	-3,747.557	405.384	-118.160	5,077.052	523.544	
	36	1,558.003	-4,227.588	471.607	-73.361	5,785.591	544.968	
36	36	1,559.034	-4,234.608	418.206	-116.702	5,793.642	534.908	
	37	1,917.433	-5,518.345	480.240	-102.575	7,435.778	582.815	P2
37	37	1,918.907	-5,525.626	80.563	-481.506	7,444.533	562.070	P2
	38	1,726.439	-5,210.082	123.668	-411.494	6,936.521	535.162	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
38	38	1,728.439	-5,218.139	39.390	-502.932	6,946.578	542.322	
	39	1,868.788	-4,976.648	111.835	-436.155	6,845.436	547.990	
39	39	1,870.269	-4,983.065	46.061	-461.580	6,853.334	507.641	
	40	2,999.453	-4,663.098	128.886	-395.232	7,662.551	524.118	
40	40	3,008.749	-4,667.758	56.381	-421.707	7,676.507	478.088	
	41	3,976.110	-4,288.322	136.277	-355.186	8,264.432	491.463	
41	41	3,984.741	-4,291.673	72.074	-397.211	8,276.414	469.285	
	42	4,872.604	-3,916.264	156.703	-331.825	8,788.868	488.529	
42	42	4,879.924	-3,918.528	89.267	-372.866	8,798.452	462.133	
	43	5,659.057	-3,553.584	176.697	-306.993	9,212.641	483.690	
43	43	5,665.602	-3,554.971	106.845	-351.395	9,220.573	458.240	
	44	6,302.904	-3,201.792	195.742	-284.982	9,504.696	480.724	
44	44	6,307.894	-3,202.310	126.749	-323.531	9,510.204	450.280	
	45	6,765.238	-2,855.572	216.510	-257.062	9,620.810	473.571	
45	45	6,767.960	-2,855.281	151.924	-295.579	9,623.241	447.503	
	46	6,989.684	-2,509.671	238.532	-223.366	9,499.355	461.898	
46	46	6,990.242	-2,508.642	180.940	-269.631	9,498.884	450.572	
	47	6,974.496	-2,163.386	262.316	-188.571	9,137.882	450.886	
47	47	6,971.868	-2,161.719	211.850	-242.930	9,133.587	454.779	
	48	6,673.187	-1,816.756	287.163	-152.493	8,489.943	439.656	
48	48	6,668.002	-1,814.498	245.185	-215.732	8,482.500	460.918	
	49	6,069.935	-1,468.519	313.355	-124.137	7,538.454	437.491	
49	49	6,062.676	-1,465.848	279.670	-195.327	7,528.524	474.998	
	50	5,163.153	-1,119.428	347.243	-104.671	6,282.581	451.914	
50	50	5,153.473	-1,116.333	317.181	-179.088	6,269.806	496.269	
	51	3,929.813	-766.801	385.325	-92.050	4,696.614	477.374	
51	51	3,919.714	-763.831	353.904	-151.581	4,683.545	505.485	
	52	2,716.993	-484.881	410.622	-83.071	3,201.874	493.693	
52	52	2,707.194	-482.202	382.670	-125.320	3,189.396	507.990	
	53	1,299.156	-205.041	446.034	-69.285	1,504.197	515.319	
53	53	1,290.680	-202.917	393.630	-91.828	1,493.597	485.458	
	54	3.940	-0.869	459.410	-61.819	4.809	521.229	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	0.044	-0.078	76.720	-651.742	0.123	728.462	A1
	56	1,828.571	-257.634	90.972	-544.491	2,086.205	635.463	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
55	56	1,828.499	-257.595	70.558	-567.338	2,086.094	637.896	
	57	3,406.121	-538.167	179.210	-459.900	3,944.288	639.110	
56	57	3,406.080	-538.141	115.567	-522.633	3,944.221	638.199	
	58	4,675.192	-816.651	217.994	-425.340	5,491.843	643.333	
57	58	4,675.151	-816.629	135.603	-501.682	5,491.780	637.285	
	59	5,939.330	-1,166.467	255.129	-385.229	7,105.797	640.357	
58	59	5,939.267	-1,166.441	160.933	-467.742	7,105.708	628.675	
	60	6,882.923	-1,519.064	276.708	-353.004	8,401.987	629.711	
59	60	6,882.857	-1,519.039	190.012	-433.336	8,401.896	623.348	
	61	7,509.481	-1,872.964	305.010	-319.466	9,382.445	624.475	
60	61	7,509.420	-1,872.945	225.566	-400.237	9,382.365	625.803	
	62	7,826.935	-2,229.081	339.330	-287.241	10,056.016	626.571	
61	62	7,826.921	-2,229.100	259.802	-368.402	10,056.021	628.203	
	63	7,851.023	-2,587.751	373.017	-255.521	10,438.774	628.538	
62	63	7,851.000	-2,587.912	294.162	-336.959	10,438.912	631.121	
	64	7,641.177	-2,949.475	407.066	-224.603	10,590.652	631.669	
63	64	7,641.107	-2,949.722	327.294	-307.254	10,590.829	634.547	
	65	7,176.642	-3,313.160	440.004	-194.417	10,489.802	634.420	
64	65	7,176.315	-3,313.486	362.618	-274.910	10,489.801	637.527	
	66	6,471.601	-3,678.473	475.209	-164.043	10,150.074	639.252	
65	66	6,470.783	-3,678.725	397.775	-244.245	10,149.508	642.020	
	67	5,582.611	-4,044.851	508.177	-136.512	9,627.462	644.689	
66	67	5,581.079	-4,044.906	432.073	-213.494	9,625.985	645.566	
	68	4,566.398	-4,411.122	541.391	-110.824	8,977.520	652.214	
67	68	4,564.139	-4,410.748	465.254	-190.294	8,974.887	655.547	
	69	3,501.911	-4,788.606	570.075	-95.861	8,290.517	665.936	
68	69	3,499.631	-4,787.386	480.918	-184.238	8,287.017	665.156	
	70	2,403.902	-5,217.598	583.581	-87.138	7,621.500	670.718	
69	70	2,401.047	-5,214.881	510.487	-149.627	7,615.928	660.113	
	71	1,794.266	-5,720.727	618.822	-50.350	7,514.993	669.172	
70	71	1,793.233	-5,715.925	580.126	-84.465	7,509.158	664.591	
	72	1,872.678	-6,279.638	689.040	-32.245	8,152.316	721.284	P1
71	72	1,864.341	-6,261.157	59.443	-691.390	8,125.498	750.834	P1
	73	1,646.446	-4,935.511	73.546	-608.560	6,581.957	682.106	
72	73	1,645.558	-4,928.959	62.608	-648.076	6,574.517	710.684	
	74	1,624.437	-3,711.880	134.367	-545.722	5,336.317	680.089	
73	74	1,628.316	-3,715.744	79.052	-610.969	5,344.060	690.021	
	75	2,482.154	-3,388.124	173.704	-503.888	5,870.278	677.592	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
74	75	2,486.257	-3,391.065	104.201	-577.735	5,877.322	681.936	
	76	3,334.396	-3,068.844	201.356	-471.356	6,403.240	672.711	
75	76	3,338.536	-3,070.841	123.003	-547.212	6,409.377	670.215	
	77	4,108.010	-2,750.429	224.299	-438.393	6,858.439	662.692	
76	77	4,111.974	-2,751.748	140.886	-512.822	6,863.722	653.708	
	78	4,769.293	-2,424.392	248.851	-400.279	7,193.685	649.130	
77	78	4,772.576	-2,425.077	160.165	-480.281	7,197.653	640.446	
	79	5,319.186	-2,094.592	272.320	-364.350	7,413.778	636.671	
78	79	5,323.082	-2,094.735	189.048	-445.502	7,417.817	634.549	
	80	5,718.674	-1,762.977	305.563	-326.880	7,481.651	632.443	
79	80	5,721.398	-1,762.643	220.996	-410.276	7,484.041	631.273	
	81	5,924.696	-1,430.458	339.671	-290.832	7,355.154	630.502	
80	81	5,926.074	-1,429.736	254.409	-375.644	7,355.810	630.053	
	82	5,931.564	-1,473.592	373.805	-256.219	7,405.156	630.024	
81	82	5,930.183	-1,474.417	289.069	-341.411	7,404.600	630.481	
	83	5,738.231	-1,819.647	408.526	-222.698	7,557.878	631.224	
82	83	5,735.586	-1,820.055	325.010	-307.356	7,555.641	632.366	
	84	5,350.869	-2,165.289	443.711	-190.723	7,516.158	634.434	
83	84	5,346.976	-2,165.206	362.648	-273.785	7,512.182	636.433	
	85	4,808.161	-2,509.150	478.657	-161.573	7,317.311	640.230	
84	85	4,805.004	-2,508.501	398.642	-249.481	7,313.505	648.123	
	86	4,152.583	-2,850.327	511.312	-141.420	7,002.910	652.732	
85	86	4,148.785	-2,849.036	437.655	-222.716	6,997.821	660.372	
	87	3,376.344	-3,186.833	547.775	-121.234	6,563.177	669.010	
86	87	3,372.204	-3,184.689	469.157	-200.255	6,556.893	669.412	
	88	2,519.997	-3,531.619	577.933	-101.922	6,051.616	679.855	
87	88	2,516.089	-3,528.548	497.137	-175.774	6,044.637	672.911	
	89	1,623.539	-3,903.208	607.845	-77.839	5,526.747	685.684	
88	89	1,619.777	-3,899.005	535.765	-135.909	5,518.782	671.674	
	90	1,535.926	-4,746.859	644.029	-56.398	6,282.785	700.427	
89	90	1,536.881	-4,753.935	588.437	-66.027	6,290.816	654.463	
	91	1,700.568	-5,935.127	680.148	-42.196	7,635.695	722.344	P2
90	91	1,701.995	-5,942.788	36.518	-695.150	7,644.783	731.668	P2
	92	1,672.620	-5,505.177	92.736	-585.213	7,177.797	677.949	
91	92	1,674.539	-5,513.025	47.513	-623.657	7,187.564	671.170	
	93	2,305.214	-5,040.790	151.613	-509.060	7,346.004	660.673	
92	93	2,309.833	-5,047.071	79.382	-595.365	7,356.904	674.747	
	94	3,399.047	-4,662.559	177.809	-489.420	8,061.606	667.229	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
93	94	3,403.897	-4,667.050	83.756	-590.052	8,070.947	673.808	
	95	4,495.879	-4,344.483	175.637	-484.233	8,840.362	659.870	
94	95	4,502.231	-4,347.741	103.698	-555.088	8,849.972	658.786	
	96	5,565.008	-4,021.032	204.871	-446.945	9,586.040	651.816	
95	96	5,571.119	-4,023.250	129.599	-521.259	9,594.369	650.859	
	97	6,517.517	-3,686.053	236.055	-411.794	10,203.570	647.849	
96	97	6,522.930	-3,687.391	158.977	-485.626	10,210.321	644.603	
	98	7,279.834	-3,338.138	269.233	-373.408	10,617.972	642.641	
97	98	7,284.032	-3,338.634	191.013	-448.532	10,622.666	639.544	
	99	7,791.434	-2,982.844	303.570	-335.914	10,774.278	639.485	
98	99	7,794.131	-2,982.549	221.860	-415.254	10,776.680	637.114	
	100	8,041.167	-2,625.648	334.028	-302.368	10,666.815	636.396	
99	100	8,042.265	-2,624.639	254.053	-380.106	10,666.904	634.158	
	101	8,042.685	-2,267.305	366.947	-266.725	10,309.990	633.673	
100	101	8,040.765	-2,265.648	287.514	-344.573	10,306.413	632.086	
	102	7,733.266	-1,908.102	400.599	-230.649	9,641.368	631.248	
101	102	7,729.507	-1,905.920	321.223	-308.555	9,635.427	629.778	
	103	7,094.224	-1,549.364	435.258	-193.307	8,643.588	628.565	
102	103	7,088.966	-1,546.671	356.595	-277.367	8,635.637	633.962	
	104	6,117.182	-1,190.545	471.637	-161.319	7,307.727	632.956	
103	104	6,109.992	-1,187.522	390.519	-253.364	7,297.514	643.882	
	105	4,796.400	-834.566	507.506	-133.759	5,630.966	641.264	
104	105	4,789.736	-831.588	434.710	-212.129	5,621.324	646.839	
	106	3,458.335	-548.575	532.544	-110.663	4,006.910	643.207	
105	106	3,452.400	-545.820	472.967	-168.803	3,998.220	641.770	
	107	1,790.870	-261.002	583.175	-70.026	2,051.872	653.201	
106	107	1,786.428	-258.626	536.455	-99.888	2,045.054	636.343	
	108	4.272	-1.575	649.880	-77.487	5.848	727.367	A2

[DL 하중]

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	0.091	-0.244	130.287	-841.428	0.335	971.716	A1
	2	2,301.302	-423.194	178.173	-727.497	2,724.496	905.670	
2	2	2,301.171	-423.117	161.725	-732.673	2,724.288	894.398	
	3	4,519.011	-964.822	239.828	-620.318	5,483.833	860.146	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
3	3	4,518.825	-964.776	187.893	-661.637	5,483.601	849.531	
	4	6,403.945	-1,510.269	263.834	-559.563	7,914.214	823.398	
4	4	6,403.755	-1,510.231	200.276	-608.536	7,913.986	808.811	
	5	8,361.772	-2,190.967	293.310	-489.485	10,552.739	782.795	
5	5	8,361.604	-2,190.922	223.568	-543.216	10,552.526	766.784	
	6	9,897.437	-2,867.792	318.701	-428.603	12,765.229	747.304	
6	6	9,897.277	-2,867.749	254.568	-482.296	12,765.026	736.864	
	7	11,006.000	-3,542.682	352.787	-371.483	14,548.682	724.269	
7	7	11,005.850	-3,542.641	292.562	-426.119	14,548.491	718.681	
	8	11,685.930	-4,213.789	393.927	-319.223	15,899.719	713.150	
8	8	11,685.900	-4,213.856	335.547	-375.263	15,899.756	710.810	
	9	11,937.500	-4,881.088	440.394	-271.840	16,818.588	712.234	
9	9	11,937.820	-4,881.354	383.321	-330.415	16,819.174	713.736	
	10	11,768.170	-5,544.445	491.678	-230.292	17,312.615	721.970	
10	10	11,769.090	-5,544.955	434.893	-291.944	17,314.045	726.837	
	11	11,193.240	-6,205.560	546.749	-194.522	17,398.800	741.271	
11	11	11,194.660	-6,206.132	492.984	-257.328	17,400.792	750.312	
	12	10,211.300	-6,865.203	608.446	-163.129	17,076.503	771.575	
12	12	10,213.370	-6,865.672	557.010	-227.670	17,079.042	784.681	
	13	8,868.223	-7,916.387	675.273	-137.276	16,784.610	812.548	
13	13	8,864.926	-7,916.445	626.054	-201.757	16,781.371	827.811	
	14	7,184.724	-8,723.198	746.420	-115.788	15,907.922	862.209	
14	14	7,179.250	-8,722.295	705.162	-179.651	15,901.545	884.813	
	15	5,288.974	-9,575.130	825.801	-100.057	14,864.104	925.859	
15	15	5,281.444	-9,573.097	793.258	-165.193	14,854.541	958.452	
	16	3,994.086	-11,373.930	913.228	-89.959	15,368.016	1,003.187	
16	16	3,993.761	-11,372.550	940.508	-143.885	15,366.311	1,084.393	
	17	3,350.795	-14,897.640	1,064.609	-78.361	18,248.435	1,142.970	
17	17	3,347.420	-14,889.970	1,202.173	-165.744	18,237.390	1,367.917	
	18	3,429.785	-20,231.420	1,337.345	-127.160	23,661.205	1,464.505	P1
18	18	3,444.103	-20,195.040	192.102	-1,357.053	23,639.143	1,549.155	P1
	19	2,927.337	-15,513.340	220.465	-1,244.840	18,440.677	1,465.305	
19	19	2,926.239	-15,516.280	146.242	-1,105.638	18,442.519	1,251.880	
	20	2,788.821	-11,394.570	208.150	-976.417	14,183.391	1,184.567	
20	20	2,786.646	-11,401.530	149.782	-929.240	14,188.176	1,079.023	
	21	3,091.802	-8,531.125	225.353	-804.443	11,622.927	1,029.796	
21	21	3,090.121	-8,525.267	165.105	-823.729	11,615.388	988.834	
	22	3,601.090	-6,524.666	244.719	-703.300	10,125.756	948.019	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
22	22	3,599.146	-6,522.186	181.572	-742.140	10,121.332	923.712	
	23	4,336.003	-5,164.739	266.662	-623.636	9,500.742	890.299	
23	23	4,334.169	-5,164.297	200.640	-670.419	9,498.466	871.060	
	24	5,385.653	-4,371.451	291.619	-552.725	9,757.104	844.344	
24	24	5,386.262	-4,375.572	224.366	-606.705	9,761.834	831.071	
	25	6,548.282	-4,386.660	320.374	-490.185	10,934.942	810.558	
25	25	6,548.898	-4,389.689	255.568	-547.342	10,938.587	802.911	
	26	7,334.885	-4,409.471	356.159	-432.873	11,744.356	789.031	
26	26	7,335.355	-4,411.438	292.162	-492.086	11,746.793	784.249	
	27	7,735.021	-4,435.136	396.615	-380.604	12,170.157	777.219	
27	27	7,735.187	-4,435.955	333.875	-441.625	12,171.142	775.500	
	28	7,743.498	-4,460.911	441.855	-333.477	12,204.409	775.331	
28	28	7,743.295	-4,460.537	380.788	-396.196	12,203.832	776.984	
	29	7,360.652	-4,486.898	492.084	-291.586	11,847.550	783.671	
29	29	7,360.095	-4,485.387	432.956	-355.502	11,845.482	788.457	
	30	6,589.396	-4,514.484	547.338	-254.711	11,103.880	802.049	
30	30	6,588.648	-4,511.784	490.218	-319.644	11,100.432	809.862	
	31	5,442.212	-4,625.902	606.626	-223.455	10,068.114	830.082	
31	31	5,441.483	-4,622.374	552.879	-290.237	10,063.857	843.116	
	32	4,364.593	-5,423.866	670.539	-199.126	9,788.459	869.665	
32	32	4,366.343	-5,424.149	624.264	-263.643	9,790.492	887.908	
	33	3,600.286	-6,867.176	743.671	-178.346	10,467.462	922.017	
33	33	3,601.865	-6,869.318	702.353	-242.356	10,471.183	944.709	
	34	3,065.397	-8,835.002	824.741	-161.545	11,900.399	986.286	
34	34	3,066.861	-8,838.387	798.775	-226.146	11,905.248	1,024.921	
	35	2,745.864	-11,417.100	926.218	-148.067	14,162.964	1,074.285	
35	35	2,747.390	-11,409.450	954.989	-211.613	14,156.840	1,166.602	
	36	2,845.540	-15,378.940	1,087.928	-146.334	18,224.480	1,234.262	
36	36	2,846.697	-15,374.800	1,219.304	-271.538	18,221.497	1,490.842	
	37	3,419.983	-19,938.860	1,336.044	-240.911	23,358.843	1,576.955	P2
37	37	3,422.615	-19,940.520	129.514	-1,323.708	23,363.135	1,453.222	P2
	38	3,277.292	-14,660.320	172.944	-1,181.444	17,937.612	1,354.388	
38	38	3,280.124	-14,667.080	72.815	-1,049.849	17,947.204	1,122.664	
	39	3,997.815	-11,336.120	150.086	-919.375	15,333.935	1,069.460	
39	39	4,001.330	-11,337.150	89.967	-909.563	15,338.480	999.530	
	40	5,263.353	-9,544.873	170.280	-784.822	14,808.226	955.102	
40	40	5,280.888	-9,550.288	102.503	-822.178	14,831.176	924.681	
	41	7,073.003	-8,651.938	183.955	-699.055	15,724.941	883.010	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
41	41	7,091.565	-8,658.671	122.025	-739.865	15,750.236	861.891	
	42	8,735.201	-7,799.332	209.546	-619.449	16,534.533	828.995	
42	42	8,739.773	-7,803.769	142.837	-668.276	16,543.542	811.114	
	43	10,034.450	-6,965.003	234.749	-550.096	16,999.453	784.845	
43	43	10,038.320	-6,967.623	165.994	-603.597	17,005.943	769.591	
	44	10,976.340	-6,060.369	261.359	-487.946	17,036.709	749.305	
44	44	10,979.120	-6,061.307	195.076	-542.891	17,040.427	737.966	
	45	11,534.540	-5,405.119	293.490	-430.632	16,939.659	724.122	
45	45	11,535.940	-5,404.525	230.005	-487.511	16,940.465	717.516	
	46	11,691.000	-4,750.423	331.240	-378.606	16,441.423	709.846	
46	46	11,690.860	-4,748.431	270.180	-436.539	16,439.291	706.718	
	47	11,436.290	-4,094.962	374.726	-330.955	15,531.252	705.680	
47	47	11,434.630	-4,091.761	315.775	-390.472	15,526.391	706.248	
	48	10,765.070	-3,438.984	423.774	-288.173	14,204.054	711.948	
48	48	10,761.910	-3,434.652	366.950	-349.767	14,196.562	716.717	
	49	9,673.094	-2,779.832	478.787	-250.530	12,452.926	729.317	
49	49	9,668.818	-2,774.710	423.634	-315.389	12,443.528	739.023	
	50	8,157.485	-2,118.982	539.433	-219.277	10,276.467	758.710	
50	50	8,152.200	-2,113.052	486.651	-289.264	10,265.252	775.916	
	51	6,210.061	-1,451.990	606.981	-195.644	7,662.051	802.625	
51	51	6,204.791	-1,446.265	557.407	-258.168	7,651.056	815.575	
	52	4,334.017	-918.929	660.553	-182.064	5,252.946	842.618	
52	52	4,329.484	-913.771	616.877	-232.303	5,243.255	849.180	
	53	2,131.695	-390.055	732.262	-153.425	2,521.750	885.687	
53	53	2,128.318	-385.852	692.408	-179.162	2,514.170	871.570	
	54	6.106	-2.885	814.631	-123.861	8.991	938.492	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	0.074	-0.246	154.060	-881.602	0.320	1,035.663	A1
	56	2,453.084	-492.215	196.994	-774.391	2,945.299	971.384	
55	56	2,452.849	-492.145	166.619	-743.373	2,944.994	909.992	
	57	4,738.767	-1,022.649	238.627	-638.368	5,761.416	876.995	
56	57	4,738.633	-1,022.600	191.306	-667.771	5,761.233	859.077	
	58	6,672.623	-1,549.171	261.198	-573.017	8,221.794	834.215	
57	58	6,672.516	-1,549.131	204.762	-613.039	8,221.647	817.802	
	59	8,685.206	-2,211.306	291.060	-502.006	10,896.512	793.066	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
58	59	8,685.071	-2,211.259	229.659	-547.892	10,896.330	777.550	
	60	10,273.580	-2,879.003	317.810	-441.085	13,152.583	758.895	
59	60	10,273.450	-2,878.959	262.355	-486.365	13,152.409	748.720	
	61	11,429.160	-3,549.833	353.367	-383.311	14,978.993	736.678	
60	61	11,429.050	-3,549.799	301.948	-431.148	14,978.849	733.096	
	62	12,157.710	-4,224.646	395.742	-331.628	16,382.356	727.371	
61	62	12,157.730	-4,224.685	346.266	-381.290	16,382.415	727.556	
	63	12,460.800	-4,904.424	443.164	-285.002	17,365.224	728.166	
62	63	12,461.070	-4,904.733	396.460	-336.369	17,365.803	732.829	
	64	12,336.940	-5,589.909	496.643	-243.250	17,926.849	739.893	
63	64	12,337.070	-5,590.383	451.257	-296.639	17,927.453	747.896	
	65	11,786.960	-6,279.082	554.903	-206.074	18,066.042	760.977	
64	65	11,786.520	-6,279.710	514.071	-259.540	18,066.230	773.611	
	66	10,797.410	-6,971.388	621.344	-172.471	17,768.798	793.815	
65	66	10,795.870	-6,971.880	583.378	-227.149	17,767.750	810.527	
	67	9,370.949	-7,665.980	693.430	-144.163	17,036.929	837.593	
66	67	9,367.924	-7,666.117	656.449	-197.745	17,034.041	854.194	
	68	7,515.827	-8,800.245	768.974	-119.386	16,316.072	888.361	
67	68	7,510.893	-8,799.556	736.439	-174.990	16,310.449	911.428	
	69	5,533.926	-9,984.497	848.993	-102.982	15,518.423	951.975	
68	69	5,529.127	-9,984.632	809.597	-166.266	15,513.759	975.863	
	70	4,333.432	-12,171.760	921.500	-96.652	16,505.192	1,018.152	
69	70	4,329.444	-12,172.700	891.116	-140.578	16,502.144	1,031.694	
	71	3,585.488	-15,426.710	1,008.949	-74.685	19,012.198	1,083.634	
70	71	3,582.042	-15,426.160	1,015.502	-150.786	19,008.202	1,166.288	
	72	3,357.896	-19,666.870	1,145.489	-118.079	23,024.766	1,263.568	P1
71	72	3,340.434	-19,706.730	219.270	-1,159.240	23,047.164	1,378.510	P1
	73	3,054.586	-16,051.770	245.061	-1,054.068	19,106.356	1,299.129	
72	73	3,053.326	-16,047.570	129.839	-1,032.580	19,100.896	1,162.419	
	74	3,062.352	-12,275.740	190.419	-911.344	15,338.092	1,101.763	
73	74	3,063.146	-12,269.120	153.326	-930.768	15,332.266	1,084.094	
	75	3,351.844	-9,239.813	220.630	-813.690	12,591.657	1,034.320	
74	75	3,353.771	-9,232.910	174.379	-849.983	12,586.681	1,024.362	
	76	3,828.471	-6,873.754	245.700	-736.813	10,702.225	982.513	
75	76	3,831.979	-6,868.520	192.829	-775.093	10,700.499	967.922	
	77	4,548.875	-5,228.544	269.249	-663.598	9,777.419	932.848	
76	77	4,554.621	-5,226.064	213.053	-699.872	9,780.685	912.925	
	78	5,597.766	-4,460.302	295.768	-589.381	10,058.068	885.149	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
77	78	5,607.581	-4,464.456	237.383	-630.503	10,072.037	867.887	
	79	6,895.788	-4,506.327	325.389	-521.222	11,402.115	846.611	
78	79	6,903.284	-4,509.088	268.984	-563.658	11,412.372	832.642	
	80	7,761.830	-4,540.635	362.000	-456.444	12,302.465	818.445	
79	80	7,766.514	-4,542.525	307.130	-503.472	12,309.039	810.601	
	81	8,199.479	-4,569.885	404.202	-399.283	12,769.364	803.486	
80	81	8,201.090	-4,570.644	351.164	-449.746	12,771.734	800.910	
	82	8,210.742	-4,596.365	451.826	-348.913	12,807.107	800.740	
81	82	8,209.237	-4,595.998	401.348	-401.821	12,805.235	803.170	
	83	7,795.141	-4,620.395	505.365	-304.558	12,415.536	809.923	
82	83	7,790.675	-4,618.851	458.214	-359.418	12,409.526	817.632	
	84	6,951.885	-4,640.189	565.297	-266.159	11,592.074	831.456	
83	84	6,944.468	-4,637.541	522.875	-322.277	11,582.009	845.152	
	85	5,675.437	-4,649.221	632.021	-234.062	10,324.658	866.082	
84	85	5,665.811	-4,645.563	591.020	-291.997	10,311.374	883.017	
	86	4,580.585	-5,392.902	701.406	-209.075	9,973.487	910.481	
85	86	4,574.756	-5,395.124	665.796	-263.768	9,969.880	929.564	
	87	3,814.897	-7,082.614	777.998	-187.040	10,897.511	965.038	
86	87	3,811.126	-7,086.026	738.937	-240.142	10,897.152	979.079	
	88	3,293.298	-9,413.150	853.517	-167.624	12,706.448	1,021.140	
87	88	3,291.288	-9,417.239	815.667	-215.912	12,708.527	1,031.580	
	89	2,951.418	-12,436.820	934.675	-145.875	15,388.238	1,080.549	
88	89	2,950.612	-12,442.630	916.404	-181.140	15,393.242	1,097.544	
	90	2,852.298	-16,259.430	1,040.747	-116.720	19,111.728	1,157.467	
89	90	2,853.666	-16,262.650	1,046.927	-169.358	19,116.316	1,216.285	
	91	3,035.301	-19,988.260	1,157.404	-138.180	23,023.561	1,295.584	P2
90	91	3,037.844	-19,987.470	143.060	-1,180.842	23,025.314	1,323.902	P2
	92	3,336.025	-15,581.000	180.346	-1,047.905	18,917.025	1,228.251	
91	92	3,341.377	-15,580.150	68.143	-1,011.097	18,921.527	1,079.240	
	93	4,051.323	-12,418.310	138.742	-889.001	16,469.633	1,027.743	
92	93	4,058.652	-12,416.320	85.842	-932.748	16,474.972	1,018.590	
	94	5,183.030	-9,963.340	157.040	-817.146	15,146.370	974.187	
93	94	5,193.488	-9,963.614	87.945	-867.456	15,157.102	955.401	
	95	7,163.992	-8,519.813	158.093	-752.195	15,683.805	910.288	
94	95	7,180.918	-8,526.136	108.729	-783.049	15,707.054	891.778	
	96	9,206.648	-7,611.347	185.523	-669.610	16,817.995	855.133	
95	96	9,221.112	-7,615.496	134.137	-706.342	16,836.608	840.479	
	97	10,797.440	-6,976.902	215.789	-595.255	17,774.342	811.044	

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
96	97	10,809.130	-6,979.389	164.955	-631.146	17,788.519	796.101	
	98	11,906.840	-6,318.280	251.195	-522.820	18,225.120	774.015	
97	98	11,915.010	-6,319.174	200.621	-562.865	18,234.184	763.485	
	99	12,543.790	-5,645.941	290.657	-458.203	18,189.731	748.860	
98	99	12,548.040	-5,645.336	238.421	-503.973	18,193.376	742.394	
	100	12,737.440	-4,969.916	331.284	-402.762	17,707.356	734.046	
99	100	12,737.290	-4,967.960	281.668	-449.220	17,705.250	730.888	
	101	12,477.370	-4,291.644	377.944	-351.340	16,769.014	729.284	
100	101	12,472.880	-4,288.462	330.462	-400.015	16,761.342	730.477	
	102	11,760.370	-3,611.996	430.183	-305.443	15,372.366	735.626	
101	102	11,751.740	-3,607.821	383.996	-355.787	15,359.561	739.782	
	103	10,587.550	-2,932.830	487.610	-264.213	13,520.380	751.823	
102	103	10,574.820	-2,927.687	444.151	-318.018	13,502.507	762.169	
	104	8,951.093	-2,254.056	551.843	-229.568	11,205.149	781.411	
103	104	8,935.076	-2,248.315	507.066	-289.047	11,183.391	796.113	
	105	6,863.482	-1,580.998	619.452	-202.786	8,444.480	822.238	
104	105	6,846.720	-1,575.390	584.177	-257.287	8,422.110	841.464	
	106	4,834.131	-1,041.607	680.593	-188.006	5,875.738	868.599	
105	106	4,817.859	-1,036.409	651.774	-232.125	5,854.268	883.899	
	107	2,439.575	-499.840	759.990	-160.818	2,939.415	920.807	
106	107	2,424.989	-495.440	771.750	-206.012	2,920.429	977.762	
	108	7.442	-4.015	883.281	-155.369	11.457	1,038.650	A2

[풍하중]

< Girder 1 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
1	1	1.285	-1.285	48.531	-48.531	2.570	97.062	A1
	2	151.165	-151.165	40.719	-40.719	302.331	81.438	
2	2	152.420	-152.420	4.785	-4.785	304.840	9.569	
	3	129.201	-129.201	10.497	-10.497	258.402	20.995	
3	3	130.402	-130.402	5.555	-5.555	260.804	11.109	
	4	90.048	-90.048	15.033	-15.033	180.095	30.066	
4	4	90.422	-90.422	3.237	-3.237	180.844	6.474	
	5	71.500	-71.500	13.787	-13.787	143.000	27.574	
5	5	71.812	-71.812	5.051	-5.051	143.624	10.102	
	6	61.664	-61.664	10.842	-10.842	123.329	21.683	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
6	6	61.892	-61.892	5.957	-5.957	123.785	11.913	
	7	55.960	-55.960	9.366	-9.366	111.921	18.733	
7	7	56.095	-56.095	6.812	-6.812	112.190	13.624	
	8	54.125	-54.125	7.725	-7.725	108.249	15.450	
8	8	54.186	-54.186	7.449	-7.449	108.373	14.898	
	9	55.066	-55.066	7.119	-7.119	110.132	14.239	
9	9	55.192	-55.192	7.461	-7.461	110.385	14.923	
	10	55.767	-55.767	7.253	-7.253	111.534	14.506	
10	10	56.172	-56.172	7.476	-7.476	112.345	14.953	
	11	56.458	-56.458	7.384	-7.384	112.915	14.768	
11	11	57.228	-57.228	6.632	-6.632	114.456	13.264	
	12	52.895	-52.895	8.383	-8.383	105.790	16.766	
12	12	54.161	-54.161	5.077	-5.077	108.322	10.153	
	13	39.100	-39.100	10.603	-10.603	78.200	21.206	
13	13	40.814	-40.814	5.253	-5.253	81.628	10.506	
	14	16.645	-16.645	12.499	-12.499	33.290	24.997	
14	14	18.704	-18.704	6.271	-6.271	37.409	12.541	
	15	21.676	-21.676	15.816	-15.816	43.353	31.633	
15	15	19.533	-19.533	10.636	-10.636	39.066	21.272	
	16	72.427	-72.427	18.394	-18.394	144.854	36.788	
16	16	70.967	-70.967	25.470	-25.470	141.934	50.939	
	17	238.051	-238.051	41.278	-41.278	476.101	82.557	
17	17	239.639	-239.639	135.861	-135.861	479.278	271.721	
	18	811.143	-811.143	150.173	-150.173	1,622.285	300.346	P1
18	18	1,042.733	-1,042.733	217.767	-217.767	2,085.466	435.533	P1
	19	305.773	-305.773	206.188	-206.188	611.547	412.377	
19	19	306.861	-306.861	60.448	-60.448	613.723	120.896	
	20	67.500	-67.500	44.625	-44.625	135.000	89.250	
20	20	62.909	-62.909	23.255	-23.255	125.818	46.511	
	21	94.956	-94.956	7.120	-7.120	189.913	14.240	
21	21	88.648	-88.648	14.558	-14.558	177.296	29.117	
	22	92.049	-92.049	6.707	-6.707	184.099	13.414	
22	22	86.213	-86.213	11.948	-11.948	172.427	23.896	
	23	90.966	-90.966	6.484	-6.484	181.932	12.967	
23	23	86.268	-86.268	10.128	-10.128	172.535	20.256	
	24	90.581	-90.581	6.614	-6.614	181.161	13.229	
24	24	87.272	-87.272	9.436	-9.436	174.544	18.871	
	25	91.491	-91.491	6.815	-6.815	182.982	13.630	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
25	25	89.696	-89.696	8.734	-8.734	179.392	17.468	
	26	91.885	-91.885	7.541	-7.541	183.769	15.083	
26	26	91.640	-91.640	8.467	-8.467	183.281	16.934	
	27	91.873	-91.873	7.836	-7.836	183.746	15.672	
27	27	93.160	-93.160	8.447	-8.447	186.320	16.893	
	28	92.572	-92.572	7.877	-7.877	185.144	15.753	
28	28	95.267	-95.267	8.385	-8.385	190.533	16.771	
	29	93.247	-93.247	8.062	-8.062	186.495	16.124	
29	29	97.079	-97.079	7.982	-7.982	194.159	15.963	
	30	90.981	-90.981	8.908	-8.908	181.962	17.815	
30	30	95.831	-95.831	6.978	-6.978	191.663	13.956	
	31	84.296	-84.296	10.237	-10.237	168.592	20.473	
31	31	88.644	-88.644	5.758	-5.758	177.288	11.516	
	32	75.353	-75.353	11.697	-11.697	150.706	23.395	
32	32	79.134	-79.134	2.734	-2.734	158.269	5.468	
	33	51.770	-51.770	14.480	-14.480	103.540	28.960	
33	33	55.758	-55.758	1.121	-1.121	111.516	2.243	
	34	12.017	-12.017	16.952	-16.952	24.035	33.904	
34	34	16.095	-16.095	7.948	-7.948	32.191	15.895	
	35	64.739	-64.739	24.373	-24.373	129.478	48.747	
35	35	60.910	-60.910	36.194	-36.194	121.820	72.387	
	36	283.068	-283.068	52.629	-52.629	566.136	105.258	
36	36	282.602	-282.602	138.228	-138.228	565.204	276.456	
	37	816.259	-816.259	150.727	-150.727	1,632.518	301.454	P2
37	37	818.889	-818.889	145.758	-145.758	1,637.778	291.515	P2
	38	207.069	-207.069	130.193	-130.193	414.137	260.385	
38	38	209.856	-209.856	37.506	-37.506	419.711	75.012	
	39	62.966	-62.966	21.253	-21.253	125.932	42.506	
39	39	68.573	-68.573	20.774	-20.774	137.146	41.547	
	40	5.052	-5.052	4.650	-4.650	10.105	9.300	
40	40	12.598	-12.598	19.019	-19.019	25.196	38.038	
	41	43.899	-43.899	3.022	-3.022	87.799	6.045	
41	41	39.757	-39.757	13.565	-13.565	79.514	27.129	
	42	67.863	-67.863	2.305	-2.305	135.726	4.610	
42	42	64.302	-64.302	10.882	-10.882	128.603	21.764	
	43	79.328	-79.328	4.850	-4.850	158.656	9.701	
43	43	76.396	-76.396	8.554	-8.554	152.792	17.107	
	44	79.253	-79.253	7.218	-7.218	158.505	14.435	

< Girder 1 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
44	44	77.101	-77.101	7.079	-7.079	154.201	14.159	
	45	73.613	-73.613	8.417	-8.417	147.226	16.834	
45	45	72.314	-72.314	6.830	-6.830	144.628	13.659	
	46	68.105	-68.105	8.491	-8.491	136.210	16.983	
46	46	67.692	-67.692	6.805	-6.805	135.384	13.611	
	47	63.699	-63.699	8.381	-8.381	127.398	16.763	
47	47	64.172	-64.172	6.779	-6.779	128.345	13.557	
	48	60.398	-60.398	8.266	-8.266	120.796	16.533	
48	48	61.770	-61.770	6.938	-6.938	123.541	13.877	
	49	59.153	-59.153	7.963	-7.963	118.307	15.927	
49	49	61.353	-61.353	7.224	-7.224	122.705	14.447	
	50	60.516	-60.516	7.536	-7.536	121.033	15.073	
50	50	63.562	-63.562	7.851	-7.851	127.124	15.702	
	51	65.907	-65.907	6.827	-6.827	131.813	13.653	
51	51	69.315	-69.315	7.370	-7.370	138.631	14.739	
	52	69.637	-69.637	5.706	-5.706	139.274	11.413	
52	52	74.239	-74.239	5.722	-5.722	148.479	11.445	
	53	76.015	-76.015	8.373	-8.373	152.030	16.747	
53	53	83.764	-83.764	23.482	-23.482	167.528	46.963	
	54	7.029	-7.029	32.018	-32.018	14.059	64.035	A2

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
54	55	1.240	-1.240	56.909	-56.909	2.480	113.817	A1
	56	175.120	-175.120	48.109	-48.109	350.239	96.219	
55	56	173.792	-173.792	6.925	-6.925	347.584	13.849	
	57	177.864	-177.864	4.561	-4.561	355.728	9.123	
56	57	176.666	-176.666	2.591	-2.591	353.333	5.181	
	58	157.934	-157.934	10.016	-10.016	315.867	20.032	
57	58	156.860	-156.860	4.526	-4.526	313.719	9.052	
	59	139.141	-139.141	10.278	-10.278	278.282	20.557	
58	59	138.260	-138.260	5.808	-5.808	276.520	11.617	
	60	128.017	-128.017	8.895	-8.895	256.034	17.791	
59	60	127.380	-127.380	6.183	-6.183	254.759	12.366	
	61	117.162	-117.162	8.919	-8.919	234.325	17.838	
60	61	116.786	-116.786	6.656	-6.656	233.572	13.313	
	62	109.480	-109.480	8.405	-8.405	218.960	16.810	

< Girder 2 >

부재번호	절점번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
61	62	109.319	-109.319	7.016	-7.016	218.639	14.031	
	63	105.324	-105.324	8.086	-8.086	210.648	16.172	
62	63	104.923	-104.923	6.564	-6.564	209.846	13.128	
	64	93.836	-93.836	9.307	-9.307	187.673	18.614	
63	64	93.010	-93.010	6.123	-6.123	186.021	12.246	
	65	75.880	-75.880	10.585	-10.585	151.760	21.170	
64	65	74.252	-74.252	4.808	-4.808	148.504	9.616	
	66	49.766	-49.766	12.119	-12.119	99.531	24.237	
65	66	47.460	-47.460	2.339	-2.339	94.920	4.678	
	67	14.581	-14.581	14.499	-14.499	29.161	28.998	
66	67	12.589	-12.589	0.689	-0.689	25.178	1.377	
	68	32.739	-32.739	15.721	-15.721	65.479	31.442	
67	68	36.447	-36.447	3.330	-3.330	72.895	6.661	
	69	86.826	-86.826	19.384	-19.384	173.653	38.768	
68	69	90.093	-90.093	6.062	-6.062	180.186	12.124	
	70	161.995	-161.995	22.277	-22.277	323.989	44.554	
69	70	165.773	-165.773	29.015	-29.015	331.545	58.030	
	71	354.921	-354.921	45.388	-45.388	709.842	90.775	
70	71	357.993	-357.993	143.691	-143.691	715.987	287.381	
	72	1,021.595	-1,021.595	159.192	-159.192	2,043.190	318.383	P1
71	72	1,218.094	-1,218.094	220.835	-220.835	2,436.188	441.670	P1
	73	431.028	-431.028	208.372	-208.372	862.056	416.744	
72	73	425.941	-425.941	61.950	-61.950	851.882	123.899	
	74	152.861	-152.861	45.655	-45.655	305.723	91.311	
73	74	146.647	-146.647	24.201	-24.201	293.295	48.402	
	75	65.737	-65.737	7.592	-7.592	131.473	15.184	
74	75	60.014	-60.014	15.074	-15.074	120.027	30.147	
	76	25.568	-25.568	7.506	-7.506	51.136	15.012	
75	76	20.864	-20.864	12.104	-12.104	41.727	24.209	
	77	4.850	-4.850	7.774	-7.774	9.700	15.548	
76	77	10.654	-10.654	9.944	-9.944	21.307	19.887	
	78	10.619	-10.619	8.349	-8.349	21.239	16.697	
77	78	13.425	-13.425	9.023	-9.023	26.849	18.046	
	79	17.061	-17.061	8.497	-8.497	34.121	16.994	
78	79	18.899	-18.899	8.122	-8.122	37.799	16.244	
	80	17.958	-17.958	8.923	-8.923	35.916	17.847	
79	80	18.815	-18.815	7.743	-7.743	37.630	15.486	
	81	15.933	-15.933	9.077	-9.077	31.867	18.153	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
80	81	15.835	-15.835	7.629	-7.629	31.669	15.258	
	82	12.374	-12.374	8.989	-8.989	24.747	17.979	
81	82	11.353	-11.353	7.516	-7.516	22.705	15.033	
	83	15.949	-15.949	9.103	-9.103	31.897	18.206	
82	83	19.737	-19.737	7.128	-7.128	39.475	14.256	
	84	25.649	-25.649	9.493	-9.493	51.298	18.987	
83	84	30.525	-30.525	6.144	-6.144	61.050	12.289	
	85	39.723	-39.723	10.477	-10.477	79.446	20.955	
84	85	45.251	-45.251	5.300	-5.300	90.502	10.601	
	86	57.935	-57.935	11.650	-11.650	115.870	23.300	
85	86	63.831	-63.831	3.437	-3.437	127.662	6.874	
	87	86.011	-86.011	14.580	-14.580	172.021	29.160	
86	87	91.976	-91.976	2.123	-2.123	183.952	4.246	
	88	122.411	-122.411	17.764	-17.764	244.822	35.527	
87	88	126.672	-126.672	8.458	-8.458	253.345	16.916	
	89	211.947	-211.947	25.080	-25.080	423.894	50.161	
88	89	216.657	-216.657	36.576	-36.576	433.314	73.153	
	90	444.959	-444.959	53.202	-53.202	889.917	106.405	
89	90	447.902	-447.902	132.342	-132.342	895.804	264.685	
	91	933.687	-933.687	144.817	-144.817	1,867.373	289.635	P2
90	91	932.067	-932.067	143.873	-143.873	1,864.135	287.746	P2
	92	358.156	-358.156	128.348	-128.348	716.312	256.696	
91	92	352.152	-352.152	39.796	-39.796	704.305	79.592	
	93	191.602	-191.602	23.366	-23.366	383.203	46.731	
92	93	184.941	-184.941	22.978	-22.978	369.881	45.956	
	94	109.592	-109.592	6.682	-6.682	219.184	13.365	
93	94	103.223	-103.223	21.177	-21.177	206.447	42.353	
	95	36.702	-36.702	5.008	-5.008	73.404	10.016	
94	95	32.518	-32.518	15.669	-15.669	65.036	31.337	
	96	22.524	-22.524	2.763	-2.763	45.049	5.525	
95	96	28.220	-28.220	12.941	-12.941	56.439	25.882	
	97	44.726	-44.726	4.157	-4.157	89.451	8.313	
96	97	49.425	-49.425	10.397	-10.397	98.850	20.794	
	98	56.748	-56.748	5.896	-5.896	113.495	11.792	
97	98	60.291	-60.291	9.031	-9.031	120.581	18.062	
	99	62.670	-62.670	6.798	-6.798	125.340	13.596	
98	99	64.948	-64.948	8.778	-8.778	129.896	17.556	
	100	67.364	-67.364	6.732	-6.732	134.727	13.465	

< Girder 2 >

부재 번호	절점 번호	모 멘 트		전 단 력		피로하중 작용범위		비 고
		Max	Min	Max	Min	모멘트	전단력	
99	100	68.301	-68.301	8.670	-8.670	136.603	17.340	
	101	71.994	-71.994	6.713	-6.713	143.988	13.426	
100	101	71.568	-71.568	8.573	-8.573	143.136	17.147	
	102	75.775	-75.775	6.678	-6.678	151.550	13.355	
101	102	74.004	-74.004	8.640	-8.640	148.008	17.280	
	103	79.594	-79.594	6.480	-6.480	159.187	12.960	
102	103	76.451	-76.451	8.782	-8.782	152.901	17.564	
	104	85.278	-85.278	6.206	-6.206	170.556	12.413	
103	104	80.853	-80.853	9.790	-9.790	161.706	19.581	
	105	95.682	-95.682	5.665	-5.665	191.364	11.330	
104	105	90.352	-90.352	9.205	-9.205	180.704	18.410	
	106	105.636	-105.636	4.706	-4.706	211.273	9.413	
105	106	99.674	-99.674	7.416	-7.416	199.349	14.832	
	107	107.864	-107.864	7.566	-7.566	215.728	15.131	
106	107	97.053	-97.053	22.031	-22.031	194.106	44.063	
	108	9.211	-9.211	30.787	-30.787	18.423	61.574	A2

4.6 반력 집계

(1) G1 최대인 경우

・DB 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	221.355	-12.430	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,124.871	1,645.973	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	44.191	-27.105	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,101.065	1,770.211	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	237.079	-36.634	947.362	-947.362	40.020	-57.083	9,173.723	7,855.544	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	45.422	-13.750	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,285.627	5,238.133	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	244.445	-44.779	986.094	-986.094	46.669	-69.603	8,892.223	7,500.632	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	52.544	-12.394	977.905	-977.905	32.444	-17.976	6,868.247	5,774.984	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	243.668	-2.020	240.297	-240.297	5.442	-5.146	1,870.690	1,374.118	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	58.489	-37.119	239.038	-239.038	9.306	-10.575	2,458.851	2,104.325	118

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	397.331	-30.994	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,300.847	1,627.409	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	315.293	-76.594	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,372.168	1,720.721	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	475.482	-97.586	947.362	-947.362	40.020	-57.083	9,412.126	7,794.593	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	326.665	-39.878	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,566.870	5,212.005	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	495.503	-118.740	986.094	-986.094	46.669	-69.603	9,143.281	7,426.671	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	338.280	-20.063	977.905	-977.905	32.444	-17.976	7,153.983	5,767.315	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	458.134	-22.470	240.297	-240.297	5.442	-5.146	2,085.156	1,353.669	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	309.214	-104.288	239.038	-239.038	9.306	-10.575	2,709.576	2,037.155	118

・DL 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	649.619	-44.803	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,553.135	1,613.600	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	48.549	-88.106	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,105.423	1,709.209	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	1,740.680	-118.796	947.362	-947.362	40.020	-57.083	10,677.324	7,773.383	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	1.060	-122.615	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,241.265	5,129.268	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	1,709.120	-145.786	986.094	-986.094	46.669	-69.603	10,356.898	7,399.625	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	58.639	-122.050	977.905	-977.905	32.444	-17.976	6,874.342	5,665.328	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	607.709	-9.591	240.297	-240.297	5.442	-5.146	2,234.731	1,366.547	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	128.826	-128.007	239.038	-239.038	9.306	-10.575	2,529.188	2,013.436	118

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	914.740	-82.168	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,818.256	1,576.235	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	464.676	-186.717	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,521.551	1,610.598	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	2,666.780	-234.465	947.362	-947.362	40.020	-57.083	11,603.424	7,657.714	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	706.923	-121.642	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,947.128	5,130.241	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	2,613.780	-285.904	986.094	-986.094	46.669	-69.603	11,261.558	7,259.507	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	812.181	-113.640	977.905	-977.905	32.444	-17.976	7,627.884	5,673.738	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	846.789	-32.803	240.297	-240.297	5.442	-5.146	2,473.811	1,343.335	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	595.661	-256.000	239.038	-239.038	9.306	-10.575	2,996.023	1,885.443	118

(2) G2 최대인 경우

・DB 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	6.826	-37.008	235.040	-235.040	6.325	-3.748	1,910.342	1,621.395	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	498.394	-57.083	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,555.269	1,740.232	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	108.140	-64.407	947.362	-947.362	40.020	-57.083	9,044.784	7,827.772	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	519.350	-31.160	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,759.555	5,220.722	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	121.438	-77.539	986.094	-986.094	46.669	-69.603	8,769.216	7,467.872	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	520.651	-13.258	977.905	-977.905	32.444	-17.976	7,336.354	5,774.120	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	21.109	-91.035	240.297	-240.297	5.442	-5.146	1,648.131	1,285.103	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	458.784	-76.849	239.038	-239.038	9.306	-10.575	2,859.146	2,064.595	118

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	256.015	-41.434	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,159.531	1,616.969	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	672.508	-105.007	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,729.383	1,692.308	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	424.370	-126.193	947.362	-947.362	40.020	-57.083	9,361.014	7,765.986	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	699.527	-55.980	958.320	-958.320	19.742	-10.260	6,939.732	5,195.903	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	450.429	-152.795	986.094	-986.094	46.669	-69.603	9,098.207	7,392.616	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	708.461	-23.091	977.905	-977.905	32.444	-17.976	7,524.164	5,764.287	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DB 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	334.069	-94.675	240.297	-240.297	5.442	-5.146	1,961.091	1,281.463	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	629.707	-142.176	239.038	-239.038	9.306	-10.575	3,030.069	1,999.267	118

・DL 하중

[1차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	13.011	-87.836	235.040	-235.040	6.325	-3.748	1,916.527	1,570.567	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	779.562	-115.796	243.476	-243.476	8.527	-7.556	2,836.437	1,681.519	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	316.156	-126.239	947.362	-947.362	40.020	-57.083	9,252.800	7,765.940	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	1,523.250	-60.175	958.320	-958.320	19.742	-10.260	7,763.455	5,191.708	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	302.240	-151.903	986.094	-986.094	46.669	-69.603	8,950.018	7,393.508	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	1,551.990	-25.508	977.905	-977.905	32.444	-17.976	8,367.693	5,761.870	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	29.170	-147.049	240.297	-240.297	5.442	-5.146	1,656.192	1,229.089	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	829.672	-155.473	239.038	-239.038	9.306	-10.575	3,230.034	1,985.970	118

[2차선 재하]

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	380.903	-99.086	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,284.419	1,559.316	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	1,072.930	-211.171	243.476	-243.476	8.527	-7.556	3,129.805	1,586.144	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	1,521.240	-239.583	947.362	-947.362	40.020	-57.083	10,457.884	7,652.596	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	1,993.690	-107.277	958.320	-958.320	19.742	-10.260	8,233.895	5,144.606	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	1,480.290	-289.390	986.094	-986.094	46.669	-69.603	10,128.068	7,256.021	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	2,058.970	-47.019	977.905	-977.905	32.444	-17.976	8,874.673	5,740.359	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	DL 하중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	379.972	-145.486	240.297	-240.297	5.442	-5.146	2,006.994	1,230.652	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	1,181.120	-285.537	239.038	-239.038	9.306	-10.575	3,581.482	1,855.906	118

(3) 최대 반력 집계

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	914.740	-99.086	235.040	-235.040	6.325	-3.748	2,818.256	1,559.316	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	1,072.930	-211.171	243.476	-243.476	8.527	-7.556	3,129.805	1,586.144	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	2,666.780	-239.583	947.362	-947.362	40.020	-57.083	11,603.424	7,652.596	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	1,993.690	-122.615	958.320	-958.320	19.742	-10.260	8,233.895	5,129.268	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	2,613.780	-289.390	986.094	-986.094	46.669	-69.603	11,261.558	7,256.021	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	2,058.970	-122.050	977.905	-977.905	32.444	-17.976	8,874.673	5,665.328	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		지점침하(R_G)		합 계($R_D+R_L+R_W/2+R_G$)		절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	846.789	-147.049	240.297	-240.297	5.442	-5.146	2,473.811	1,229.089	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	1,181.120	-285.537	239.038	-239.038	9.306	-10.575	3,581.482	1,855.906	118

(4) 하부 설계시 작용반력

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	380.903	-99.086	649.619	-44.803	13.011	-87.836	2,818.256	1,559.316	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	1,072.930	-211.171	48.549	-88.106	779.562	-115.796	3,129.805	1,586.144	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	1,521.240	-239.583	1,740.680	-118.796	316.156	-126.239	11,603.424	7,652.596	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	1,993.690	-107.277	1.060	-122.615	1,523.250	-60.175	8,233.895	5,129.268	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	1,480.290	-289.390	1,709.120	-145.786	302.240	-151.903	11,261.558	7,256.021	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	2,058.970	-47.019	58.639	-122.050	1,551.990	-25.508	8,874.673	5,665.328	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중		단일합성	합성후 고정하중	활 하 중						최대반력집계 합계		절점 번호
					만재하시		좌측 편재하시		우측 편재하시				
	Steel	하부슬래브	상부슬래브		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	379.972	-145.486	607.709	-9.591	29.170	-147.049	2,473.811	1,229.089	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	1,181.120	-285.537	128.826	-128.007	829.672	-155.473	3,581.482	1,855.906	118

(5) 부반력 검토

$R = 2R_{L+I} + R_D$ or $R = R_D + R_W$ 중 불리한 값을 사용하여 설계한다. (도로교 설계기준 2.4.1.2)

R : 받침반력 (kN)　　R_{L+I} : 충격을 포함한 활하중에 의한 최대 부반력 (kN)

R_f : 고정하중에 의한 받침반력 (kN)　R_W : 풍하중에 의한 최대 부반력 (kN)

< A1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	469.421	-11.477	847.893	473.833	1,779.671	914.740	-99.086	235.040	-235.040	1,581.498	1,544.630	-	109
G2	523.591	-29.527	914.099	518.447	1,926.609	1,072.930	-211.171	243.476	-243.476	1,504.267	1,683.133	-	114

< P1 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	2,035.985	839.980	3,513.024	2,033.954	8,422.943	2,666.780	-239.583	947.362	-947.362	7,943.777	7,475.580	-	110
G2	1,444.507	786.474	2,212.642	1,297.680	5,741.303	1,993.690	-122.615	958.320	-958.320	5,496.073	4,782.983	-	115

< P2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	1,943.349	896.516	3,340.822	1,927.375	8,108.062	2,613.780	-289.390	986.094	-986.094	7,529.282	7,121.967	-	111
G2	1,637.573	811.312	2,420.676	1,424.746	6,294.307	2,058.970	-122.050	977.905	-977.905	6,050.207	5,316.401	-	116

< A2 >

거더 번호	합성전 고정하중(R_D)		단일합성	합성후 고정하중(R_D)	고정하중 합계	활 하 중(R_{L+I})		풍 하 중(R_W)		부반력 검토		부반력(R)	절점 번호
	Steel	하부슬래브	상부슬래브			Max	Min	Max	Min	$2R_{L+I} + R_D$	$R_D + R_W$		
G1	389.589	-5.150	728.924	388.069	1,501.432	846.789	-147.049	240.297	-240.297	1,207.334	1,261.136	-	113
G2	625.639	0.926	1,038.139	606.833	2,271.537	1,181.120	-285.537	239.038	-239.038	1,700.463	2,032.499	-	118

(6) 허용수평력 검토

1) 원심하중에 의한 수평력 (도로교 설계기준 2.1.17)

$$CF = 0.790 \frac{V^2}{R} = 0.790 \frac{60^2}{300} = 9.48 \quad (\%)$$

P1 = 0.09 x 432 = 41 kN (DB-24)

Rh1 = 41 / 2 = 20 kN

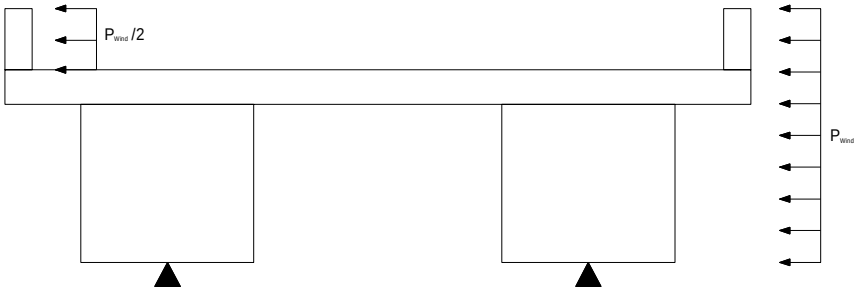
2) 충돌하중에 의한 수평력 (도로교 설계기준 2.4.3)

$$H = (\frac{V}{R})^2 \times 7.50 + 2.50 = (\frac{60}{300})^2 \times 7.50 + 2.50 = 2.80 \quad kN/m$$

P2 = 2.80 x 1 = 2.80 kN

Rh2 = 2.80 / 2 = 1.40 kN

3) 풍하중에 의한 수평력 (도로교 설계기준 2.1.11)



P_{wind} = 3.00 kN/m^2

① 교대부

w_{wind} = 3.000 x 4.600 + 1.50 x 1.270 = 15.7 kN/m

P3-1 = 15.705 x 41.000 = 643.9 kN/m (A1, A2)

Rh3-1 = 643.905 / 2 = 322.0 kN

② 내부지점부

w_{wind} = 3.000 x 5.300 + 1.50 x 1.270 = 17.8 kN/m

P3-2 = 17.805 x 87.500 = 1,557.9 kN/m (P1, P2)

Rh3-2 = 1,557.938 / 2 = 779.0 kN

4) 수평하중 집계 (단위:kN)

위치	원심하중(Rh1)	충돌하중(Rh2)	풍하중(Rh3)	합계	허용수평력	비고
A1	20.477	1.400	321.953	343.829	364.150	O.K
P1	20.477	1.400	778.969	800.846	1,101.450	O.K
P2	20.477	1.400	778.969	800.846	877.050	O.K
A2	20.477	1.400	321.953	343.829	368.400	O.K

* 허용수평력은 각지점의 G1, G2의 평균값을 적용함.

4.7 뒴비틀림(WARPING TORSION)에 대한 검토

1) 합성전 WARPING TORSION 에 대한 검토 (☞ 철.설 9.10.1 ☞ 강교설계의 기초 P168)

비틀림상수비 가장 큰 단면 10 에 대하여 검토함

$B_u = U_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,200.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,216.0$ mm

$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea = 2,200.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,216.0$ mm

$H = h + t_u/2 + t_l/2 = 3,519.0 + 26.0 / 2 + 22.0 / 2 = 3,543.0$ mm

$F = (Bu+Bl)/2 \times H = (2,216.0 + 2,216.0) / 2 \times 3,543.0 = 7,851,288.0$ mm^2

$\beta_u = (Bu \times t_u)/(t_w \times H) = (2,216.0 \times 26.0) / (16.0 \times 3,543.0) = 1.016$

$\beta_l = (Bl \times t_l)/(t_w \times H) = (2,216.0 \times 22.0) / (16.0 \times 3,543.0) = 0.860$

$\varepsilon = 2 \times t_u \times t_l / t_w^2 = 2 \times 26.0 \times 22.0 / 16.0^2 = 4.469$

▪ 비틀림 함수

$q' = \{(B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon\} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon)$

$= \{(2,216.0 + 2,216.0)/2 \times 16.0 \times 4.469\} / (1.016 + 0.860 + 4.469) = 24,971.0$

▪ 솟구침 함수(Unit Warping)

$\Delta\omega = \{(B_u + B_l) / 2 / 2 \times H\} + (q' \times H) / t_w$

$= \{(2,216.0 + 2,216.0)/2/2 \times 3,543.0\} + (24,971.0 \times 3,543.0)/16.0 = 9,455,154.9$

$\omega_1 = \{-\Delta\omega \times (\beta_l + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$

$= \{-9,455,154.9 \times (0.860 + 3)\} / (1.016 + 0.860 + 6) = -4,633,723.9$

$\omega_2 = \{\Delta\omega \times (\beta_u + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$

$= \{9,455,154.9 \times (1.016 + 3)\} / (1.016 + 0.860 + 6) = 4,821,431.0$

▪ 솟구침 비틀림 상수

$I_w = H \times t_w/3 \{\omega_1^2(2+\beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2(2+\beta_l)\}$

$= 3,543.0 \times 16.0/3 \times \{-4,633,723.9^2 \times (2 + 1.016) + 2 \times -4,633,723.9$

$\times 4,821,431.04 + 4,821,431.0^2 \times (2 + 0.860)\} = 1.636E+18$ mm^6

▪ 순수 비틀림 상수

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_{hu} + B_l / t_l\}$

$= 4 \times 7,851,288.0^2 / \{(3,543.0 + 3,543.0) / 16.0 + 2,216.0 / 26.0$

$+ 2,216.0 / 22.0 \} = 3.921E+11$

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 81,350.0 \times \sqrt{\frac{79,000.0 \times 3.921E+11}{205,000.0 \times 1.636E+18}} = 24.725$$

$\alpha = 24.72 > 10.0$ ※ 검토결과 α > 10이므로 뒴비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(81,350.0 mm)

E_s : 탄성계수(205,000.0 MPa)

G : 전단탄성계수(79,000.0 MPa)

◎ 단면별 비틀림 모멘트 고려범위 판정 결과

구 분	B_u	B_l	H	Tu	t_l	t_w	F(mm^2)	β_u	β_l	ε	q'
단면-1	2,212.0	2,212.0	3,525.7	1.4	12.0	12.0	7.80E+06	0.073	0.627	0.233	6631.8
단면-2	2,212.0	2,212.0	3,525.7	1.3	12.0	12.0	7.80E+06	0.068	0.627	0.217	6305.9
단면-3	2,212.0	2,212.0	3,528.6	1.1	18.0	12.0	7.81E+06	0.057	0.940	0.275	5735.1
단면-4	2,212.0	2,212.0	3,530.6	1.1	22.0	12.0	7.81E+06	0.057	1.149	0.336	5785.1
단면-5	2,212.0	2,212.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	7.80E+06	0.058	0.627	0.183	5604.7
단면-6	2,212.0	2,212.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	7.80E+06	0.058	0.627	0.183	5604.7
단면-7	2,214.0	2,214.0	3,525.6	1.1	12.0	14.0	7.81E+06	0.049	0.538	0.135	5780.0
단면-8	2,214.0	2,214.0	3,528.6	1.1	18.0	14.0	7.81E+06	0.049	0.807	0.202	5918.8
단면-9	2,216.0	2,216.0	3,535.0	14.0	18.0	16.0	7.83E+06	0.549	0.705	1.969	21661.5
단면-10	2,216.0	2,216.0	3,543.0	26.0	22.0	16.0	7.85E+06	1.016	0.860	4.469	24971.0
단면-11	2,216.0	2,216.0	3,543.0	26.0	22.0	16.0	7.85E+06	1.016	0.860	4.469	24971.0
단면-12	2,216.0	2,216.0	3,543.0	26.0	22.0	16.0	7.85E+06	1.016	0.860	4.469	24971.0
단면-13	2,214.0	2,214.0	3,537.0	18.0	18.0	14.0	7.83E+06	0.805	0.805	3.306	20846.7
단면-14	2,214.0	2,214.0	3,536.0	16.0	18.0	14.0	7.83E+06	0.716	0.805	2.939	20426.7
단면-15	2,212.0	2,212.0	3,528.6	1.1	18.0	12.0	7.81E+06	0.057	0.940	0.275	5735.1
단면-16	2,212.0	2,212.0	3,528.6	1.1	18.0	12.0	7.81E+06	0.057	0.940	0.275	5735.1
단면-17	2,212.0	2,212.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	7.80E+06	0.058	0.627	0.183	5604.7
단면-18	2,212.0	2,212.0	3,525.6	1.1	12.0	12.0	7.80E+06	0.058	0.627	0.183	5604.7

구 분	Δω	ω_1	ω_2	L	I_w(mm^6)	K(mm^4)	α	판 정
단면-1	5,847,906.7	-3,165,789.8	2,682,116.8	81,350.0	3.20E+17	1.03E+11	28.71	α >10
단면-2	5,752,063.5	-3,116,339.4	2,635,724.2	81,350.0	3.09E+17	9.84E+10	28.49	α >10
단면-3	5,588,958.1	-3,147,039.8	2,441,918.3	81,350.0	3.18E+17	8.95E+10	26.79	α >10
단면-4	5,606,845.8	-3,227,942.5	2,378,903.3	81,350.0	3.37E+17	9.04E+10	26.13	α >10
단면-5	5,545,904.6	-3,009,353.0	2,536,551.6	81,350.0	2.86E+17	8.74E+10	27.93	α >10
단면-6	5,545,904.6	-3,009,353.0	2,536,551.6	81,350.0	2.86E+17	8.74E+10	27.93	α >10
단면-7	5,358,338.4	-2,878,017.1	2,480,321.3	81,350.0	3.01E+17	9.02E+10	27.64	α >10
단면-8	5,397,868.9	-2,997,101.7	2,400,767.2	81,350.0	3.33E+17	9.25E+10	26.63	α >10
단면-9	8,702,607.7	-4,445,314.5	4,257,293.1	81,350.0	1.16E+18	3.39E+11	27.31	α >10
단면-10	9,455,154.9	-4,633,723.9	4,821,431.0	81,350.0	1.64E+18	3.92E+11	24.72	α >10
단면-11	9,455,154.9	-4,633,723.9	4,821,431.0	93,000.0	1.64E+18	3.92E+11	28.27	α >10
단면-12	9,455,154.9	-4,633,723.9	4,821,431.0	93,000.0	1.64E+18	3.92E+11	28.27	α >10
단면-13	9,182,231.6	-4,591,115.8	4,591,115.8	93,000.0	1.26E+18	3.26E+11	29.44	α >10
단면-14	9,073,545.4	-4,590,731.4	4,482,814.0	93,000.0	1.20E+18	3.20E+11	29.86	α >10
단면-15	5,588,958.1	-3,147,039.8	2,441,918.3	93,000.0	3.18E+17	8.95E+10	30.63	α >10
단면-16	5,588,958.1	-3,147,039.8	2,441,918.3	93,000.0	3.18E+17	8.95E+10	30.63	α >10
단면-17	5,545,904.6	-3,009,353.0	2,536,551.6	93,000.0	2.86E+17	8.74E+10	31.92	α >10
단면-18	5,545,904.6	-3,009,353.0	2,536,551.6	93,000.0	2.86E+17	8.74E+10	31.92	α >10

※ 검토결과 비틀림 상수비 α < 0.4일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, α >10일 경우 뒴비틀림에 대 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

2) 합성후 WARPING TORSION 에 대한 검토

비틀림상수비 가장 큰 단면 10 에 대하여 검토함

$B_u = U_2 + t_w/2 \times 2ea$ = 2,200.0 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,216.0 mm

$B_l = B_2 + t_w/2 \times 2ea$ = 2,144.4 + 16.0 / 2 + 16.0 / 2 = 2,160.4 mm

$H = h + t_u/2 + t_l/2$ = 3,519.0 + 64.0 / 2 + 22.0 / 2 = 3,562.0 mm

$F = (Bu+Bl)/2 \times H$ = (2,216.0 + 2,160.4) / 2 × 3,562.0 = 7,794,368.4 mm^2

$\beta_u = (Bu \times t_u)/(t_w \times H)$ = (2,216.0 × 64.0) / (16.0 × 3,562.0) = 2.488

$\beta_l = (Bl \times t_l)/(t_w \times H)$ = (2,160.4 × 22.0) / (16.0 × 3,562.0) = 0.834

$\varepsilon = 2 \times t_u \times t_l / t_w^2$ = 2 × 64.0 × 22.0 / 16.0² = 11.000

▪ 비틀림 함수

$q' = \{(B_u + B_l) / 2 \times t_w \times \varepsilon\} / (\beta_u + \beta_l + \varepsilon)$

= {(2,216.0 + 2,160.4)/2 × 16.0 × 11.000} / (2.488 + 0.834 + 11.00 = 26,889.5

▪ 솟구침 함수(Unit Warping)

$\Delta\omega = \{(B_u + B_l) / 2 / 2 \times H\} + (q' \times H) / t_w$

= {(2,216.0 + 2,160.4)/2/2 × 3,562.0} + (26,889.5 × 3,562.0)/16.0 = 9,883,456.2

$\omega_1 = \{-\Delta\omega \times (\beta_l + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$

= { -9,883,456.2 × (0.834 + 3)} / (2.488 + 0.834 + 6) = -4,064,677.4

$\omega_2 = \{\Delta\omega \times (\beta_u + 3)\} / (\beta_u + \beta_l + 6)$

= {9,883,456.2 × (2.488 + 3)} / (2.488 + 0.834 + 6) = 5,818,778.8

▪ 솟구침 비틀림 상수

$I_w = H \times t_w/3 \{\omega_1^2(2+\beta_u) + 2 \times \omega_1 \times \omega_2 + \omega_2^2(2+\beta_l)\}$

= 4 × 7,794,368.4² / {(3,671.6 + 3,671.6) / 16.0 + 2,216.0 / 64.0

× 5,818,778.76 + 5,818,778.8² × (2 + 0.834)} = 2.333E+18 mm^6

▪ 순수 비틀림 상수

$K = 4 \cdot F^2 / (\oint ds / t)$

$= 4F^2 / \{(H/\cos\Theta_L + H/\cos\Theta_R) / t_w + B_u / t_u + B_l / t_l\}$

= 4 × 7,794,368.4² / {(3,562.0 + 3,562.0) / 16.0 + 2,216.0 / 64.0

+ 2,160.4 / 22.0 } = 4.204E+11

▪ 비틀림 상수비

$$\alpha = L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot K}{E_s \cdot I_w}} = 81,350.0 \times \sqrt{\frac{79,000.0 \times 4.204E+11}{205,000.0 \times 2.333E+18}} = 21.437$$

α = 21.44 > 10.0 ※ 검토결과 α > 10이므로 뒴비틀림에 따른 응력 계산을 생략할 수 있다.

L : 지간장(81,350.0 mm)

E_s : 탄성계수(205,000.0 MPa)

G : 전단탄성계수(79,000.0 MPa)

◎ 단면별 비틀림 모멘트 고려범위 판정 결과

구 분	B_u	B_l	H	Tu	t_l	t_w	F(mm^2)	β_u	β_l	ε	q'
단면-1	2,212.0	2,156.4	3,561.4	72.7	12.0	12.0	7.78E+06	3.763	0.606	12.117	19264.9
단면-2	2,212.0	2,156.4	3,545.8	41.5	12.0	12.0	7.74E+06	2.157	0.608	6.917	18723.7
단면-3	2,212.0	2,156.4	3,548.8	41.5	18.0	12.0	7.75E+06	2.156	0.911	10.375	20229.9
단면-4	2,212.0	2,156.4	3,550.8	41.5	22.0	12.0	7.76E+06	2.154	1.113	12.681	20839.9
단면-5	2,212.0	2,156.4	3,545.8	41.5	12.0	12.0	7.74E+06	2.157	0.608	6.917	18723.7
단면-6	2,212.0	2,156.4	3,545.8	41.5	12.0	12.0	7.74E+06	2.157	0.608	6.917	18723.7
단면-7	2,214.0	2,158.4	3,545.8	41.5	12.0	14.0	7.75E+06	1.851	0.522	5.082	20864.7
단면-8	2,214.0	2,158.4	3,548.8	41.5	18.0	14.0	7.76E+06	1.849	0.782	7.622	22752.4
단면-9	2,216.0	2,160.4	3,554.0	52.0	18.0	16.0	7.78E+06	2.026	0.684	7.313	25543.7
단면-10	2,216.0	2,160.4	3,562.0	64.0	22.0	16.0	7.79E+06	2.488	0.834	11.000	26889.5
단면-11	2,216.0	2,160.4	3,562.0	64.0	22.0	16.0	7.79E+06	2.488	0.834	11.000	26889.5
단면-12	2,216.0	2,160.4	3,562.0	64.0	22.0	16.0	7.79E+06	2.488	0.834	11.000	26889.5
단면-13	2,214.0	2,158.4	3,556.0	56.0	18.0	14.0	7.77E+06	2.490	0.780	10.286	23222.2
단면-14	2,214.0	2,158.4	3,548.8	41.5	18.0	14.0	7.76E+06	1.849	0.782	7.622	22752.4
단면-15	2,212.0	2,156.4	3,548.8	41.5	18.0	12.0	7.75E+06	2.156	0.911	10.375	20229.9
단면-16	2,212.0	2,156.4	3,548.8	41.5	18.0	12.0	7.75E+06	2.156	0.911	10.375	20229.9
단면-17	2,212.0	2,156.4	3,545.8	41.5	12.0	12.0	7.74E+06	2.157	0.608	6.917	18723.7
단면-18	2,212.0	2,156.4	3,545.8	41.5	12.0	12.0	7.74E+06	2.157	0.608	6.917	18723.7

구 분	Δω	ω_1	ω_2	L	I_w(mm^6)	K(mm^4)	α	판 정
단면-1	9,606,759.5	-3,340,645.5	6,266,114.1	81,350.0	1.78E+18	3.01E+11	20.79	α >10
단면-2	9,404,782.3	-3,871,256.6	5,533,525.7	81,350.0	1.41E+18	2.91E+11	22.96	α >10
단면-3	9,858,165.9	-4,252,727.3	5,605,438.6	81,350.0	1.69E+18	3.14E+11	21.79	α >10
단면-4	10,044,209.1	-4,457,985.6	5,586,223.5	81,350.0	1.85E+18	3.24E+11	21.15	α >10
단면-5	9,404,782.3	-3,871,256.6	5,533,525.7	81,350.0	1.41E+18	2.91E+11	22.96	α >10
단면-6	9,404,782.3	-3,871,256.6	5,533,525.7	81,350.0	1.41E+18	2.91E+11	22.96	α >10
단면-7	9,160,223.6	-3,853,021.7	5,307,202.0	81,350.0	1.44E+18	3.25E+11	23.95	α >10
단면-8	9,646,469.8	-4,226,782.1	5,419,687.7	81,350.0	1.73E+18	3.54E+11	22.82	α >10
단면-9	9,562,318.9	-4,044,203.4	5,518,115.4	81,350.0	1.95E+18	3.99E+11	22.83	α >10
단면-10	9,883,456.2	-4,064,677.4	5,818,778.8	81,350.0	2.33E+18	4.20E+11	21.44	α >10
단면-11	9,883,456.2	-4,064,677.4	5,818,778.8	93,000.0	2.33E+18	4.20E+11	24.51	α >10
단면-12	9,883,456.2	-4,064,677.4	5,818,778.8	93,000.0	2.33E+18	4.20E+11	24.51	α >10
단면-13	9,785,501.0	-3,990,262.6	5,795,238.4	93,000.0	1.97E+18	3.62E+11	24.76	α >10
단면-14	9,646,469.8	-4,226,782.1	5,419,687.7	93,000.0	1.73E+18	3.54E+11	26.09	α >10
단면-15	9,858,165.9	-4,252,727.3	5,605,438.6	93,000.0	1.69E+18	3.14E+11	24.91	α >10
단면-16	9,858,165.9	-4,252,727.3	5,605,438.6	93,000.0	1.69E+18	3.14E+11	24.91	α >10
단면-17	9,404,782.3	-3,871,256.6	5,533,525.7	93,000.0	1.41E+18	2.91E+11	26.25	α >10
단면-18	9,404,782.3	-3,871,256.6	5,533,525.7	93,000.0	1.41E+18	2.91E+11	26.25	α >10

※ 검토결과 비틀림 상수비 α < 0.4일 경우 순수비틀림에 따른 응력계산을, α >10일 경우 뒴비틀림에 대 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

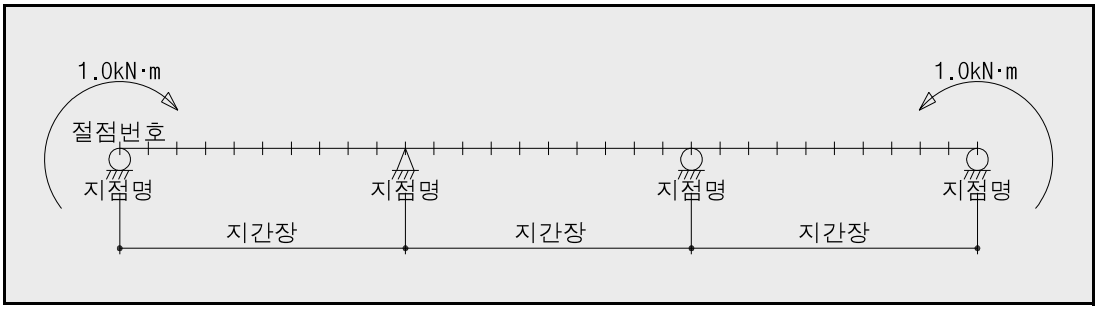
4.8 2차 부정정력에 대한 영향 검토

(☞ 강구조편람 제7장 P35)

1) k 값의 적용방법

- 콘크리트-강재 합성형 교량에서는 고정하중과 활하중에 의한 응력 이외에 건조수축, 크리프, 강-콘크리트 온도차에 의한 응력이 발생된다. 더구나 강항섭형교가 2경간 이상의 연속교일 경우에는 건조수축 크리프, 온도차에 의해 부정정력이 추가적으로 발생되며 이와같은 하중을 2차 모멘트라고 한다.

- 정정계의 모멘트에 영향계수 k를 곱하여 부정정계의 휨모멘트를 얻는 방법 :
  영향계수 계산은 전산을 이용하여 산출하며 산출 방법은 양단에 단위 모멘트 M = 1.0kN·m를 작용시켜 각 절점에 작용되는 모멘트 값을 영향계수 k 값을 취한다.



- k 값의 적용방법 :
  k 값은 주형의 설계에서 바닥판 콘크리트의 크리프와 건조수축, 그리고 강재보와 바닥판 콘크리트와의 온도차 등에 의해 단면내의 발생하는 2차모멘트를 계산하는 데 이용된다.

• 바닥판 콘크리트의 크리프 (☞ 도.설.해 3.9.2.6)

바닥판 콘크리트 $\Delta f_c = \frac{1}{n_1}\left[\frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}}\right] - E_{c1}\frac{f_c}{E_c}\phi_1$

강재거더 $\Delta f_s = \frac{P_\phi}{A_{v1}} + \frac{M_\phi y_{v1}}{I_{v1}}$

여기서, $P_\phi = E_{c1}A_c\varepsilon_{\phi 0} = E_{c1}A_c\frac{N_c}{E_cA_c}\phi_1 = N_c\frac{2\phi_1}{2+\phi_1}$

$M_\phi = P_\phi\left[d_{c1} + \frac{r_c^2}{d_c}\right] \fallingdotseq P_\phi \cdot d_{c1}$

• 바닥판 콘크리트와 강재 주거더와의 온도차 (☞ 도.설.해 3.9.2.7)

바닥판 콘크리트 $f_c = \frac{1}{n}\left[\frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v}\right] - E_c\varepsilon_t$

강재거더 $f_s = \frac{P_1}{A_v} + \frac{M_v y_v}{I_v}$

여기서, $\varepsilon_t = \alpha \cdot \Delta_t$ (콘크리트가 인장이 되는 경우,즉 강재거더 쪽이 고온인 경우를 정으로 한다)

$P_1 = E_s \cdot \varepsilon_t \cdot \frac{A_c}{n}$ $M_v = P_1 \cdot d_c$

• 바닥판 콘크리트의 건조수축 (☞ 도.설.해 3.9.2.8)

바닥판 콘크리트 $f_c = \frac{1}{n_2}\left[\frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2}y_{v2}}{I_{v2}}\right] - E_{c2}\varepsilon_s$

강재거더 $f_s = \frac{P_2}{A_{v2}} + \frac{M_{v2}y_{v2}}{I_{v2}}$

여기서, $E_2 = \frac{E_s}{n_2}$ $P_2 = \frac{E_s\varepsilon_s A_c}{n_2} = E_{c2}\varepsilon_s A_c$ $M_{v2} = P_2 \cdot d_{c2}$

2) 2차 부정정력에 대한 영향계수 K, 산정결과 :

① Girder-G1

부재구분	지점명	k 값
1,I지점	A1	1.000
1,1/4지점		0.988
1,2/4지점		0.976
1,3/4지점		0.964
1,j지점		0.952
2,I지점		0.952
2,1/4지점		0.938
2,2/4지점		0.923
2,3/4지점		0.909
2,j지점		0.895
3,I지점		0.895
3,1/4지점		0.880
3,2/4지점		0.866
3,3/4지점		0.852
3,j지점		0.837
4,I지점		0.837
4,1/4지점		0.819
4,2/4지점		0.801
4,3/4지점		0.783
4,j지점		0.765
5,I지점		0.765
5,1/4지점		0.748
5,2/4지점		0.730
5,3/4지점		0.712
5,j지점		0.694
6,I지점		0.694
6,1/4지점		0.676
6,2/4지점		0.658
6,3/4지점		0.640
6,j지점		0.622
7,I지점		0.622
7,1/4지점		0.604
7,2/4지점		0.586
7,3/4지점		0.568
7,j지점		0.550
8,I지점		0.550
8,1/4지점		0.532
8,2/4지점		0.514
8,3/4지점		0.497
8,j지점		0.479

부재구분	지점명	k 값
9,I지점		0.479
9,1/4지점		0.461
9,2/4지점		0.443
9,3/4지점		0.425
9,j지점		0.407
10,I지점		0.407
10,1/4지점		0.389
10,2/4지점		0.371
10,3/4지점		0.353
10,j지점		0.335
11,I지점		0.335
11,1/4지점		0.317
11,2/4지점		0.299
11,3/4지점		0.281
11,j지점		0.263
12,I지점		0.263
12,1/4지점		0.245
12,2/4지점		0.228
12,3/4지점		0.210
12,j지점		0.192
13,I지점		0.192
13,1/4지점		0.174
13,2/4지점		0.156
13,3/4지점		0.138
13,j지점		0.120
14,I지점		0.120
14,1/4지점		0.102
14,2/4지점		0.084
14,3/4지점		0.066
14,j지점		0.048
15,I지점		0.048
15,1/4지점		0.030
15,2/4지점		0.012
15,3/4지점		-0.006
15,j지점		-0.024
16,I지점		-0.024
16,1/4지점		-0.041
16,2/4지점		-0.059
16,3/4지점		-0.077
16,j지점		-0.095

부재구분	지점명	k 값
17,I지점		-0.095
17,1/4지점		-0.113
17,2/4지점		-0.131
17,3/4지점		-0.149
17,j지점	P1	-0.167
18,I지점	P1	-0.167
18,1/4지점		-0.167
18,2/4지점		-0.167
18,3/4지점		-0.167
18,j지점		-0.167
19,I지점		-0.167
19,1/4지점		-0.167
19,2/4지점		-0.167
19,3/4지점		-0.167
19,j지점		-0.167
20,I지점		-0.167
20,1/4지점		-0.167
20,2/4지점		-0.167
20,3/4지점		-0.167
20,j지점		-0.167
21,I지점		-0.167
21,1/4지점		-0.167
21,2/4지점		-0.167
21,3/4지점		-0.167
21,j지점		-0.167
22,I지점		-0.167
22,1/4지점		-0.167
22,2/4지점		-0.167
22,3/4지점		-0.167
22,j지점		-0.167
23,I지점		-0.167
23,1/4지점		-0.167
23,2/4지점		-0.167
23,3/4지점		-0.167
23,j지점		-0.167
24,I지점		-0.167
24,1/4지점		-0.167
24,2/4지점		-0.167
24,3/4지점		-0.167
24,j지점		-0.167

부재구분	지점명	k 값
25,I지점		-0.167
25,1/4지점		-0.167
25,2/4지점		-0.167
25,3/4지점		-0.167
25,j지점		-0.167
26,I지점		-0.167
26,1/4지점		-0.167
26,2/4지점		-0.167
26,3/4지점		-0.167
26,j지점		-0.167
27,I지점		-0.167
27,1/4지점		-0.167
27,2/4지점		-0.167
27,3/4지점		-0.167
27,j지점		-0.167
28,I지점		-0.167
28,1/4지점		-0.167
28,2/4지점		-0.167
28,3/4지점		-0.167
28,j지점		-0.167
29,I지점		-0.167
29,1/4지점		-0.167
29,2/4지점		-0.167
29,3/4지점		-0.167
29,j지점		-0.167
30,I지점		-0.167
30,1/4지점		-0.167
30,2/4지점		-0.167
30,3/4지점		-0.167
30,j지점		-0.167
31,I지점		-0.167
31,1/4지점		-0.167
31,2/4지점		-0.167
31,3/4지점		-0.167
31,j지점		-0.167
32,I지점		-0.167
32,1/4지점		-0.167
32,2/4지점		-0.167
32,3/4지점		-0.167
32,j지점		-0.167

① Girder-G1 - 계속

부재구분	지점명	k 값
33,I지점		-0.167
33,1/4지점		-0.167
33,2/4지점		-0.167
33,3/4지점		-0.167
33,j지점		-0.167
34,I지점		-0.167
34,1/4지점		-0.167
34,2/4지점		-0.167
34,3/4지점		-0.167
34,j지점		-0.167
35,I지점		-0.167
35,1/4지점		-0.167
35,2/4지점		-0.167
35,3/4지점		-0.167
35,j지점		-0.167
36,I지점		-0.167
36,1/4지점		-0.167
36,2/4지점		-0.167
36,3/4지점		-0.167
36,j지점	P2	-0.167
37,I지점	P2	-0.167
37,1/4지점		-0.149
37,2/4지점		-0.131
37,3/4지점		-0.113
37,j지점		-0.095
38,I지점		-0.095
38,1/4지점		-0.077
38,2/4지점		-0.059
38,3/4지점		-0.041
38,j지점		-0.023
39,I지점		-0.023
39,1/4지점		-0.005
39,2/4지점		0.013
39,3/4지점		0.031
39,j지점		0.049
40,I지점		0.049
40,1/4지점		0.067
40,2/4지점		0.085
40,3/4지점		0.102
40,j지점		0.120

부재구분	지점명	k 값
41,I지점		0.120
41,1/4지점		0.138
41,2/4지점		0.156
41,3/4지점		0.174
41,j지점		0.192
42,I지점		0.192
42,1/4지점		0.210
42,2/4지점		0.228
42,3/4지점		0.246
42,j지점		0.264
43,I지점		0.264
43,1/4지점		0.282
43,2/4지점		0.300
43,3/4지점		0.318
43,j지점		0.336
44,I지점		0.336
44,1/4지점		0.354
44,2/4지점		0.372
44,3/4지점		0.390
44,j지점		0.408
45,I지점		0.408
45,1/4지점		0.425
45,2/4지점		0.443
45,3/4지점		0.461
45,j지점		0.479
46,I지점		0.479
46,1/4지점		0.497
46,2/4지점		0.515
46,3/4지점		0.533
46,j지점		0.551
47,I지점		0.551
47,1/4지점		0.569
47,2/4지점		0.587
47,3/4지점		0.605
47,j지점		0.623
48,I지점		0.623
48,1/4지점		0.641
48,2/4지점		0.659
48,3/4지점		0.677
48,j지점		0.695

부재구분	지점명	k 값
49,I지점		0.695
49,1/4지점		0.713
49,2/4지점		0.731
49,3/4지점		0.748
49,j지점		0.766
50,I지점		0.766
50,1/4지점		0.784
50,2/4지점		0.802
50,3/4지점		0.820
50,j지점		0.838
51,I지점		0.838
51,1/4지점		0.853
51,2/4지점		0.867
51,3/4지점		0.881
51,j지점		0.896
52,I지점		0.896
52,1/4지점		0.910
52,2/4지점		0.924
52,3/4지점		0.939
52,j지점		0.953
53,I지점		0.953
53,1/4지점		0.965
53,2/4지점		0.977
53,3/4지점		0.988
53,j지점	A2	1.000

② Girder-G2

절점번호	지점명	k 값
54,I지점	A1	1.000
54,1/4지점		0.988
54,2/4지점		0.976
54,3/4지점		0.964
54,j지점		0.952
55,I지점		0.952
55,1/4지점		0.938
55,2/4지점		0.924
55,3/4지점		0.910
55,j지점		0.895
56,I지점		0.895
56,1/4지점		0.881
56,2/4지점		0.867
56,3/4지점		0.853
56,j지점		0.838
57,I지점		0.838
57,1/4지점		0.821
57,2/4지점		0.803
57,3/4지점		0.785
57,j지점		0.767
58,I지점		0.767
58,1/4지점		0.749
58,2/4지점		0.732
58,3/4지점		0.714
58,j지점		0.696
59,I지점		0.696
59,1/4지점		0.678
59,2/4지점		0.660
59,3/4지점		0.643
59,j지점		0.625
60,I지점		0.625
60,1/4지점		0.607
60,2/4지점		0.589
60,3/4지점		0.571
60,j지점		0.554
61,I지점		0.554
61,1/4지점		0.536
61,2/4지점		0.518
61,3/4지점		0.500
61,j지점		0.482

절점번호	지점명	k 값
62,I지점		0.482
62,1/4지점		0.465
62,2/4지점		0.447
62,3/4지점		0.429
62,j지점		0.411
63,I지점		0.411
63,1/4지점		0.393
63,2/4지점		0.375
63,3/4지점		0.357
63,j지점		0.339
64,I지점		0.339
64,1/4지점		0.322
64,2/4지점		0.304
64,3/4지점		0.286
64,j지점		0.268
65,I지점		0.268
65,1/4지점		0.250
65,2/4지점		0.232
65,3/4지점		0.214
65,j지점		0.196
66,I지점		0.196
66,1/4지점		0.178
66,2/4지점		0.160
66,3/4지점		0.142
66,j지점		0.124
67,I지점		0.124
67,1/4지점		0.106
67,2/4지점		0.088
67,3/4지점		0.070
67,j지점		0.052
68,I지점		0.052
68,1/4지점		0.034
68,2/4지점		0.016
68,3/4지점		-0.002
68,j지점		-0.020
69,I지점		-0.020
69,1/4지점		-0.038
69,2/4지점		-0.056
69,3/4지점		-0.074
69,j지점		-0.092

절점번호	지점명	k 값
70,I지점		-0.092
70,1/4지점		-0.110
70,2/4지점		-0.128
70,3/4지점		-0.147
70,j지점	P1	-0.165
71,I지점	P1	-0.165
71,1/4지점		-0.165
71,2/4지점		-0.165
71,3/4지점		-0.165
71,j지점		-0.165
72,I지점		-0.165
72,1/4지점		-0.165
72,2/4지점		-0.165
72,3/4지점		-0.165
72,j지점		-0.165
73,I지점		-0.165
73,1/4지점		-0.165
73,2/4지점		-0.165
73,3/4지점		-0.165
73,j지점		-0.165
74,I지점		-0.165
74,1/4지점		-0.165
74,2/4지점		-0.165
74,3/4지점		-0.165
74,j지점		-0.165
75,I지점		-0.165
75,1/4지점		-0.165
75,2/4지점		-0.165
75,3/4지점		-0.165
75,j지점		-0.165
76,I지점		-0.165
76,1/4지점		-0.165
76,2/4지점		-0.166
76,3/4지점		-0.166
76,j지점		-0.166
77,I지점		-0.166
77,1/4지점		-0.166
77,2/4지점		-0.166
77,3/4지점		-0.166
77,j지점		-0.166

절점번호	지점명	k 값
78,I지점		-0.166
78,1/4지점		-0.166
78,2/4지점		-0.166
78,3/4지점		-0.166
78,j지점		-0.166
79,I지점		-0.166
79,1/4지점		-0.166
79,2/4지점		-0.166
79,3/4지점		-0.166
79,j지점		-0.166
80,I지점		-0.166
80,1/4지점		-0.166
80,2/4지점		-0.166
80,3/4지점		-0.166
80,j지점		-0.166
81,I지점		-0.166
81,1/4지점		-0.166
81,2/4지점		-0.166
81,3/4지점		-0.166
81,j지점		-0.166
82,I지점		-0.166
82,1/4지점		-0.166
82,2/4지점		-0.166
82,3/4지점		-0.167
82,j지점		-0.167
83,I지점		-0.167
83,1/4지점		-0.167
83,2/4지점		-0.167
83,3/4지점		-0.167
83,j지점		-0.167
84,I지점		-0.167
84,1/4지점		-0.167
84,2/4지점		-0.167
84,3/4지점		-0.167
84,j지점		-0.167
85,I지점		-0.167
85,1/4지점		-0.167
85,2/4지점		-0.167
85,3/4지점		-0.167
85,j지점		-0.167

② Girder-G2 - 계속

절점번호	지점명	k 값
86,I지점		-0.167
86,1/4지점		-0.167
86,2/4지점		-0.167
86,3/4지점		-0.167
86,j지점		-0.167
87,I지점		-0.167
87,1/4지점		-0.167
87,2/4지점		-0.167
87,3/4지점		-0.167
87,j지점		-0.167
88,I지점		-0.167
88,1/4지점		-0.167
88,2/4지점		-0.167
88,3/4지점		-0.167
88,j지점		-0.168
89,I지점		-0.168
89,1/4지점		-0.168
89,2/4지점		-0.168
89,3/4지점		-0.168
89,j지점	P2	-0.168
90,I지점	P2	-0.168
90,1/4지점		-0.150
90,2/4지점		-0.132
90,3/4지점		-0.114
90,j지점		-0.096
91,I지점		-0.096
91,1/4지점		-0.078
91,2/4지점		-0.060
91,3/4지점		-0.042
91,j지점		-0.024
92,I지점		-0.024
92,1/4지점		-0.006
92,2/4지점		0.012
92,3/4지점		0.030
92,j지점		0.048
93,I지점		0.048
93,1/4지점		0.066
93,2/4지점		0.084
93,3/4지점		0.102
93,j지점		0.120

절점번호	지점명	k 값
94,I지점		0.120
94,1/4지점		0.138
94,2/4지점		0.156
94,3/4지점		0.174
94,j지점		0.192
95,I지점		0.192
95,1/4지점		0.209
95,2/4지점		0.227
95,3/4지점		0.245
95,j지점		0.263
96,I지점		0.263
96,1/4지점		0.281
96,2/4지점		0.299
96,3/4지점		0.317
96,j지점		0.335
97,I지점		0.335
97,1/4지점		0.353
97,2/4지점		0.371
97,3/4지점		0.389
97,j지점		0.407
98,I지점		0.407
98,1/4지점		0.425
98,2/4지점		0.443
98,3/4지점		0.461
98,j지점		0.479
99,I지점		0.479
99,1/4지점		0.497
99,2/4지점		0.515
99,3/4지점		0.533
99,j지점		0.551
100,I지점		0.551
100,1/4지점		0.569
100,2/4지점		0.587
100,3/4지점		0.605
100,j지점		0.623
101,I지점		0.623
101,1/4지점		0.641
101,2/4지점		0.658
101,3/4지점		0.676
101,j지점		0.694

절점번호	지점명	k 값
102,I지점		0.694
102,1/4지점		0.712
102,2/4지점		0.730
102,3/4지점		0.748
102,j지점		0.766
103,I지점		0.766
103,1/4지점		0.784
103,2/4지점		0.802
103,3/4지점		0.820
103,j지점		0.838
104,I지점		0.838
104,1/4지점		0.852
104,2/4지점		0.867
104,3/4지점		0.881
104,j지점		0.896
105,I지점		0.896
105,1/4지점		0.910
105,2/4지점		0.924
105,3/4지점		0.939
105,j지점		0.953
106,I지점		0.953
106,1/4지점		0.965
106,2/4지점		0.977
106,3/4지점		0.988
106,j지점	A2	1.000

5. 주거더 응력검토

5.1 정모멘트 응력검토

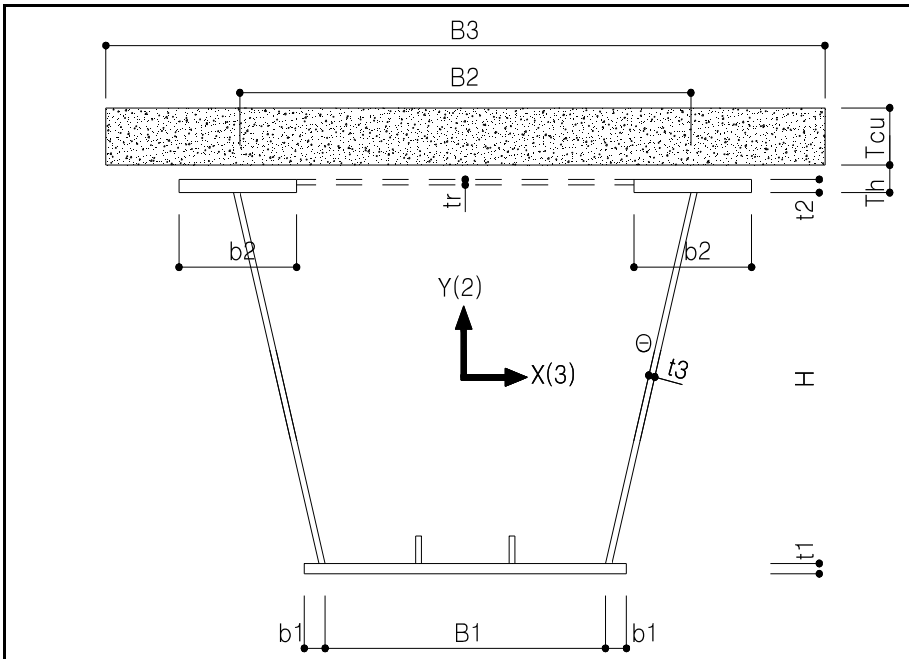
◎ 정모멘트 < 단면 1 > 단면위치: 104,3/4지점 **(외측거더)**

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.88118

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.723
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

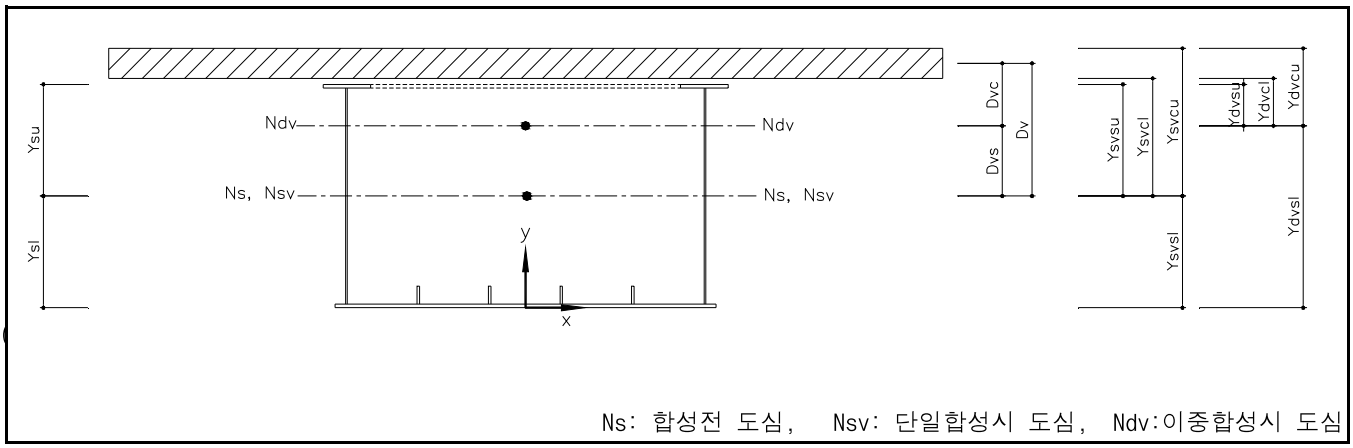
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	3664.4	6315.6	3707.3	5486.5	61.8	19235.6
전단력, S (kN)	372.0	623.2	362.2	656.9	7.3	2021.6
비틀림, T (kN-m)	-473.1	-754.3	-567.4	-1667.8	-7.2	-3469.91

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×16×2	16,000	3,020	4.832.E+07	3.413.E+05	4.681.E+10	4.681.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,512	1.089.E+08	5.400.E+10	2.951.E+09	5.695.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	87	3.132.E+05	6.750.E+06	5.381.E+09	5.387.E+09
하부플랜지	2400×12×1	28,800	6	1.728.E+05	3.456.E+05	4.894.E+10	4.894.E+10
계		120,400		1.577.E+08			1.581.E+11

- 도심 : ys = 157670000/120400 = 1309.6 mm
  Ysu = 1309.551 - 3028 = -1718.4 mm
  Ysl = 1309.6 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 3,664.4x1000000 x (-1718.449) / 158087505914.3 = -39.833 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 3,664.4x1000000 x 1309.551/158087505914.3 = 30.355 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =157670000/120400 = 1309.6 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1309.551-3028 = -1718.4 mm
  Ysvsl = 1309.6 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 6315.583x1000000x0/(0x158087505914.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 6315.583x1000000x(-1718.4)/158087505914.3= -68.650 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 6315.583x1000000 x 1309.551/158087505914.3 = 52.316 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3158.0	4.872.E+08	7.406.E+08	1.013.E+11	1.020.E+11
단일합성시		120400.0	1309.6	1.577.E+08	1.581.E+11	1.298.E+11	2.879.E+11
계		274685.7		6.449.E+08			3.899.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.880
- 도심 : Ydv = 644904226/274685.7 = 2347.8 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2347.79 - 3278 -930.2 mm
Ydvtcl = 2347.79 - 3038 -690.2 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2347.79 - 3028 -680.2 mm
Ydvsl = 2347.8 mm

Ddvtc = 2347.79 - 3158 = -810.2 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2347.79 - 1309.551 = 1038.2 mm
Ddv = 810.21 + 1038.239 = 1848.4 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=3,707.3x1000000x(-930.21)/(7x389891431913.3)= -1.264 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 3,707.3x1000000x0/(0x389891431913.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 3707.303x1000000x(-680.21)/389891431913.3= -6.468 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 3707.303x1000000x2347.79/389891431913.3= 22.324 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 5486.5x1000000x(-930.21)/(7x389891431913.3) -1.870 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 5486.5x1000000x0/(0x389891431913.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 5486.5x1000000 x (-680.21) / 389891431913.3 = -9.572 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 5486.5 x1000000 x 2347.79 / 389891431913.3 = 33.038 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 61.8x1000000x(-930.21)/(7x389891431913.3)= -0.021 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 61.8x1000000x0/(0x389891431913.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 61.8x1000000x(-680.21)/389891431913.3= -0.108 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 61.8x1000000 x 2347.79 / 389891431913.3 = 0.372 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,158	243617143	370285714	97911840343	98282126057
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		120,400	1,310	157669940	158087505914	62736343848	220823849762
계		197,543		401287083			319105975820

- 도심 : yv1 = 401287083/197542.9 = 2031.4 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 2031.4 - 3278 = -1246.6 mm Dtc1 = 2031.4 - 3158 = -1,127 mm

Yv1tcl = 2031.4 - 3038 = -1006.6 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 2031.4 - 1309.551 = 722 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1126.6 + 721.849 = 1,848 mm

Yv1su = 2031.4 - 3028 = -996.6 mm Yv1sl = 2,031 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 3707.303x1000000/(7x389891431913.3)x(-810.21)x1080000 = -1,188,605 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 3707.303x1000000/(7x389891431913.3)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1188605.419x2x2/(2+2) = -1,188,605 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1188605.419x(-1126.6+4800/(-810.21))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 1346.1 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1188605.419+0)/197542.9+(0.88)x1346.125x1000000x(-1246.6)/319105975820)]-0.5x2x(-1.264)

= 0.504 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,188,605.4+0)/197542.9+(0.88)x(1346.125)x10^6x(-996.6)/3191059758 -9.717 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,188,605.4+0)/197542.9+(0.88)x(1346.125)x10^6x2031.4/319105975819 1.524 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,158	1.624.E+08	2.469.E+08	8.627.E+10	8.652.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		120,400	1,310	1.577.E+08	1.581.E+11	3.685.E+10	1.949.E+11
계		171,829		3.201.E+08			2.815.E+11

- 도심 : yv2 = 320081369/171828.6 = 1862.8 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,862.8-3278= -1415.2 mm Dtc2 = 1862.794 - 3158 = -1,295 mm

Yv2tcl=1,862.8-3038= -1175.2 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1862.794 - 1309.551 = 553 mm

Yv2su =1,862.8-3028= -1165.2 mm Dv2 = 1295.206 + 553.2 = 1,848 mm

Yv2sl = 1862.8 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1295.206) + 0x0 3,687 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/171828.6+(0.88)x3686.9x10^6x(-1415.2)/281460573612.2)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.070 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/171828.6+(0.88)x3686.9x10^6x(-1165.2)/281460573612.2 -29.998 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/171828.6+(0.88)x3686.9x10^6x1862.794/281460573612.2 = 4.907 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,158	4.872.E+08	7.406.E+08	1.013.E+11	1.020.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		120,400	1,310	1.577.E+08	1.581.E+11	1.298.E+11	2.879.E+11
계		274,686		6.449.E+08			3.899.E+11

- 도심 : yv3 = 644904226/274685.7 = 2347.8 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,347.8-3278= -930.2 mm
Yv3tcl= 2,347.8-3038= -690.2 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,347.8-3028= -680.2 mm
Yv3sl= 2347.8 mm

Dtc3 = 2347.8 - 3158 = -810.2 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2347.8 - 1309.551 = 1038.2 mm
Dv3 = 810.2 + 1038.2 = 1848.4 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-810.2) / 1000000 = -3075.056 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/274685.7+(0.88)x(-3075056000)x(-930.2)/389891431943.9)-27804x0.000012x10
  = -0.440 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/274685.7+(0.88)x(-3075056000)x0/389891431943.9)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 3795428.6/274685.7+(0.88)x(-3075.056)x10^6x(-680.2)/389891431943.9= 18.538 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 3795428.6/274685.7+(0.88)x(-3075.056)x10^6x2347.8/389891431943.9= -2.478 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6650195.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 372 x 1000 / 72000 + 473.15x10^6 / (2 x 6650195.6x12) = 8.131 MPa

2) 단일합성시

· F = 6650195.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 623.23 x 1000 /72000 + 754.29x10^6 / (2 x 6650195.6x12) = 13.382 MPa

3) 이중합성시

· F = 6690233.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1019.11 x 1000 /72000 + 2235.25x10^6 / (2 x 6690233.4x12) = 28.075 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(16/250)² = -98.3 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.064) = 3000 / (281 x 1.064) = 10.034 mm

여기서, √(fca/fc) = √(122.88/108.483) 1.064 < 1.2 1.064 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3000 / (281 x 1.2) = 8.897 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/128.518) = 1.338 > 1.2 1.200 적용

∴ t_min = 10.034 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 108.483	- 122.880	82.671	287.500
	2	- 2.953	- 10.800	-	-	- 128.518	- 230.000	139.015	230.000
	3	- 1.581	- 10.800	-	-	- 164.346	- 264.500	144.836	230.000
	4	- 2.021	- 12.420	-	-	- 145.808	- 299.000	142.358	264.500
	5	- 1.141	- 12.420	-	-	- 182.884	- 299.000	147.314	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.883 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.883	0.288	21.513	168.8	0.13	0.80
	2	0.273	-	0.559	0.604	49.588	135.0	0.37	0.50
	3	0.146	-	0.621	0.630	49.588	155.3	0.32	0.50
	4	0.163	-	0.488	0.538	49.588	175.5	0.28	0.37
	5	0.092	-	0.612	0.557	49.588	175.5	0.28	0.45

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-4.7	-16.0	-	-	-187.3	-380.0	210.9	380.0
	2	-3.9	-16.0	-	-	-224.4	-380.0	215.8	380.0
	3	-5.9	-16.0	-	-	-155.4	-380.0	205.7	380.0
	4	-5.0	-16.0	-	-	-192.4	-380.0	210.6	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.590 < 1.0 ∴ O.K.							

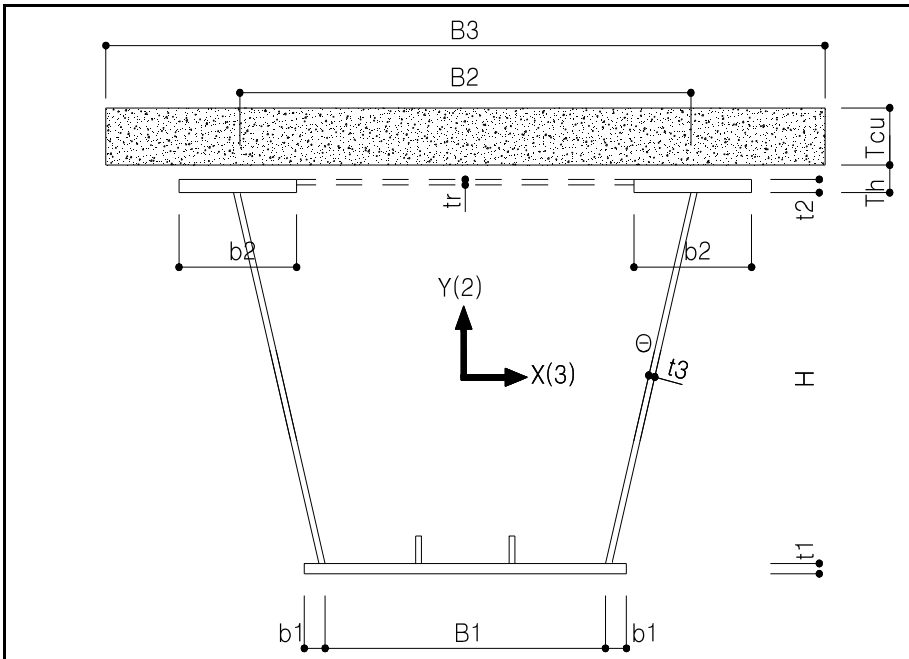
◎ 정모멘트 < 단면 2 > 단면위치: 103,1/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.78420

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.726
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

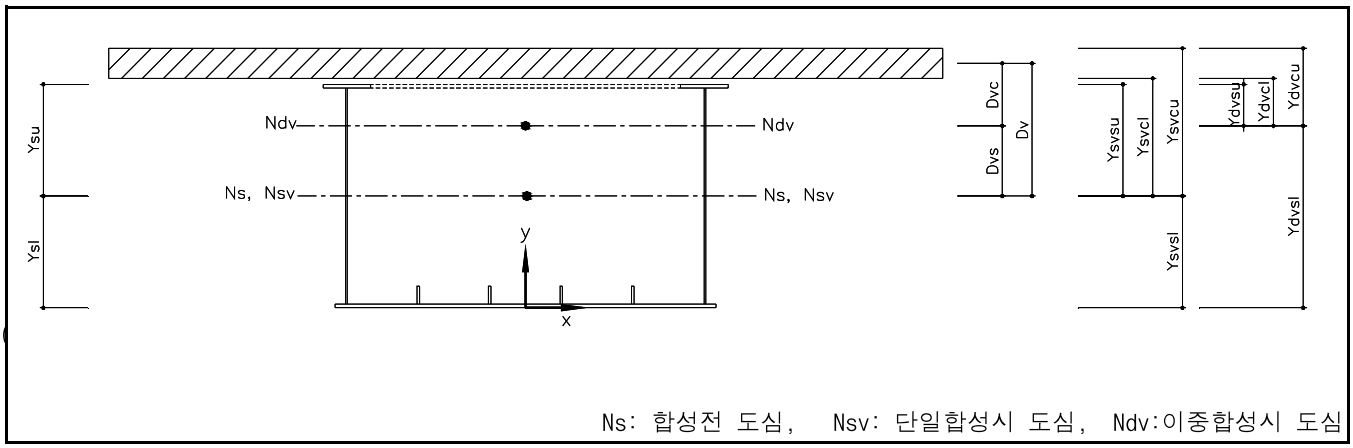
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	5880.1	9943.5	5800.5	8573.2	111.7	30309.0
전단력, S (kN)	270.7	431.1	245.7	539.0	7.3	1493.7
비틀림, T (kN-m)	-397.0	-638.2	-443.5	-1474.5	-6.0	-2959.20

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×22×2	22,000	3,029	6.664.E+07	8.873.E+05	6.926.E+10	6.926.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,518	1.093.E+08	5.400.E+10	4.993.E+09	5.899.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	93	3.348.E+05	6.750.E+06	4.858.E+09	4.865.E+09
하부플랜지	2400×18×1	43,200	9	3.888.E+05	1.166.E+06	6.703.E+10	6.703.E+10
계		140,800		1.767.E+08			2.002.E+11

- 도심 : ys = 176657600/140800 = 1254.7 mm
  Ysu = 1254.67 - 3040 = -1785.3 mm
  Ysl = 1254.7 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 5,880.1x1000000 x (-1785.33) / 200154198041.8 = -52.449 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 5,880.1x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 36.860 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =176657600/140800 = 1254.7 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1254.67-3040 = -1785.3 mm
  Ysvsl = 1254.7 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 9943.494x1000000x0/(0x200154198041.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 9943.494x1000000x(-1785.3)/200154198041.8= -88.692 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 9943.494x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 62.331 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3164.0	4.882.E+08	7.406.E+08	1.281.E+11	1.288.E+11
단일합성시		140800.0	1254.7	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295085.7		6.648.E+08			4.693.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.780
- 도심 : Ydv = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2252.964 - 328⁴ -1031.0 mm
Ydvtcl = 2252.964 - 304⁴ -791.0 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2252.964 - 304C -787.0 mm
Ydvsl = 2253.0 mm

Ddvtc = 2252.964 - 3164 = -911.0 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2252.964 - 1254.67 = 998.3 mm
Ddv = 911.036 + 998.294 = 1909.3 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=5,800.5x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8 -1.821 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 5,800.5x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 5800.48x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -9.728 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 5800.48x1000000x2252.964/469269844053.8= 27.848 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 8573.2x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053. -2.691 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 8573.2x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 8573.2x1000000 x (-787.036) / 469269844053.8 = -14.379 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 8573.2 x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 41.160 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 111.7x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8) -0.035 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 111.7x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 111.7x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -0.187 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 111.7x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 0.536 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,164	244080000	370285714	117374573571	117744859285
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		140,800	1,255	176657536	200154198042	64309863397	264464061439
계		217,943		420737536			382208920724

- 도심 : yv1 = 420737536/217942.9 = 1930.5 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1930.5 - 3284 = -1353.5 mm Dtc1 = 1930.5 - 3164 = -1,234 mm

Yv1tcl = 1930.5 - 3044 = -1113.5 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1930.5 - 1254.67 = 676 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1233.5 + 675.83 = 1,909 mm

Yv1su = 1930.5 - 3040 = -1109.5 mm Yv1sl = 1,931 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 5800.48x1000000/(7x469269844053.8)x(-911.036)x1080000 = -1,737,411 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 5800.48x1000000/(7x469269844053.8)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1737410.897x2x2/(2+2) = -1,737,411 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1737410.897x(-1233.5+4800/(-911.036))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2152.3 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1737410.897+0)/217942.9+(0.78)x2152.25x1000000x(-1353.5)/382208920724)]-0.5x2x(-1.821)

= 0.827 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,737,410.9+0)/217942.9+(0.78)x(2152.25)x10^6x(-1109.5)/3822089207 -12.845 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,737,410.9+0)/217942.9+(0.78)x(2152.25)x10^6x1930.5/382208920724. 0.507 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,164	1.627.E+08	2.469.E+08	1.006.E+11	1.008.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	3.674.E+10	2.369.E+11
계		192,229		3.394.E+08			3.377.E+11

- 도심 : yv2 = 339377536/192228.6 = 1765.5 mm

- 탄성계수비: n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2'= n'x (1 + Φ_2 / 2) = 0 x (1 + 4 / 2) = 0

Yv2tcu=1,765.5-3284= -1518.5 mm Dtc2 = 1765.489 - 3164 = -1,399 mm

Yv2tcl=1,765.5-3044= -1278.5 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1765.489 - 1254.67 = 511 mm

Yv2su =1,765.5-3040= -1274.5 mm Dv2 = 1398.511 + 510.8 = 1,909 mm

Yv2sl = 1765.5 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1398.511) + 0x0 = 3,981 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/192228.6+(0.78)x3981x10^6x(-1518.5)/337726549154.7)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.266 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.78)x3981x10^6x(-1274.5)/337726549154.7 = -26.526 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.78)x3981x10^6x1765.489/337726549154.7 = 1.424 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,164	4.882.E+08	7.406.E+08	1.280.E+11	1.288.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295,086		6.648.E+08			4.693.E+11

- 도심 : yv3 = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,253.0-3284= -1031.0 mm
Yv3tcl= 2,253.0-3044= -791.0 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,253.0-3040= -787.0 mm
Yv3sl= 2253.0 mm

Dtc3 = 2253 - 3164 = -911.0 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2253 - 1254.67 = 998.3 mm
Dv3 = 911 + 998.3 = 1909.3 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-911) / 1000000 = -3457.635 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.78)x(-3457635000)x(-1031)/469269844433.4)-27804x0.000012x10
  = -0.653 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.78)x(-3457635000)x0/469269844433.4)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 3795428.6/295085.7+(0.78)x(-3457.635)x10^6x(-787)/469269844433.4= 17.385 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 3795428.6/295085.7+(0.78)x(-3457.635)x10^6x2253/469269844433.4= -0.086 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 270.71 x 1000 / 72000 + 396.97x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 6.245 MPa

2) 단일합성시

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 431.13 x 1000 /72000 + 638.16x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 9.982 MPa

3) 이중합성시

· F = 6696889.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 784.61 x 1000 /72000 + 1918.07x10^6 / (2 x 6696889x12) = 22.831 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 22.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(22/250)² = -185.9 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3000 / (281 x 1.2) = 8.897 mm

여기서, √(fca/fc) = √(232.32/141.141) 1.283 > 1.2 1.200 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.161) = 3000 / (281 x 1.161) = 9.196 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/170.573) = 1.161 < 1.2 1.161 적용

∴ t_min = 9.196 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 141.141	- 232.320	99.191	287.500
	2	- 4.216	- 10.800	-	-	- 170.573	- 230.000	168.938	230.000
	3	- 2.454	- 10.800	-	-	- 204.806	- 264.500	170.666	230.000
	4	- 3.107	- 12.420	-	-	- 187.421	- 299.000	170.580	264.500
	5	- 1.801	- 12.420	-	-	- 222.191	- 299.000	170.752	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.774 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.608	0.345	16.227	168.8	0.10	0.38
	2	0.390	-	0.742	0.735	39.058	135.0	0.29	0.63
	3	0.227	-	0.774	0.742	39.058	155.3	0.25	0.66
	4	0.250	-	0.627	0.645	39.058	175.5	0.22	0.47
	5	0.145	-	0.743	0.646	39.058	175.5	0.22	0.60

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-7.0	-16.0	-	-	-243.9	-380.0	255.3	380.0
	2	-5.7	-16.0	-	-	-278.7	-380.0	255.5	380.0
	3	-8.5	-16.0	-	-	-214.8	-380.0	253.8	380.0
	4	-7.2	-16.0	-	-	-249.6	-380.0	253.9	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.733 < 1.0 ∴ O.K.							

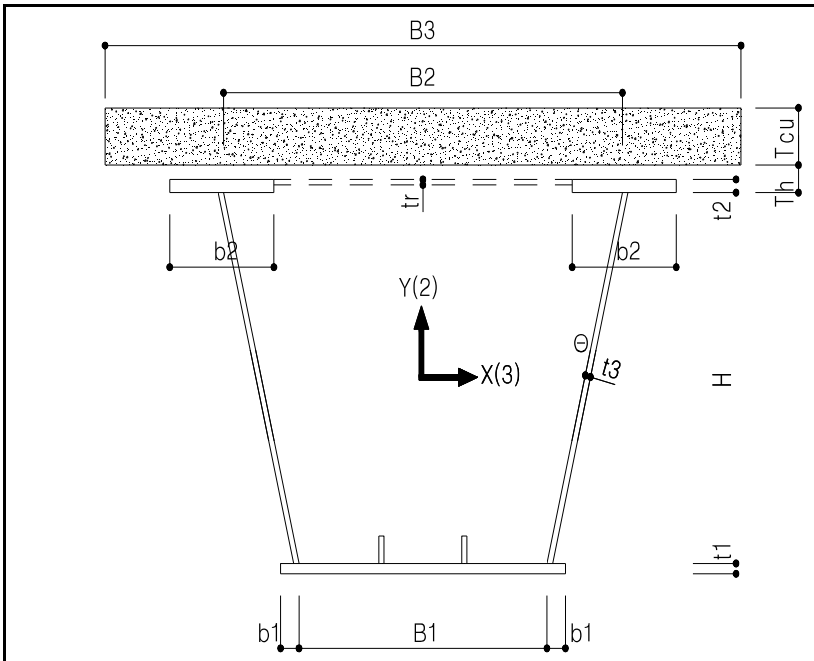
◎ 정모멘트 < 단면 3 > 단면위치: 102,1/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.71236

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.726
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

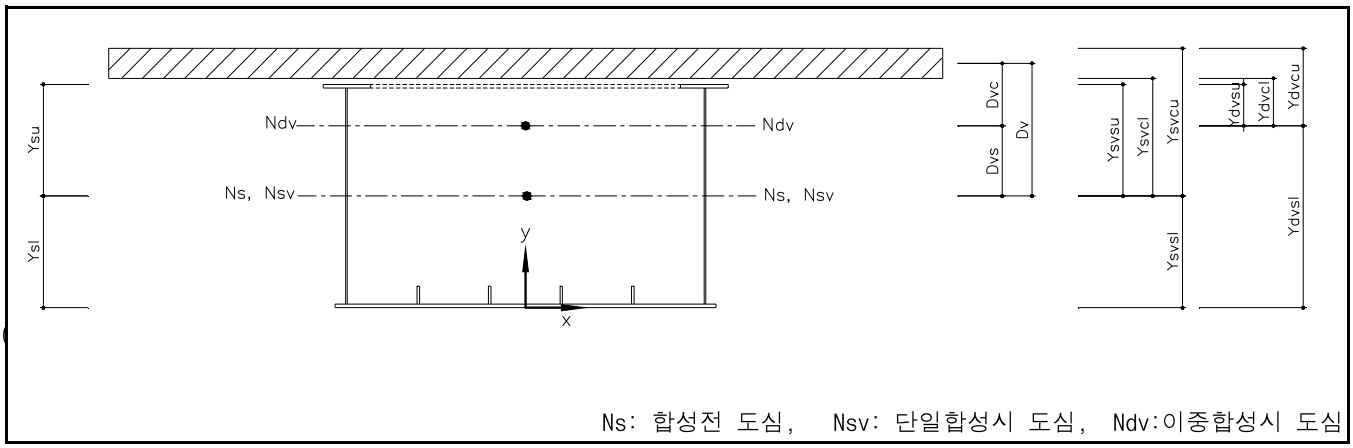
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	7032.2	11755.6	6842.4	10316.9	148.7	36095.9
전단력, S (kN)	184.6	281.2	161.1	473.8	7.3	1108.0
비틀림, T (kN-m)	-306.2	-486.6	-327.0	-1214.5	-4.9	-2339.28

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×22×2	22,000	3,029	6.664.E+07	8.873.E+05	6.926.E+10	6.926.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,518	1.093.E+08	5.400.E+10	4.993.E+09	5.899.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	93	3.348.E+05	6.750.E+06	4.858.E+09	4.865.E+09
하부플랜지	2400×18×1	43,200	9	3.888.E+05	1.166.E+06	6.703.E+10	6.703.E+10
계		140,800		1.767.E+08			2.002.E+11

- 도심 : ys = 176657600/140800 = 1254.7 mm
  Ysu = 1254.67 - 3040 = -1785.3 mm
  Ysl = 1254.7 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 7,032.2x1000000 x (-1785.33) / 200154198041.8 = -62.726 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 7,032.2x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 44.082 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =176657600/140800 = 1254.7 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1254.67-3040 = -1785.3 mm
  Ysvsl = 1254.7 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 11755.62x1000000x0/(0x200154198041.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 11755.62x1000000x(-1785.3)/200154198041.8= -104.856 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 11755.62x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 73.690 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3164.0	4.882.E+08	7.406.E+08	1.281.E+11	1.288.E+11
단일합성시		140800.0	1254.7	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295085.7		6.648.E+08			4.693.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.710
- 도심 : Ydv = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2252.964 - 328⁴ -1031.0 mm
Ydvtcl = 2252.964 - 304⁴ -791.0 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2252.964 - 304C -787.0 mm
Ydvsl = 2253.0 mm

Ddvtc = 2252.964 - 3164 = -911.0 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2252.964 - 1254.67 = 998.3 mm
Ddv = 911.036 + 998.294 = 1909.3 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=6,842.4x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8 -2.148 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 6,842.4x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 6842.424x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -11.476 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 6842.424x1000000x2252.964/469269844053.8= 32.850 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 10316.9x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053 -3.238 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 10316.9x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 10316.9x1000000 x (-787.036) / 469269844053.8 = -17.303 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 10316.9 x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 49.532 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 148.7x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8) -0.047 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 148.7x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 148.7x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -0.249 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 148.7x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 0.714 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,164	244080000	370285714	117374573571	117744859285
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		140,800	1,255	176657536	200154198042	64309863397	264464061439
계		217,943		420737536			382208920724

- 도심 : yv1 = 420737536/217942.9 = 1930.5 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1930.5 - 3284 = -1353.5 mm Dtc1 = 1930.5 - 3164 = -1,234 mm

Yv1tcl = 1930.5 - 3044 = -1113.5 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1930.5 - 1254.67 = 676 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1233.5 + 675.83 = 1,909 mm

Yv1su = 1930.5 - 3040 = -1109.5 mm Yv1sl = 1,931 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 6842.424x1000000/(7x469269844053.8)x(-911.036)x1080000 = -2,049,503 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 6842.424x1000000/(7x469269844053.8)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -2049503.148x2x2/(2+2) = -2,049,503 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -2049503.148x(-1233.5+4800/(-911.036))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2538.9 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-2049503.148+0)/217942.9+(0.71)x2538.86x1000000x(-1353.5)/382208920724)]-0.5x2x(-2.148)

= 1.020 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-2,049,503.1+0)/217942.9+(0.71)x(2538.86)x10^6x(-1109.5)/3822089207 -14.637 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-2,049,503.1+0)/217942.9+(0.71)x(2538.86)x10^6x1930.5/382208920724. -0.299 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,164	1.627.E+08	2.469.E+08	1.006.E+11	1.008.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	3.674.E+10	2.369.E+11
계		192,229		3.394.E+08			3.377.E+11

- 도심 : yv2 = 339377536/192228.6 = 1765.5 mm

- 탄성계수비: n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

  n2'= n'x (1 + Φ_2 / 2) = 0 x (1 + 4 / 2) = 0

Yv2tcu=1,765.5-3284=	-1518.5	mm	Dtc2 = 1765.489 - 3164 =	-1,399	mm
Yv2tcl=1,765.5-3044=	-1278.5	mm	Dbc2 =	-	mm
Yv2bcu =	0.0	mm			
Yv2bcl =	0.0	mm	Dvs2 = 1765.489 - 1254.67 =	511	mm
Yv2su =1,765.5-3040=	-1274.5	mm	Dv2 = 1398.511 + 510.8 =	1,909	mm
Yv2sl =	1765.5	mm			

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1398.511) + 0x0 3,981 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/192228.6+(0.71)x3981x10^6x(-1518.5)/337726549154.7)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.325 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.71)x3981x10^6x(-1274.5)/337726549154.7 = -25.475 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.71)x3981x10^6x1765.489/337726549154.7 = -0.032 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,164	4.882.E+08	7.406.E+08	1.280.E+11	1.288.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295,086		6.648.E+08			4.693.E+11

- 도심 : yv3 = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,253.0-3284= -1031.0 mm
Yv3tcl= 2,253.0-3044= -791.0 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,253.0-3040= -787.0 mm
Yv3sl= 2253.0 mm

Dtc3 = 2253 - 3164 = -911.0 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2253 - 1254.67 = 998.3 mm
Dv3 = 911 + 998.3 = 1909.3 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-911) / 1000000 = -3457.635 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.71)x(-3457635000)x(-1031)/469269844433.4)-27804x0.000012x10
  = -0.729 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.71)x(-3457635000)x0/469269844433.4)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 3795428.6/295085.7+(0.71)x(-3457.635)x10^6x(-787)/469269844433.4= 16.979 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 3795428.6/295085.7+(0.71)x(-3457.635)x10^6x2253/469269844433.4= 1.076 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 184.6 x 1000 / 72000 + 306.24x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 4.481 MPa

2) 단일합성시

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 281.2 x 1000 /72000 + 486.64x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 6.952 MPa

3) 이중합성시

· F = 6696889.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 634.94 x 1000 /72000 + 1541.52x10^6 / (2 x 6696889x12) = 18.410 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 22.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(22/250)² = -185.9 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.177) = 3000 / (281 x 1.177) = 9.071 mm

여기서, √(fca/fc) = √(232.32/167.582) 1.177 < 1.2 1.177 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.066) = 3000 / (281 x 1.066) = 10.015 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/202.465) = 1.066 < 1.2 1.066 적용

∴ t_min = 10.015 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 167.582	- 232.320	117.772	287.500
	2	- 5.025	- 10.800	-	-	- 202.465	- 230.000	200.748	230.000
	3	- 3.088	- 10.800	-	-	- 236.722	- 264.500	200.537	230.000
	4	- 3.817	- 12.420	-	-	- 219.743	- 299.000	201.613	264.500
	5	- 2.359	- 12.420	-	-	- 253.701	- 299.000	199.461	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.895 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.721	0.410	11.433	168.8	0.07	0.52
	2	0.465	-	0.880	0.873	29.843	135.0	0.22	0.82
	3	0.286	-	0.895	0.872	29.843	155.3	0.19	0.84
	4	0.307	-	0.735	0.762	29.843	175.5	0.17	0.61
	5	0.190	-	0.848	0.754	29.843	175.5	0.17	0.75

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-8.5	-16.0	-	-	-287.3	-380.0	303.2	380.0
	2	-7.1	-16.0	-	-	-321.2	-380.0	301.0	380.0
	3	-10.1	-16.0	-	-	-258.9	-380.0	303.3	380.0
	4	-8.6	-16.0	-	-	-292.8	-380.0	301.1	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.845 < 1.0 ∴ O.K.							

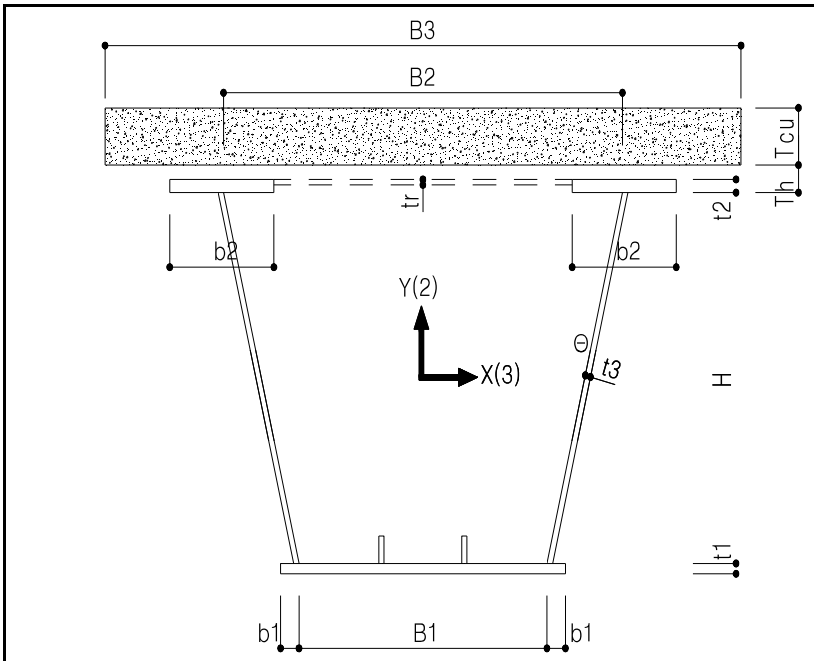
◎ 정모멘트 < 단면 4 > 단면위치: 99,J지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.55073

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	22
t2	26
t3	12
tr	0.727
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

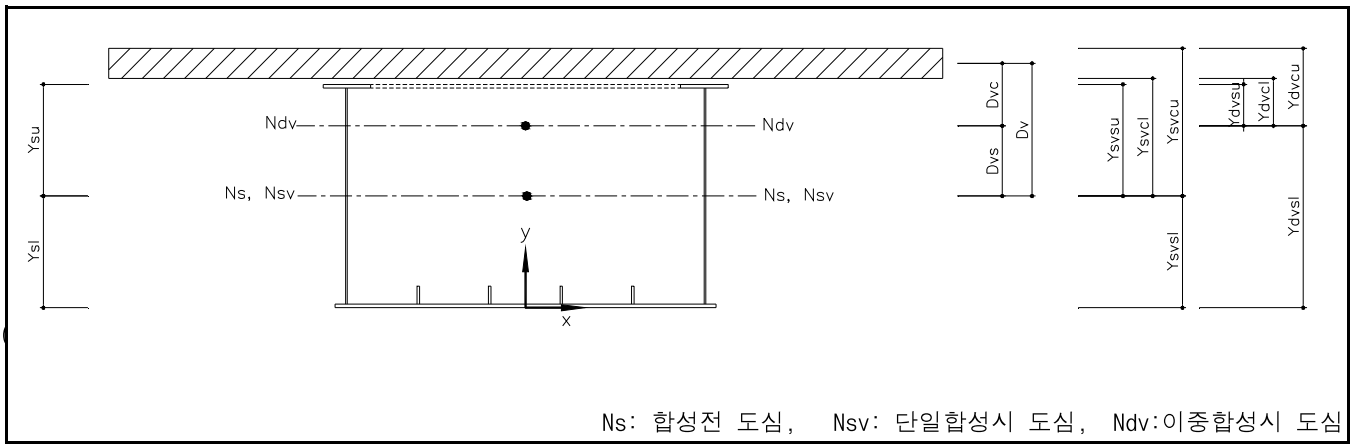
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	7938.5	13034.6	7589.0	12549.4	232.0	41343.5
전단력, S (kN)	-30.4	-59.9	-32.0	-358.1	-5.4	-485.8
비틀림, T (kN-m)	30.7	87.7	-14.8	451.5	5.5	560.59

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×26×2	26,000	3,035	7.891.E+07	1.465.E+06	8.501.E+10	8.501.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,522	1.096.E+08	5.400.E+10	6.273.E+09	6.027.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	97	3.492.E+05	6.750.E+06	4.596.E+09	4.602.E+09
하부플랜지	2400×22×1	52,800	11	5.808.E+05	2.130.E+06	7.805.E+10	7.805.E+10
계		154,400		1.894.E+08			2.279.E+11

- 도심 : ys = 189424000/154400 = 1226.8 mm
  Ysu = 1226.839 - 3048 = -1821.2 mm
  Ysl = 1226.8 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 7,938.5x1000000 x (-1821.161) / 227936481083.3 = -63.427 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 7,938.5x1000000 x 1226.839/227936481083.3 = 42.728 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =189424000/154400 = 1226.8 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1226.839-3048 = -1821.2 mm
  Ysvsl = 1226.8 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 13034.59x1000000x0/(0x227936481083.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 13034.59x1000000x(-1821.2)/227936481083.3= -104.146 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 13034.59x1000000 x 1226.839/227936481083.3 = 70.157 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3168.0	4.888.E+08	7.406.E+08	1.454.E+11	1.462.E+11
단일합성시		154400.0	1226.8	1.894.E+08	2.279.E+11	1.453.E+11	3.733.E+11
계		308685.7		6.782.E+08			5.195.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.550
- 도심 : Ydv = 678201085/308685.7 = 2197.1 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2197.06 - 3288 -1090.9 mm
Ydvtcl = 2197.06 - 3048 -850.9 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2197.06 - 3048 -850.9 mm
Ydvsl = 2197.1 mm

Ddvtc = 2197.06 - 3168 = -970.9 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2197.06 - 1226.839 = 970.2 mm
Ddv = 970.94 + 970.221 = 1941.2 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=7,589.0x1000000x(-1090.94)/(7x519467137836.3) -2.277 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 7,589.0x1000000x0/(0x519467137836.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 7589.017x1000000x(-850.94)/519467137836.3= -12.432 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 7589.017x1000000x2197.06/519467137836.3= 32.097 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 12549.4x1000000x(-1090.94)/(7x519467137836. -3.765 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 12549.4x1000000x0/(0x519467137836.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 12549.4x1000000 x (-850.94) / 519467137836.3 = -20.557 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 12549.4 x1000000 x 2197.06 / 519467137836.3 = 53.077 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 232x1000000x(-1090.94)/(7x519467137836.3)= -0.070 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 232x1000000x0/(0x519467137836.3)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 232x1000000x(-850.94)/519467137836.3= -0.380 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 232x1000000 x 2197.06 / 519467137836.3 = 0.981 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,168	244388571	370285714	129250647771	129620933485
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		154,400	1,227	189423942	227936481083	64585487749	292521968832
계		231,543		433812513			422142902318

- 도심 : yv1 = 433812513/231542.9 = 1873.6 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1873.6 - 3288 = -1414.4 mm Dtc1 = 1873.6 - 3168 = -1,294 mm

Yv1tcl = 1873.6 - 3048 = -1174.4 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1873.6 - 1226.839 = 647 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1294.4 + 646.761 = 1,941 mm

Yv1su = 1873.6 - 3048 = -1174.4 mm Yv1sl = 1,874 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 7589.017x1000000/(7x519467137836.3)x(-970.94)x1080000 = -2,188,495 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 7589.017x1000000/(7x519467137836.3)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -2188494.984x2x2/(2+2) = -2,188,495 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -2188494.984x(-1294.4+4800/(-970.94))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2843.6 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-2188494.984+0)/231542.9+(0.55)x2843.607x1000000x(-1414.4)/422142902318)]-0.5x2x(-2.277)

= 1.228 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-2,188,495.0+0)/231542.9+(0.55)x(2843.607)x10^6x(-1174.4)/422142902 -13.803 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-2,188,495.0+0)/231542.9+(0.55)x(2843.607)x10^6x1873.6/422142902317 -2.510 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,168	1.629.E+08	2.469.E+08	1.090.E+11	1.093.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		154,400	1,227	1.894.E+08	2.279.E+11	3.632.E+10	2.643.E+11
계		205,829		3.523.E+08			3.736.E+11

- 도심 : yv2 = 352349656/205828.6 = 1711.9 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,711.9-3288= -1576.1 mm Dtc2 = 1711.86 - 3168 = -1,456 mm

Yv2tcl=1,711.9-3048= -1336.1 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1711.86 - 1226.839 = 485 mm

Yv2su =1,711.9-3048= -1336.1 mm Dv2 = 1456.14 + 485 = 1,941 mm

Yv2sl = 1711.9 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1456.14) + 0x0 4,145 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/205828.6+(0.55)x4145x10^6x(-1576.1)/373551470830.2)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.519 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/205828.6+(0.55)x4145x10^6x(-1336.1)/373551470830.2 = -21.984 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/205828.6+(0.55)x4145x10^6x1711.86/373551470830.2 = -3.382 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,168	4.888.E+08	7.406.E+08	1.454.E+11	1.462.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		154,400	1,227	1.894.E+08	2.279.E+11	1.454.E+11	3.733.E+11
계		308,686		6.782.E+08			5.195.E+11

- 도심 : yv3 = 678201085/308685.7 = 2197.1 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,197.1-3288= -1090.9 mm
Yv3tcl= 2,197.1-3048= -850.9 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,197.1-3048= -850.9 mm
Yv3sl= 2197.1 mm

Dtc3 = 2197.1 - 3168 = -970.9 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2197.1 - 1226.839 = 970.3 mm
Dv3 = 970.9 + 970.3 = 1941.2 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-970.9) / 1000000 = -3684.982 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/308685.7+(0.55)x(-3684982000)x(-1090.9)/519467138325.9)-27804x0.000012x10
  = -0.972 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/308685.7+(0.55)x(-3684982000)x0/519467138325.9)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 3795428.6/308685.7+(0.55)x(-3684.982)x10^6x(-850.9)/519467138325.9= 15.615 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 3795428.6/308685.7+(0.55)x(-3684.982)x10^6x2197.1/519467138325.9= 3.723 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6661283.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 30.45 x 1000 / 72000 + 30.67x10^6 / (2 x 6661283.4x12) = 0.615 MPa

2) 단일합성시

· F = 6661283.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 59.92 x 1000 /72000 + 87.65x10^6 / (2 x 6661283.4x12) = 1.380 MPa

3) 이중합성시

· F = 6701321.3 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 390.09 x 1000 /72000 + 436.79x10^6 / (2 x 6701321.3x12) = 8.134 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 26.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/10.1 ≤ t 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -230.0 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3000 / (281 x 1.2) = 8.897 mm

여기서, √(fca/fc) = √(287.5/167.573) = 1.310 > 1.2 1.200 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.055) = 3000 / (281 x 1.055) = 10.120 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/206.463) = 1.055 < 1.2 1.055 적용

∴ t_min = 10.120 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 167.573	- 287.500	112.885	287.500
	2	- 5.621	- 10.800	-	-	- 206.463	- 230.000	198.036	230.000
	3	- 3.365	- 10.800	-	-	- 236.729	- 264.500	193.148	230.000
	4	- 4.337	- 12.420	-	-	- 221.114	- 299.000	196.871	264.500
	5	- 2.393	- 12.420	-	-	- 252.344	- 299.000	189.425	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.898 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.583	0.393	1.995	168.8	0.01	0.34
	2	0.520	-	0.898	0.861	10.129	135.0	0.08	0.81
	3	0.312	-	0.895	0.840	10.129	155.3	0.07	0.81
	4	0.349	-	0.740	0.744	10.129	175.5	0.06	0.56
	5	0.193	-	0.844	0.716	10.129	175.5	0.06	0.72

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-9.8	-16.0	-	-	-292.9	-380.0	301.4	380.0
	2	-7.8	-16.0	-	-	-324.1	-380.0	294.0	380.0
	3	-11.5	-16.0	-	-	-268.1	-380.0	305.3	380.0
	4	-9.6	-16.0	-	-	-299.3	-380.0	297.9	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.853 < 1.0 ∴ O.K.							

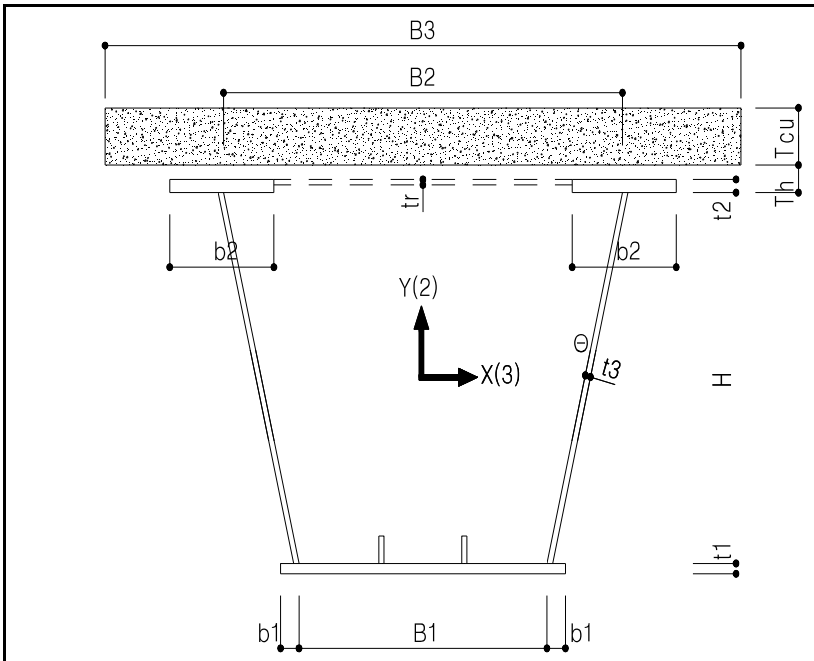
◎ 정모멘트 < 단면 5 > 단면위치: 98,1/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.42501

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	18
t2	22
t3	12
tr	0.726
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

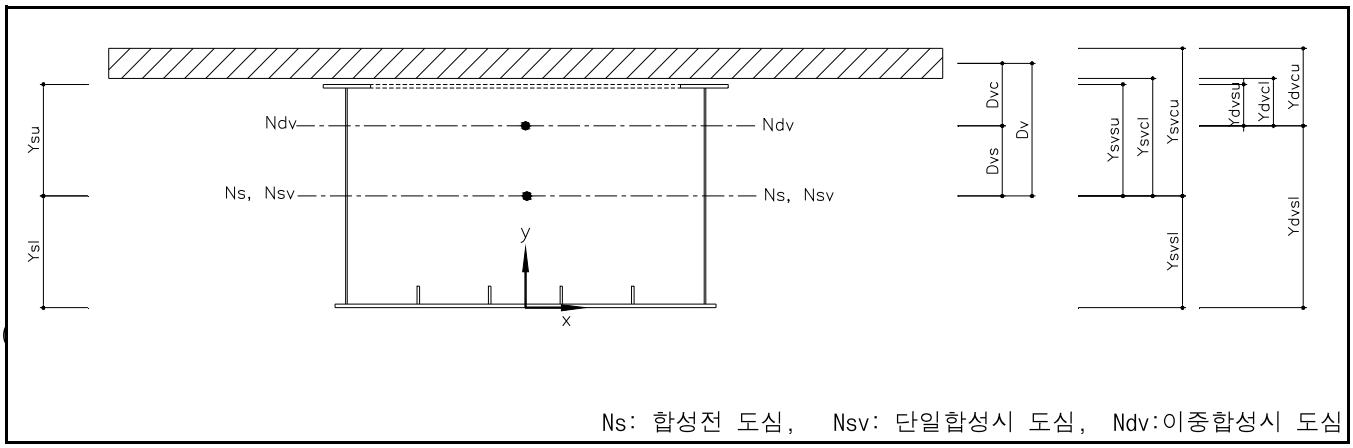
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	6998.4	11360.0	6633.9	12720.3	296.7	38009.2
전단력, S (kN)	-180.7	-317.1	-182.4	-481.9	-5.4	-1167.6
비틀림, T (kN-m)	141.2	250.4	169.4	532.3	9.7	1102.94

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×22×2	22,000	3,029	6.664.E+07	8.873.E+05	6.926.E+10	6.926.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,518	1.093.E+08	5.400.E+10	4.993.E+09	5.899.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	93	3.348.E+05	6.750.E+06	4.858.E+09	4.865.E+09
하부플랜지	2400×18×1	43,200	9	3.888.E+05	1.166.E+06	6.703.E+10	6.703.E+10
계		140,800		1.767.E+08			2.002.E+11

- 도심 : ys = 176657600/140800 = 1254.7 mm
  Ysu = 1254.67 - 3040 = -1785.3 mm
  Ysl = 1254.7 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 6,998.4x1000000 x (-1785.33) / 200154198041.8 = -62.424 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 6,998.4x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 43.869 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =176657600/140800 = 1254.7 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1254.67-3040 = -1785.3 mm
  Ysvsl = 1254.7 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 11359.97x1000000x0/(0x200154198041.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 11359.97x1000000x(-1785.3)/200154198041.8= -101.327 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 11359.97x1000000 x 1254.67/200154198041.8 = 71.210 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3164.0	4.882.E+08	7.406.E+08	1.281.E+11	1.288.E+11
단일합성시		140800.0	1254.7	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295085.7		6.648.E+08			4.693.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.430
- 도심 : Ydv = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2252.964 - 328⁴ -1031.0 mm
Ydvtcl = 2252.964 - 304⁴ -791.0 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2252.964 - 304C -787.0 mm
Ydvsl = 2253.0 mm

Ddvtc = 2252.964 - 3164 = -911.0 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2252.964 - 1254.67 = 998.3 mm
Ddv = 911.036 + 998.294 = 1909.3 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=6,633.9x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8 -2.082 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 6,633.9x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 6633.859x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -11.126 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 6633.859x1000000x2252.964/469269844053.8= 31.849 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 12720.3x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053 -3.993 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 12720.3x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 12720.3x1000000 x (-787.036) / 469269844053.8 = -21.334 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 12720.3 x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 61.070 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 296.7x1000000x(-1031.036)/(7x469269844053.8) -0.093 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 296.7x1000000x0/(0x469269844053.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 296.7x1000000x(-787.036)/469269844053.8= -0.498 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 296.7x1000000 x 2252.964 / 469269844053.8 = 1.424 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,164	244080000	370285714	117374573571	117744859285
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		140,800	1,255	176657536	200154198042	64309863397	264464061439
계		217,943		420737536			382208920724

- 도심 : yv1 = 420737536/217942.9 = 1930.5 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1930.5 - 3284 = -1353.5 mm Dtc1 = 1930.5 - 3164 = -1,234 mm

Yv1tcl = 1930.5 - 3044 = -1113.5 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1930.5 - 1254.67 = 676 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1233.5 + 675.83 = 1,909 mm

Yv1su = 1930.5 - 3040 = -1109.5 mm Yv1sl = 1,931 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 6633.859x1000000/(7x469269844053.8)x(-911.036)x1080000 = -1,987,032 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 6633.859x1000000/(7x469269844053.8)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1987031.921x2x2/(2+2) = -1,987,032 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1987031.921x(-1233.5+4800/(-911.036))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 2461.5 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1987031.921+0)/217942.9+(0.43)x2461.473x1000000x(-1353.5)/382208920724)]-0.5x2x(-2.082)

= 1.163 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,987,031.9+0)/217942.9+(0.43)x(2461.473)x10^6x(-1109.5)/382208920 -12.190 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,987,031.9+0)/217942.9+(0.43)x(2461.473)x10^6x1930.5/382208920724 -3.771 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,164	1.627.E+08	2.469.E+08	1.006.E+11	1.008.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	3.674.E+10	2.369.E+11
계		192,229		3.394.E+08			3.377.E+11

- 도심 : yv2 = 339377536/192228.6 = 1765.5 mm

- 탄성계수비: n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

  n2'= n'x (1 + Φ_2 / 2) = 0 x (1 + 4 / 2) = 0

Yv2tcu=1,765.5-3284=	-1518.5	mm	Dtc2 = 1765.489 - 3164 =	-1,399	mm
Yv2tcl=1,765.5-3044=	-1278.5	mm	Dbc2 =	-	mm
Yv2bcu =	0.0	mm			
Yv2bcl =	0.0	mm	Dvs2 = 1765.489 - 1254.67 =	511	mm
Yv2su =1,765.5-3040=	-1274.5	mm	Dv2 = 1398.511 + 510.8 =	1,909	mm
Yv2sl =	1765.5	mm			

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1398.511) + 0x0 3,981 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/192228.6+(0.43)x3981x10^6x(-1518.5)/337726549154.7)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.564 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.43)x3981x10^6x(-1274.5)/337726549154.7 = -21.268 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/192228.6+(0.43)x3981x10^6x1765.489/337726549154.7 = -5.860 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,164	4.882.E+08	7.406.E+08	1.280.E+11	1.288.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		140,800	1,255	1.767.E+08	2.002.E+11	1.403.E+11	3.405.E+11
계		295,086		6.648.E+08			4.693.E+11

- 도심 : yv3 = 664817536/295085.7 = 2253.0 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,253.0-3284= -1031.0 mm
Yv3tcl= 2,253.0-3044= -791.0 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,253.0-3040= -787.0 mm
Yv3sl= 2253.0 mm

Dtc3 = 2253 - 3164 = -911.0 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2253 - 1254.67 = 998.3 mm
Dv3 = 911 + 998.3 = 1909.3 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-911) / 1000000 = -3457.635 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.43)x(-3457635000)x(-1031)/469269844433.4)-27804x0.000012x10
  = -1.032 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/295085.7+(0.43)x(-3457635000)x0/469269844433.4)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 3795428.6/295085.7+(0.43)x(-3457.635)x10^6x(-787)/469269844433.4= 15.356 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 3795428.6/295085.7+(0.43)x(-3457.635)x10^6x2253/469269844433.4= 5.724 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 180.7 x 1000 / 72000 + 141.19x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 3.393 MPa

2) 단일합성시

· F = 6656851.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 317.13 x 1000 /72000 + 250.38x10^6 / (2 x 6656851.2x12) = 5.972 MPa

3) 이중합성시

· F = 6696889.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 664.36 x 1000 /72000 + 701.64x10^6 / (2 x 6696889x12) = 13.593 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 22.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(22/250)² = -185.9 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.191) = 3000 / (281 x 1.191) = 8.964 mm

여기서, √(fca/fc) = √(232.32/163.751) 1.191 < 1.2 1.191 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.068) = 3000 / (281 x 1.068) = 9.996 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/201.585) = 1.068 < 1.2 1.068 적용

∴ t_min = 9.996 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 163.751	- 232.320	115.079	287.500
	2	- 5.703	- 10.800	-	-	- 201.585	- 230.000	207.914	230.000
	3	- 3.441	- 10.800	-	-	- 230.167	- 264.500	199.791	230.000
	4	- 4.473	- 12.420	-	-	- 214.811	- 299.000	205.515	264.500
	5	- 2.409	- 12.420	-	-	- 245.523	- 299.000	194.067	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.904 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.705	0.400	9.365	168.8	0.06	0.50
	2	0.528	-	0.876	0.904	22.958	135.0	0.17	0.85
	3	0.319	-	0.870	0.869	22.958	155.3	0.15	0.78
	4	0.360	-	0.718	0.777	22.958	175.5	0.13	0.62
	5	0.194	-	0.821	0.734	22.958	175.5	0.13	0.69

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-10.1	-16.0	-	-	-286.4	-380.0	319.9	380.0
	2	-8.0	-16.0	-	-	-317.1	-380.0	308.5	380.0
	3	-11.9	-16.0	-	-	-262.7	-380.0	326.5	380.0
	4	-9.8	-16.0	-	-	-293.4	-380.0	315.1	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.859 < 1.0 ∴ O.K.							

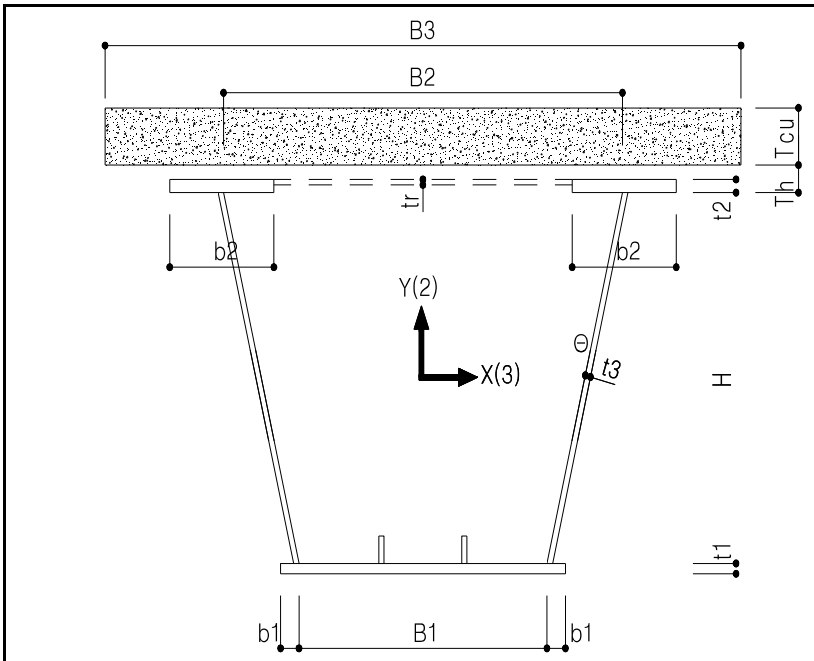
◎ 정모멘트 < 단면 6 > 단면위치: 96,3/4지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.31725

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3000
t1	12
t2	18
t3	12
tr	0.724
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

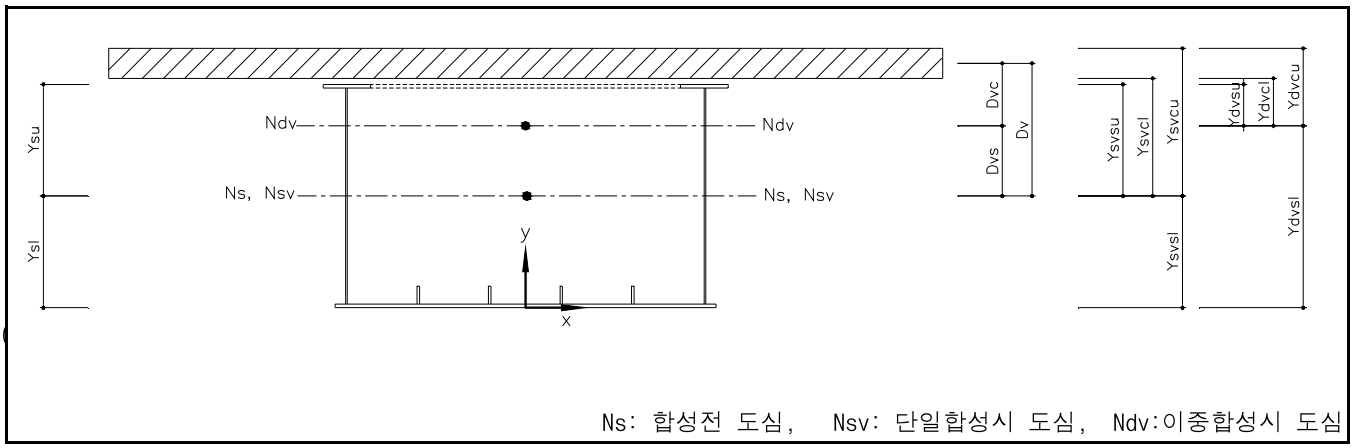
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	5114.8	8064.7	4738.6	11749.7	351.0	30018.7
전단력, S (kN)	-312.3	-546.3	-314.5	-549.7	-5.2	-1728.0
비틀림, T (kN-m)	320.3	547.0	314.1	912.5	19.4	2113.37

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×18×2	18,000	3,021	5.438.E+07	4.860.E+05	5.101.E+10	5.101.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,000.0×12×2	72,000	1,512	1.089.E+08	5.400.E+10	2.189.E+09	5.619.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	87	3.132.E+05	6.750.E+06	5.631.E+09	5.638.E+09
하부플랜지	2400×12×1	28,800	6	1.728.E+05	3.456.E+05	5.107.E+10	5.107.E+10
계		122,400		1.637.E+08			1.639.E+11

- 도심 : ys = 163728000/122400 = 1337.6 mm
  Ysu = 1337.647 - 3030 = -1692.4 mm
  Ysl = 1337.6 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 5,114.8x1000000 x (-1692.353) / 163903895152.8 = -52.812 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 5,114.8x1000000 x 1337.647/163903895152.8 = 41.743 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =163728000/122400 = 1337.6 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1337.647-3030 = -1692.4 mm
  Ysvsl = 1337.6 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 8064.676x1000000x0/(0x163903895152.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 8064.676x1000000x(-1692.4)/163903895152.8= -83.272 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 8064.676x1000000 x 1337.647/163903895152.8 = 65.817 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3158.0	4.872.E+08	7.406.E+08	1.001.E+11	1.008.E+11
단일합성시		122400.0	1337.6	1.637.E+08	1.639.E+11	1.261.E+11	2.900.E+11
계		276685.7		6.510.E+08			3.908.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.320
- 도심 : Ydv = 650962279/276685.7 = 2352.7 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비:n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2352.714 - 3278 -925.3 mm
Ydvtcl = 2352.714 - 3038 -685.3 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2352.714 - 3030 -677.3 mm
Ydvsl = 2352.7 mm

Ddvtc = 2352.714 - 3158 = -805.3 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2352.714 - 1337.647 = 1015.1 mm
Ddv = 805.286 + 1015.067 = 1820.4 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=4,738.6x1000000x(-925.286)/(7x390812709774.8) -1.603 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 4,738.6x1000000x0/(0x390812709774.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 4738.557x1000000x(-677.286)/390812709774.8= -8.212 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 4738.557x1000000x2352.714/390812709774.8= 28.526 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 11749.7x1000000x(-925.286)/(7x390812709774. -3.974 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 11749.7x1000000x0/(0x390812709774.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 11749.7x1000000 x (-677.286) / 390812709774.8 = -20.362 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 11749.7 x1000000 x 2352.714 / 390812709774.8 = 70.734 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 351x1000000x(-925.286)/(7x390812709774.8)= -0.119 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 351x1000000x0/(0x390812709774.8)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 351x1000000x(-677.286)/390812709774.8= -0.608 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 351x1000000 x 2352.714 / 390812709774.8 = 2.113 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	3,158	243617143	370285714	96181371771	96551657485
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		122,400	1,338	163727993	163903895153	60620838085	224524733238
계		199,543		407345136			321076390723

- 도심 : yv1 = 407345136/199542.9 = 2041.4 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 2041.4 - 3278 = -1236.6 mm Dtc1 = 2041.4 - 3158 = -1,117 mm

Yv1tcl = 2041.4 - 3038 = -996.6 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 2041.4 - 1337.647 = 704 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 1116.6 + 703.753 = 1,820 mm

Yv1su = 2041.4 - 3030 = -988.6 mm Yv1sl = 2,041 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 4738.557x1000000/(7x390812709774.8)x(-805.286)x1080000 = -1,506,445 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 4738.557x1000000/(7x390812709774.8)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1506445.049x2x2/(2+2) = -1,506,445 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1506445.049x(-1116.6+4800/(-805.286))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 1691.1 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1506445.049+0)/199542.9+(0.32)x1691.076x1000000x(-1236.6)/321076390723)]-0.5x2x(-1.603)

= 0.915 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,506,445.0+0)/199542.9+(0.32)x(1691.076)x10^6x(-988.6)/3210763907 -9.216 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,506,445.0+0)/199542.9+(0.32)x(1691.076)x10^6x2041.4/321076390723 -4.109 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	3,158	1.624.E+08	2.469.E+08	8.450.E+10	8.474.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		122,400	1,338	1.637.E+08	1.639.E+11	3.550.E+10	1.994.E+11
계		173,829		3.261.E+08			2.841.E+11

- 도심 : yv2 = 326139422/173828.6 = 1876.2 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,876.2-3278= -1401.8 mm Dtc2 = 1876.213 - 3158 = -1,282 mm

Yv2tcl=1,876.2-3038= -1161.8 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1876.213 - 1337.647 = 539 mm

Yv2su =1,876.2-3030= -1153.8 mm Dv2 = 1281.787 + 538.6 = 1,820 mm

Yv2sl = 1876.2 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1281.787) + 0x0 = 3,649 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/173828.6+(0.32)x3648.7x10^6x(-1401.8)/284149287638.7)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.582 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/173828.6+(0.32)x3648.7x10^6x(-1153.8)/284149287638.7 -21.117 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/173828.6+(0.32)x3648.7x10^6x1876.213/284149287638.7 = -8.666 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	3,158	4.872.E+08	7.406.E+08	1.001.E+11	1.008.E+11
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		122,400	1,338	1.637.E+08	1.639.E+11	1.261.E+11	2.900.E+11
계		276,686		6.510.E+08			3.908.E+11

- 도심 : yv3 = 650962279/276685.7 = 2352.7 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,352.7-3278= -925.3 mm
Yv3tcl= 2,352.7-3038= -685.3 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,352.7-3030= -677.3 mm
Yv3sl= 2352.7 mm

Dtc3 = 2352.7 - 3158 = -805.3 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2352.7 - 1337.647 = 1015.1 mm
Dv3 = 805.3 + 1015.1 = 1820.4 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-805.3) / 1000000 = -3056.459 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/276685.7+(0.32)x(-3056459000)x(-925.3)/390812709827.4)-27804x0.000012x10
  = -1.046 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/276685.7+(0.32)x(-3056459000)x0/390812709827.4)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 3795428.6/276685.7+(0.32)x(-3056.459)x10^6x(-677.3)/390812709827.4= 15.413 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 3795428.6/276685.7+(0.32)x(-3056.459)x10^6x2352.7/390812709827.4= 7.829 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6650203.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 312.26 x 1000 / 72000 + 320.28x10^6 / (2 x 6650203.4x12) = 6.344 MPa

2) 단일합성시

· F = 6650203.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 546.34 x 1000 /72000 + 546.96x10^6 / (2 x 6650203.4x12) = 11.015 MPa

3) 이중합성시

· F = 6690241.3 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 864.2 x 1000 /72000 + 1226.68x10^6 / (2 x 6690241.3x12) = 19.643 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 18.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(18/250)² = -124.4 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.069) = 3000 / (281 x 1.069) = 9.987 mm

여기서, √(fca/fc) = √(155.52/136.084) 1.069 < 1.2 1.069 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.167) = 3000 / (281 x 1.167) = 9.148 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/168.952) = 1.167 < 1.2 1.167 적용

∴ t_min = 9.987 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 136.084	- 155.520	107.560	287.500
	2	- 5.330	- 10.800	-	-	- 168.952	- 230.000	207.289	230.000
	3	- 3.199	- 10.800	-	-	- 195.599	- 264.500	196.158	230.000
	4	- 4.245	- 12.420	-	-	- 180.186	- 299.000	203.987	264.500
	5	- 2.153	- 12.420	-	-	- 211.012	- 299.000	188.329	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.901 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.875	0.374	17.359	168.8	0.10	0.78
	2	0.494	-	0.735	0.901	37.002	135.0	0.27	0.89
	3	0.296	-	0.740	0.853	37.002	155.3	0.24	0.78
	4	0.342	-	0.603	0.771	37.002	175.5	0.21	0.64
	5	0.173	-	0.706	0.712	37.002	175.5	0.21	0.55

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-9.5	-16.0	-	-	-242.6	-380.0	325.7	380.0
	2	-7.5	-16.0	-	-	-273.4	-380.0	310.0	380.0
	3	-11.3	-16.0	-	-	-219.6	-380.0	335.2	380.0
	4	-9.2	-16.0	-	-	-250.5	-380.0	319.5	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.882 < 1.0 ∴ O.K.							

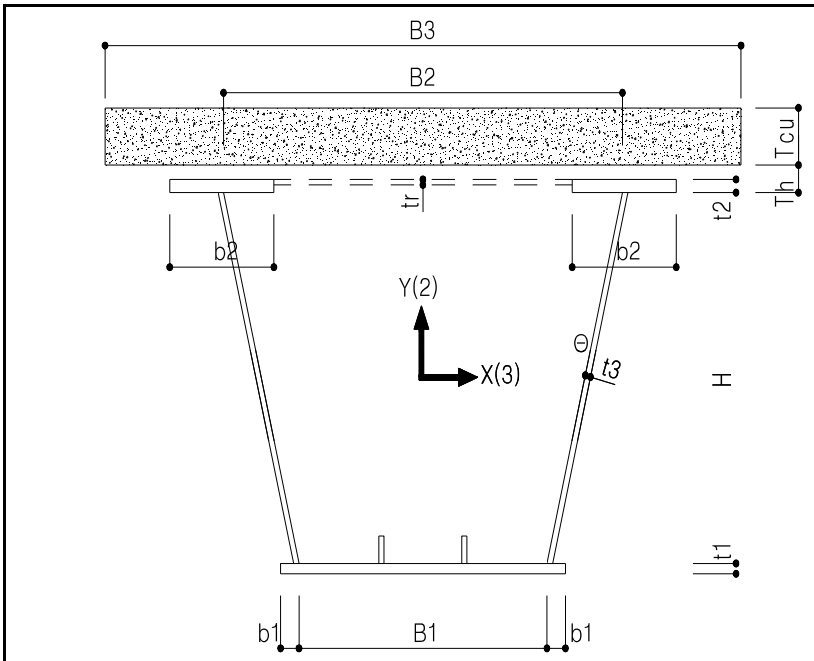
◎ **정모멘트** **< 단면 17 >** 단면위치: 80,2/4지점 **(외측거더)**

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec'	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16616

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ tr : 비틀림강성 산정을 위한 브레이싱의 유효두께 (4.2 단면정수 산정 참조)

※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2500
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.723
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

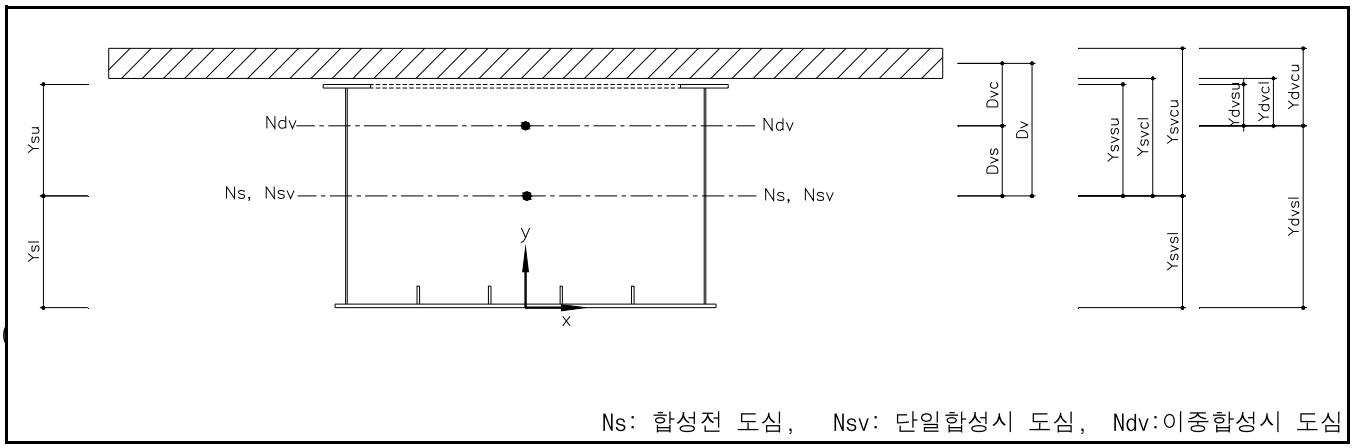
보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	2	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	2336.9	5595.4	3073.9	8300.7	78.8	19385.7
전단력, S (kN)	3.0	4.4	2.5	399.8	11.0	420.8
비틀림, T (kN-m)	-2.5	-5.1	-7.4	-466.3	-2.6	-483.90

※ DL1 = 강+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중, LL = 차량활하중 + 풍하중

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×16×2	16,000	2,520	4.032.E+07	3.413.E+05	3.341.E+10	3.341.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,500.0×12×2	60,000	1,262	7.572.E+07	3.125.E+10	2.099.E+09	3.335.E+10
하부리브	150×12×2	3,600	87	3.132.E+05	6.750.E+06	3.514.E+09	3.521.E+09
하부플랜지	2400×12×1	28,800	6	1.728.E+05	3.456.E+05	3.291.E+10	3.291.E+10
계		108,400		1.165.E+08			1.032.E+11

- 도심 : ys = 116526000/108400 = 1075.0 mm
  Ysu = 1074.963 - 2528 = -1453.0 mm
  Ysl = 1075.0 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = 2,336.9x1000000 x (-1453.037) / 103189611986.1 = -32.907 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = 2,336.9x1000000 x 1074.963/103189611986.1 = 24.344 MPa

2) 단일합성 : (DL2) ; 정모멘트부 단면특성 및 강성변화 없음

- 도심 : ysv =116526000/108400 = 1075.0 mm
- 탄성계수비:n' = 0 (∵ 단일합성)

  Ysvbcl = 0.0 mm
  Ysvsu = 1074.963-2528 = -1453.0 mm
  Ysvsl = 1075.0 mm
- 하부콘크리트 응력 : (하부콘크리트 없음)
  · fsvbcl = Md2 x Ysvcl/(n' x Isv)= 5595.362x1000000x0/(0x103189611986.1)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu/Isv = 5595.362x1000000x(-1453)/103189611986.1= -78.788 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = 5595.362x1000000 x 1074.963/103189611986.1 = 58.289 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Adv (mm^2)	y (mm)	Adv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Idv (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	2658.0	4.101.E+08	7.406.E+08	6.584.E+10	6.658.E+10
단일합성시		108400.0	1075.0	1.165.E+08	1.032.E+11	9.371.E+10	1.969.E+11
계		262685.7		5.266.E+08			2.635.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.170
- 도심 : Ydv = 526617418/262685.7 = 2004.7 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000.0 mm^2
  Abc = 0x0 = 0.0 mm^2
- 탄성계수비: n = 7
  n' = 0

Ydvtcu = 2004.743 - 2778 -773.3 mm
Ydvtcl = 2004.743 - 2538 -533.3 mm
Ydvbcu = 0.0 mm
Ydvbcl = 0.0 mm
Ydvsu = 2004.743 - 2528 -523.3 mm
Ydvsl = 2004.7 mm

Ddvtc = 2004.743 - 2658 = -653.3 mm
Ddvbc = 0 0.0 mm
Ddvs = 2004.743 - 1074.963 = 929.8 mm
Ddv = 653.257 + 929.78 = 1583.0 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)=3,073.9x1000000x(-773.257)/(7x263481603481.1) -1.289 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 3,073.9x1000000x0/(0x263481603481.1)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 3073.93x1000000x(-523.257)/263481603481.1= -6.105 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 3073.93x1000000x2004.743/263481603481.1= 23.389 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv) = 8300.7x1000000x(-773.257)/(7x263481603481.1 -3.480 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 8300.7x1000000x0/(0x263481603481.1)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = 8300.7x1000000 x (-523.257) / 263481603481.1 = -16.485 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 8300.7 x1000000 x 2004.743 / 263481603481.1 = 63.157 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상하바닥판 응력 :
  · fdvtcu = Md3 x Ydvtcu/(n x Iv)= 78.8x1000000x(-773.257)/(7x263481603481.1)= -0.033 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n'x Iv) = 78.8x1000000x0/(0x263481603481.1)= 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv = 78.8x1000000x(-523.257)/263481603481.1= -0.156 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = 78.8x1000000 x 2004.743 / 263481603481.1 = 0.599 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5184000000		
환산 상부바닥판		77,143	2,658	205045714	370285714	65991086486	66361372200
하부콘크리트	0x0	-			0		
환산 하부콘크리트		-	-	0	0	0	0
합성전		108,400	1,075	116525989	103189611986	46952843287	150142455273
계		185,543		321571703			216503827473

- 도심 : yv1 = 321571703/185542.9 = 1733.1 mm

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1'= n'x (1 + Φ_1 / 2) = 0 x (1 + 2 / 2) = 0

Yv1tcu = 1733.1 - 2778 = -1044.9 mm Dtc1 = 1733.1 - 2658 = -925 mm

Yv1tcl = 1733.1 - 2538 = -804.9 mm Dbc1 = 0 - mm

Yv1bcu = 0.0 mm Dvs1 = 1733.1 - 1074.963 = 658 mm

Yv1bcl = 0.0 mm Dv1 = 924.9 + 658.137 = 1,583 mm

Yv1su = 1733.1 - 2528 = -794.9 mm Yv1sl = 1,733 mm

Ec1 = Ec / (1 + Φ_1 / 2) = 27804/(1+2/2) = 13,902 MPa

Ec1 = Ec' / (1 + Φ_1 / 2) = 0/(1+4/2) = - MPa

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= 3073.93x1000000/(7x263481603481.1)x(-653.257)x1080000 = -1,175,854 N

· Nbc = Md3 / (n x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= 3073.93x1000000/(7x263481603481.1)x0x0 = - N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -1175854.169x2x2/(2+2) = -1,175,854 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 0x2x2/(2+2) = - N

· γtc^2 = Ix / Atc = 5184000000/1080000 = 4,800 mm^2

· γbc^2 = Ix / Abc = 0/0 = - mm^2

· Mv1 = Ptv1 x (Dtc1 + γtc^2 / Ddvtc) + Pbv1 x (Dbc1 + γbc^2 / Ddvbc)

= -1175854.169x(-924.9+4800/(-653.257))/1000000+0x(0+0/0)/1000000= 1096.2 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv1tcu = 1/n1 x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1tcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xftc

= [1/14x((-1175854.169+0)/185542.9+(-0.17)x1096.187x1000000x(-1044.9)/216503827473)]-0.5x2x(-1.289)

= 0.901 MPa

· fv1bcl = 1/n1'x ((Ptv1+Pbv1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1bcu / Iv1) - Ec1/Ecx Φ_1 xfbc

= 0

= 0.00 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1su / Iv1

= (-1,175,854.2+0)/185542.9+(-0.17)x(1096.187)x10^6x(-794.9)/216503827 -5.653 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Av1 + k x Mv1 x Yv1sl / Iv1

= (-1,175,854.2+0)/185542.9+(-0.17)x(1096.187)x10^6x1733.1/21650382747 -7.829 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		51,429	2,658	1.367.E+08	2.469.E+08	5.928.E+10	5.953.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		108,400	1,075	1.165.E+08	1.032.E+11	2.813.E+10	1.313.E+11
계		159,829		2.532.E+08			1.908.E+11

- 도심 : yv2 = 253223132/159828.6 = 1584.3 mm

- 탄성계수비: $n2 = n \times (1 + \Phi_2 / 2) = 7 \times (1 + 4 / 2) =$ 21

$n2' = n' \times (1 + \Phi_2 / 2) = 0 \times (1 + 4 / 2) =$ 0

Yv2tcu=1,584.3-2778= -1193.7 mm Dtc2 = 1584.342 - 2658 = -1,074 mm

Yv2tcl=1,584.3-2538= -953.7 mm Dbc2 = - mm

Yv2bcu = 0.0 mm

Yv2bcl = 0.0 mm Dvs2 = 1584.342 - 1074.963 = 509 mm

Yv2su =1,584.3-2528= -943.7 mm Dv2 = 1073.658 + 509.4 = 1,583 mm

Yv2sl = 1584.3 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9,762 MPa

Ec2'= Es / n2'= 205000/0 = - MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.905x0.00027x1080000 = -2,846,572 N

· Pbv2 = Ec2 x εs x Abc = -9761.905x0.00027x0 = - N

· Mv2 = Ptv2 x Dtc2 + Pbv2 x Dbc2

= -2846571.5 x (-1073.658) + 0x0 = 3,056 kN-m

- 상하바닥판 응력 :

· fv2tcu = 1/n2 x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2tcu / Iv2) - Ec2 x εs

= [1/21x((-2846571.5+0)/159828.6+(-0.17)x3056.2x10^6x(-1193.7)/190846536825)]-9761.905x(-0.00027)

= 1.942 MPa

· fv2bcl = 1/n2'x ((Ptv2+Pbv2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2bcu / Iv2) - Ec2'x εs

= 0

= 0.0 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2su / Iv2

= (-2846571.5+0)/159828.6+(-0.17)x3056.2x10^6x(-943.7)/190846536825 = -15.241 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Av2 + k x Mv2 x Yv2sl / Iv2

= (-2846571.5+0)/159828.6+(-0.17)x3056.2x10^6x1584.342/190846536825 = -22.123 MPa

6) 온도변화 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154,286	2,658	4.101.E+08	7.406.E+08	6.585.E+10	6.659.E+10
하부콘크리트	0x0	-			-		
환산 하부콘크리트		-	-	-	-	-	-
합성전		108,400	1,075	1.165.E+08	1.032.E+11	9.370.E+10	1.969.E+11
계		262,686		5.266.E+08			2.635.E+11

- 도심 : yv3 = 526617418/262685.7 = 2004.7 mm
- 탄성계수비:n = 7

Yv3tcu= 2,004.7-2778= -773.3 mm
Yv3tcl= 2,004.7-2538= -533.3 mm
Yv3bcu= 0.0 mm
Yv3bcl= 0.0 mm
Yv3su= 2,004.7-2528= -523.3 mm
Yv3sl= 2004.7 mm

Dtc3 = 2004.7 - 2658 = -653.3 mm
Dbc3 = 0.0 mm
Dvs3 = 2004.7 - 1074.963 = 929.7 mm
Dv3 = 653.3 + 929.7 = 1583.0 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv3 = Est x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N
  · Mv3 = Ptv3 x Dtc3 = 3795428.6 x (-653.3) / 1000000 = -2479.554 kN-m

- 상하바닥판 응력 :
  · fv3tcu = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3tcu / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/262685.7+(-0.17)x(-2479554000)x(-773.3)/263481603971.7)-27804x0.000012x10
  = -1.449 MPa
  · fv3bcl = 1/n x (Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv3) - Ec x α x Δt
  = 1/7x(3795428.6/262685.7+(-0.17)x(-2479554000)x0/263481603971.7)-27804.063636603x0.000012x10
  = 0.000 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv3su = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3su / Iv3
  = 3795428.6/262685.7+(-0.17)x(-2479.554)x10^6x(-523.3)/263481603971.7= 13.611 MPa

  · fv3sl = Ptv3 / Av3 + k x Mv3 x Yv3sl / Iv3
  = 3795428.6/262685.7+(-0.17)x(-2479.554)x10^6x2004.7/263481603971.7= 17.656 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 5544195.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 2.99 x 1000 / 60000 + 2.47x10^6 / (2 x 5544195.6x12) = 0.068 MPa

2) 단일합성시

· F = 5544195.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 4.44 x 1000 /60000 + 5.13x10^6 / (2 x 5544195.6x12) = 0.113 MPa

3) 이중합성시

· F = 5584233.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 402.33 x 1000 /60000 + 473.69x10^6 / (2 x 5584233.4x12) = 10.240 MPa

(6) 허용응력 검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 상부바닥판 콘크리트의 허용응력 : (☞ 도.설.기 표 3.9.2)

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	바닥판으로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 27 = -10.8 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 27 = 1.9 MPa < 2.5 MPa

이므로, 1.9 MPa

2) 강재의 허용응력 : (HSB500) (☞ 도.설.기 표 3.9.4)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 하부플랜지의 허용응력 :

∴ fsla = 230.0 MPa

② 압축 상부플랜지의 허용응력 : (자유돌출판)

- 최소두께 검토 : (t_min ≥ b/16)

t_min = (500 - 250) / 16 = 15.6 mm

t_min = 15.6 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

- 합성전 : (고정하중에 의한 허용응력)

b /10.1 = (500 - 250) / 10.1 = 24.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsua = -24000 x (t / b)² = -24000x(16/250)² = -98.3 MPa

- 합성후 : (상부바닥판에 의해 국부좌굴이 방지된 경우)

∴ fsua = -230.0 MPa

3) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.049) = 2500 / (281 x 1.049) = 8.481 mm

여기서, √(fca/fc) = √(122.88/111.695) 1.049 < 1.2 1.049 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2500 / (281 x 1.2) = 7.414 mm

여기서, √(fca/fc) = √(230/136.702) = 1.297 > 1.2 1.200 적용

∴ t_min = 8.481 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

4) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : (강거더자중) + (하부콘크리트 자중) + (상부바닥판자중)
2	합성후단계 : 1 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
3	합성후단계 : 2 + (크리프) + (건조수축)
4	합성후단계 : 3 + (온도차)
5	합성후단계 : 3 - (온도차)

⑤ 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	- 111.695	- 122.880	82.633	287.500
	2	- 4.442	- 10.800	-	-	- 136.702	- 230.000	166.646	230.000
	3	- 1.959	- 10.800	-	-	- 155.335	- 264.500	139.826	230.000
	4	- 3.408	- 12.420	-	-	- 141.724	- 299.000	157.482	264.500
	5	- 0.510	- 12.420	-	-	- 168.946	- 299.000	122.170	264.500
전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)max = 0.909 < 1.0 ∴ O.K.							
합성응력 검토		(f/fa)² + (τ/τa)²							

합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.909	0.287	0.181	168.8	0.00	0.83
	2	0.411	-	0.594	0.725	10.421	135.0	0.08	0.53
	3	0.181	-	0.587	0.608	10.421	155.3	0.07	0.37
	4	0.274	-	0.474	0.595	10.421	175.5	0.06	0.36
	5	0.041	-	0.565	0.462	10.421	175.5	0.06	0.32

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

① 항복응력 :

- 상부바닥판 콘크리트 : - 강재 : (HSB500)

fcy = 3 / 5 x 27 = 16.0 MPa fy = 380.0 MPa

② 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

③ 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		CONCRETE				STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력 (계수 하중)	1	-8.1	-16.0	-	-	-193.6	-380.0	264.5	380.0
	2	-5.2	-16.0	-	-	-220.8	-380.0	229.1	380.0
	3	-10.2	-16.0	-	-	-177.2	-380.0	288.1	380.0
	4	-7.3	-16.0	-	-	-204.5	-380.0	252.8	380.0
최대 항복응력비		(f/fy)max = 0.758 < 1.0 ∴ O.K.							

5.2 교번구간 응력검토

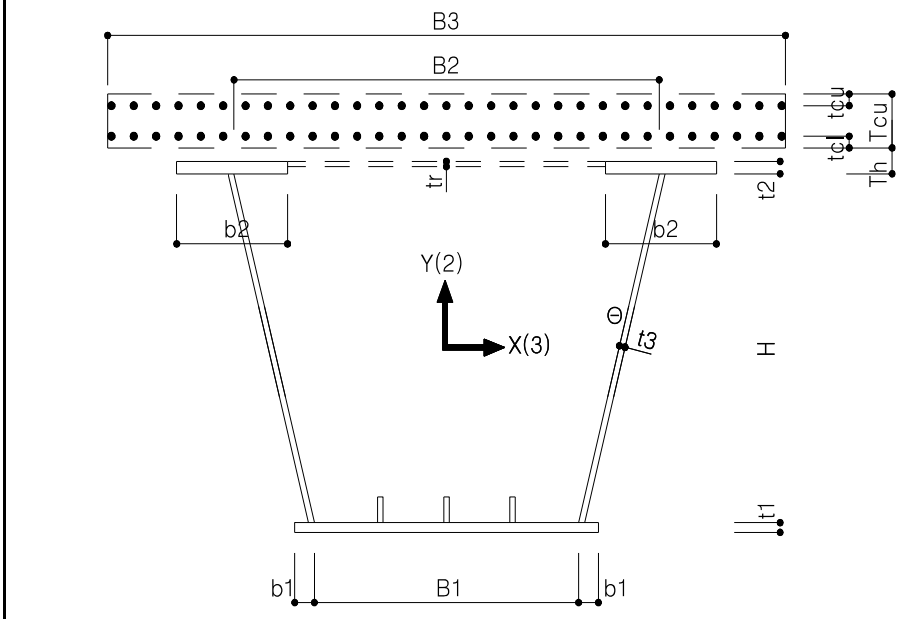
◎ 교번구간 < 단면 7 > 단면위치: 93,3/4지점**(외측거더)**

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.10174

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3088
t1	12
t2	16
t3	14
tr	0.69
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	4	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

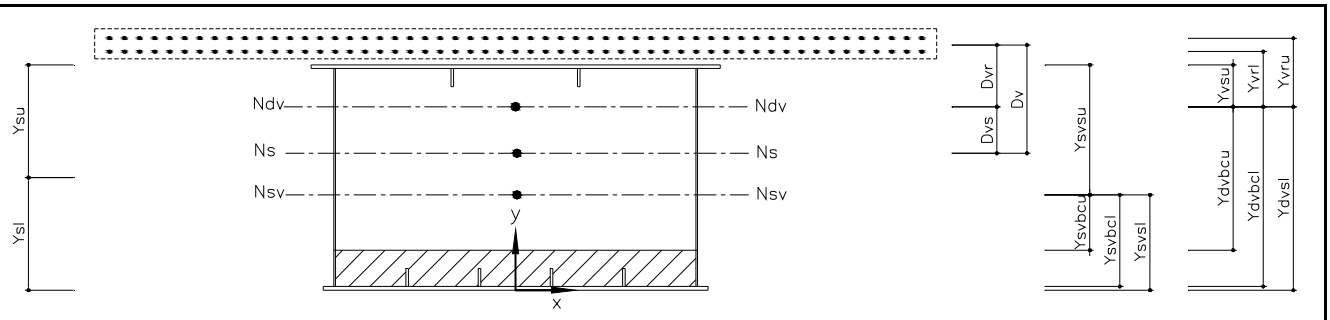
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-1480.4	-3967.6	-2112.7	-8882.6	-335.2	-16778.4
전단력, S (kN)	-567.1	-1051.9	-579.7	-788.7	-4.3	-2991.6
비틀림, T (kN-m)	322.8	470.7	403.4	1510.2	35.2	2742.29

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×16×2	16,000	3,108	4.973.E+07	3.413.E+05	5.021.E+10	5.021.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,088.0×14×2	86,464	1,556	1.345.E+08	6.871.E+10	4.162.E+09	7.287.E+10
하부리브	150×12×4	7,200	87	6.264.E+05	1.350.E+07	1.124.E+10	1.126.E+10
하부플랜지	2400×12×1	28,800	6	1.728.E+05	3.456.E+05	5.099.E+10	5.099.E+10
계		138,464		1.851.E+08			1.853.E+11

- 도심 : ys = 185065184/138464 = 1336.6 mm
  Ysu = 1336.6 - 3116 = -1779.4 mm
  Ysl = 1336.6 mm

- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = -1,480.4x1000000 x (-1779.4) / 185323286945 = 14.214 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = -1,480.4x1000000 x 1336.6/185323286945 = -10.677 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		138464.0	1336.6	1.85.E+08	1.85.E+11	-	1.85.E+11
계		138464.0		1.85.E+08			1.85.E+11

- 도심 : ysv = 185070982/138464 = 1336.6 mm n' = 0
  Ysvsu = 1336.6-3116= -1779.4 mm
  Ysvsl = 1336.6 mm

- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -3967.611x1000000 x (-1779.4) / 185323286945 = 38.095 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -3967.611x1000000 x 1336.6/185323286945 = -28.615 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
상부바닥판 철근	H19x72	20628.0					
환산바닥판 철근		20628.0	3236.0	6.675.E+07		5.637.E+10	5.637.E+10
단일합성시		138464.0	1336.6	1.851.E+08	1.853.E+11	8.400.E+09	1.937.E+11
계		159092.0		2.518.E+08			2.501.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.102
- 도심 : Ydv = 251823190/159092 = 1583 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000 mm²
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1582.9-3306= -1723.1 mm Ddvr = 1582.9 - 3236 = -1653.1 mm
Ydvrcl= 1582.9-3166= -1583.1 mm Ddvs = 1582.9 - 1336.6 = 246.3 mm
Ydvsu= 1582.9-3116= -1533.1 mm Ddv = 1653.1 + (246.3) = 1899.4 mm
Ydvsl= 1582.9 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-2,112.7x1000000x(-1723.1)/(1x250093976792)= 14.556 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -2112.653x1000000 x (-1533.1)/250093976792 = 12.951 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -2112.653x1000000 x 1582.9/250093976792 = -13.371 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -8882.6x1000000x(-1723.1)/(1x250093976792)= 61.199 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -8882.6x1000000 x (-1533.1)/250093976792 = 54.451 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -8882.6x1000000 x 1582.9/250093976792 = -56.220 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -335.2x1000000x(-1723.1)/(1x250093976792)= 2.309 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -335.2x1000000 x (-1533.1) / 250093976792= 2.055 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -335.2x1000000 x 1582.9/250093976792= -2.122 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3246.0	5.008.E+08	7.406.E+08	1.258.E+11	1.266.E+11
합성전		138464.0	1336.6	1.851.E+08	1.853.E+11	1.402.E+11	3.255.E+11
계		292749.7		6.859.E+08			4.521.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 685882411/292749.7 = 2342.9 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		77142.9	3246.0	2.504.E+08	3.703.E+08	1.160.E+11	1.164.E+11
합성전		138464.0	1336.6	1.851.E+08	1.853.E+11	6.462.E+10	2.499.E+11
계		215606.9		4.355.E+08			3.663.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 435476696.7/215606.9 = 2019.8 mm

Yv1tcu= 2342.9-3366= -1023.1 mm Dtc1 = 2342.9 - 3246 = -903.1 mm
Yv1tcl= 2342.9-3126= -783.1 mm Ddvtc1 = 2019.8 - 3246 = -1226.2 mm
Yv1su= 2342.9-3116= -773.1 mm Av1 = As +Ac/n1 = 215606.9 mm^2
Yv1sl= 2342.9 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1226.228 mm
Dvs1= 2342.9-1336.6= 1006.3 mm ds1 = dv - dc1 = 683.172 mm
Dv1= 903.1+1006.3= 1909.4 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  · Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
  = -2112.653x1000000/(7x452111825952.6)x(-903.1)x1080000 = 651,094 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 651094.3x2x2/(2+2) = 651,094 N
  · Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
  = 651094.3x (-1226.2) /1000000 = -798.4 kN-m
- 상부철근 응력 :
  · fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
  = 651094.3/159092+(0.102)x(-798.4)x1000000x(-1723.1)/250093976792
  = 4.654 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
  = 651094.3/215606.9+(0.102)x(-798.4)x1000000x(-773.1)/366312750375.562
  = 3.192 MPa
  · fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
  = 651094.3/215606.9+(0.102)x(-798.4)x1000000x2342.9/366312750375.562
  = 2.499 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산상부바닥판		51,429	3,246	1.669.E+08	2.469.E+08	9.969.E+10	9.994.E+10
합성전		138,464	1,337	1.851.E+08	1.853.E+11	3.702.E+10	2.223.E+11
계		189,893	-	3.520.E+08			3.223.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 352008125.3/189892.6 = 1853.70 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1853.7 - 3116 -1262.3 mm

Ydv2sl = 1853.7 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1080000 = - 2,846,570 N

Ddv = 1853.7 - 3246 = - 1,392 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 138464 + 1080000 / 21 = - mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1909.4 x 138464 / (1080000 / 21 + 138464) = 1,392 mm

ds2 = dv - dc2 = 1909.4 - 1392.3 = 517 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2846570 x (-1392.3)] / 1000000

= 3963.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2846570/159092+(0.102)x3963.3x1000000x(-1723.1)/250093976792

= -20.678 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2846570/189892.6+(0.102)x3963.3x1000000x(-1262.3)/322288615946.097

= -16.574 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2846570/189892.6+(0.102)x3963.3x1000000x1853.7/322288615946.097

= -12.665 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3795428.6x-903.1 / 1000000 = -3427.7 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3795428.6/159092 + (0.102)x(-3427.7)x(-1723.1) / 250093976792 - 205000 x 0.00012

= 1.666 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3795428.6 /159092+(0.102)x(-3427.7)x1000000x(-1533.1)/250093976792 26.000 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3795428.6 /159092+(0.102)x(-3427.7)x100000x1582.9/250093976792 = 21.644 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6851040.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 567.08 x 1000 /86464 + 322.85x1000000 / (2 x 6851040.4x14) = 8.242 MPa

2) 단일합성시

· F = 6851040.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1051.92 x 1000 /86464 + 470.7x1000000 / (2 x 6851040.4x14) = 14.620 MPa

3) 이중합성시

· F = 6891114.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1368.36 x 1000 /86464 + 1913.56x1000000 / (2 x 6891114.4x14) = 25.743 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 12 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 12 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 12 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -153.7 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3088 / (281 x 1.2 = 9.158

여기서, √(fca/fc) = √(230/39.292) = 1.978 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.177) = 3088 / (281 x 1 = 9.337

여기서, √(fca/fc) = √(153.733/111.005) 1.177 < 1.2 1.18 적용

∴ t_min = 9.337 < t = 14.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	14.2	287.5	-10.7	-192.2
	2	-	-	0.0	0.0	52.3	230.0	-39.3	-153.7
	3	78.1	160.0	0.0	0.0	121.8	230.0	-111.0	-153.7
	4	62.0	160.0	0.0	0.0	108.4	230.0	-121.2	-153.7
	5	63.7	184.0	0.0	0.0	134.4	264.5	-99.5	-176.8
	6	60.4	184.0	0.0	0.0	82.4	264.5	-142.8	-176.8
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.049	0.056	8.242	168.8	0.05	0.01
	2	-	0.000	0.227	0.256	22.862	135.0	0.17	0.09
	3	0.488	0.000	0.529	0.722	48.605	135.0	0.36	0.65
	4	0.388	0.000	0.471	0.788	48.605	135.0	0.36	0.75
	5	0.346	0.000	0.508	0.563	48.605	155.3	0.31	0.41
	6	0.328	0.000	0.311	0.808	48.605	155.3	0.31	0.75

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	136.1	400.0	0.00	0.0	214.5	380.0	-177.9	-380.0
	2	132.8	400.0	0.00	0.0	162.5	380.0	-221.1	-380.0
	3	152.2	400.0	0.00	0.0	227.9	380.0	-167.7	-380.0
	4	148.8	400.0	0.00	0.0	175.9	380.0	-211.0	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.600	<	1.0	∴	O.K.

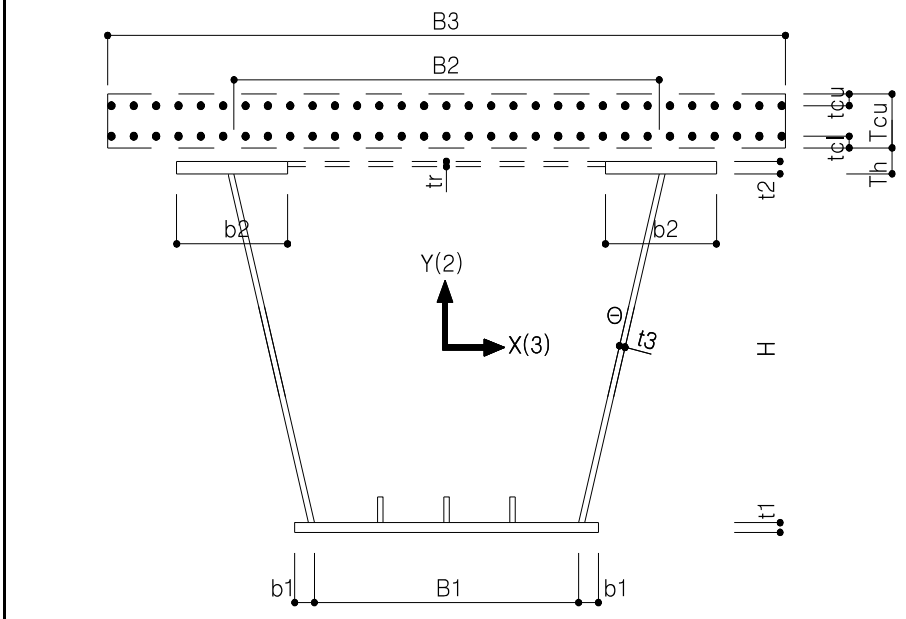
◎ 교번구간 < 단면 8 > 단면위치: 92,3/4지점(외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	0.02990

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3202
t1	18
t2	14
t3	14
tr	0.68
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	937	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	200	18	4	하부플랜지	2387	하부슬래브	0	n'(하부)	0

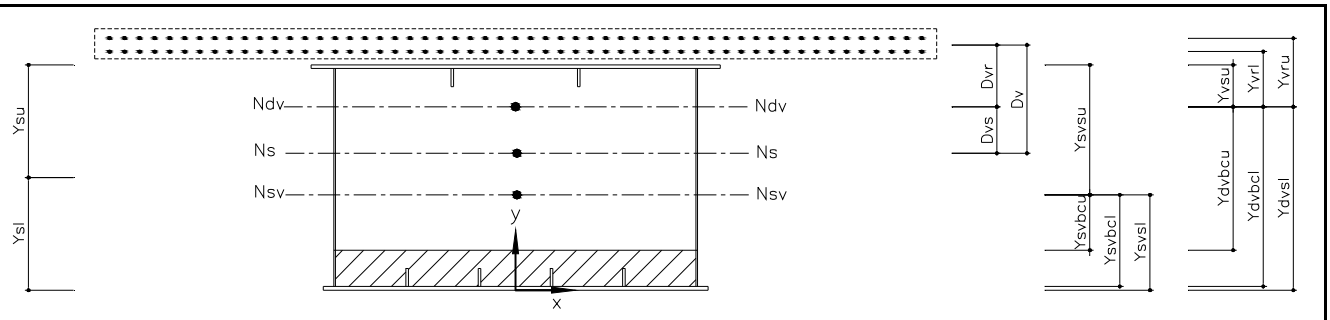
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-4520.0	-9568.3	-5264.4	-10604.0	-356.1	-30312.9
전단력, S (kN)	-615.2	-1095.6	-649.7	-855.5	-3.9	-3220.0
비틀림, T (kN-m)	407.3	603.6	368.7	1815.8	41.9	3237.31

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	937.4×14×2	26,247	3,227	8.470.E+07	4.287.E+05	9.360.E+10	9.360.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,202.0×14×2	89,656	1,619	1.452.E+08	7.660.E+10	7.049.E+09	8.365.E+10
하부리브	200×18×4	14,400	118	1.699.E+06	4.800.E+07	2.145.E+10	2.150.E+10
하부플랜지	2387.2×18×1	42,969	9	3.867.E+05	1.160.E+06	7.596.E+10	7.596.E+10
계		173,271		2.319.E+08			2.747.E+11

- 도심 : ys = 231936761/173271.4 = 1338.6 mm
  Ysu = 1338.6 - 3234 = -1895.4 mm
  Ysl = 1338.6 mm

- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = -4,520.0x1000000 x (-1895.4) / 274713485617 = 31.186 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = -4,520.0x1000000 x 1338.6/274713485617 = -22.025 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		173271.4	1338.6	2.32.E+08	2.75.E+11	-	2.75.E+11
계		173271.4		2.32.E+08			2.75.E+11

- 도심 : ysv = 231941096/173271.4 = 1338.6 mm n' = 0
  Ysvsu = 1338.6-3234= -1895.4 mm
  Ysvsl = 1338.6 mm

- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -9568.347x1000000 x (-1895.4) / 274713485617 = 66.017 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -9568.347x1000000 x 1338.6/274713485617 = -46.624 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x72	20628.0					
환산바닥판 철근		20628.0	3356.0	6.923.E+07		6.704.E+10	6.704.E+10
단일합성시		173271.4	1338.6	2.319.E+08	2.747.E+11	7.980.E+09	2.827.E+11
계		193899.4		3.012.E+08			3.497.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = 0.03
- 도심 : Ydv = 301168664/193899.4 = 1553 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1553.2-3426= -1872.8 mm Ddvr = 1553.2 - 3356 = -1802.8 mm
Ydvrcl= 1553.2-3286= -1732.8 mm Ddvs = 1553.2 - 1338.6 = 214.6 mm
Ydvsu= 1553.2-3234= -1680.8 mm Ddv = 1802.8 + (214.6) = 2017.4 mm
Ydvsl= 1553.2 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-5,264.4x1000000x(-1872.8)/(1x349735993089)= 28.190 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -5264.425x1000000 x (-1680.8)/349735993089 = 25.300 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -5264.425x1000000 x 1553.2/349735993089 = -23.380 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -10604x1000000x(-1872.8)/(1x349735993089)= 56.783 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -10604x1000000 x (-1680.8)/349735993089 = 50.962 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -10604x1000000 x 1553.2/349735993089 = -47.093 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -356.1x1000000x(-1872.8)/(1x349735993089)= 1.907 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -356.1x1000000 x (-1680.8) / 349735993089= 1.711 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -356.1x1000000 x 1553.2/349735993089= -1.581 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	3366.0	5.193.E+08	7.406.E+08	1.775.E+11	1.782.E+11
합성전		173271.4	1338.6	2.319.E+08	2.747.E+11	1.580.E+11	4.327.E+11
계		327557.1		7.513.E+08			6.109.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 751266810/327557.1 = 2293.5 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		77142.9	3366.0	2.597.E+08	3.703.E+08	1.518.E+11	1.522.E+11
합성전		173271.4	1338.6	2.319.E+08	2.747.E+11	6.759.E+10	3.423.E+11
계		250414.3		4.916.E+08			4.945.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 491603953.2/250414.3 = 1963.2 mm

Yv1tcu= 2293.5-3486= -1192.5 mm Dtc1 = 2293.5 - 3366 = -1072.5 mm
Yv1tcl= 2293.5-3246= -952.5 mm Ddvtc1 = 1963.2 - 3366 = -1402.8 mm
Yv1su= 2293.5-3234= -940.5 mm Av1 = As +Ac/n1 = 250414.3 mm^2
Yv1sl= 2293.5 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1402.837 mm
Dvs1= 2293.5-1338.6= 954.9 mm ds1 = dv - dc1 = 624.563 mm
Dv1= 1072.5+954.9= 2027.4 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
= -5264.425x1000000/(7x610916919668.6)x(-1072.5)x1080000 = 1,425,909 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1425909x2x2/(2+2) = 1,425,909 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
= 1425909x (-1402.8) /1000000 = -2000.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
= 1425909/193899.4+(0.03)x(-2000.3)x1000000x(-1872.8)/349735993089
= 7.675 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
= 1425909/250414.3+(0.03)x(-2000.3)x1000000x(-940.5)/494486708433.128
= 5.808 MPa

· fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
= 1425909/250414.3+(0.03)x(-2000.3)x1000000x2293.5/494486708433.128
= 5.416 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산상부바닥판		51,429	3,366	1.731.E+08	2.469.E+08	1.257.E+11	1.259.E+11
합성전		173,271	1,339	2.319.E+08	2.747.E+11	3.730.E+10	3.120.E+11
계		224,700	-	4.050.E+08			4.380.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 405049667.5/224700 = 1802.60 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1802.6 - 3234 -1431.4 mm

Ydv2sl = 1802.6 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1080000 = - 2,846,570 N

Ddv = 1802.6 - 3366 = - 1,563 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 173271.4 + 1080000 / 21 = - mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 2027.4 x 173271.4 / (1080000 / 21 + 173271.4) 1,563 mm

ds2 = dv - dc2 = 2027.4 - 1563.4 = 464 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2846570 x (-1563.4)] / 1000000

= 4450.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2846570/193899.4+(0.03)x4450.3x1000000x(-1872.8)/349735993089

= -15.396 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2846570/224700+(0.03)x4450.3x1000000x(-1431.4)/437967702322.829

= -13.105 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2846570/224700+(0.03)x4450.3x1000000x1802.6/437967702322.829

= -12.119 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3795428.6x-1072.5 / 1000000 = -4070.6 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3795428.6/193899.4 + (0.03)x(-4070.6)x(-1872.8) / 349735993089 - 205000 x 0.00012

= -4.372 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3795428.6 /193899.4+(0.03)x(-4070.6)x1000000x(-1680.8)/349735993089 20.161 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3795428.6 /193899.4+(0.03)x(-4070.6)x100000x1553.2/349735993089 = 19.032 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7110068.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 615.23 x 1000 /89656 + 407.28x1000000 / (2 x 7110068.4x14) = 8.908 MPa

2) 단일합성시

· F = 7110068.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1095.61 x 1000 /89656 + 603.64x1000000 / (2 x 7110068.4x14) = 15.252 MPa

3) 이중합성시

· F = 7150142.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1505.18 x 1000 /89656 + 2184.49x1000000 / (2 x 7150142.5x14) = 27.700 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -217.3 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3202 / (281 x 1.2 = 9.496

여기서, √(fca/fc) = √(230/68.649) = 1.779 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3202 / (281 x 1.2 = 9.496

여기서, √(fca/fc) = √(217.289/140.703) 1.243 > 1.2 1.20 적용

∴ t_min = 9.496 < t = 14.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	31.2	287.5	-22.0	-271.6
	2	-	-	0.0	0.0	97.2	230.0	-68.6	-217.3
	3	86.9	160.0	0.0	0.0	175.2	230.0	-140.7	-217.3
	4	79.2	160.0	0.0	0.0	167.9	230.0	-147.4	-217.3
	5	74.8	184.0	0.0	0.0	188.0	264.5	-128.4	-249.9
	6	83.5	184.0	0.0	0.0	147.7	264.5	-166.4	-249.9
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.108	0.081	8.908	168.8	0.05	0.01
	2	-	0.000	0.423	0.316	24.160	135.0	0.18	0.21
	3	0.543	0.000	0.762	0.648	51.86	135.0	0.38	0.73
	4	0.495	0.000	0.730	0.678	51.86	135.0	0.38	0.68
	5	0.406	0.000	0.711	0.514	51.86	155.3	0.33	0.62
	6	0.454	0.000	0.558	0.666	51.86	155.3	0.33	0.56

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	146.6	400.0	0.00	0.0	281.7	380.0	-208.6	-380.0
	2	155.4	400.0	0.00	0.0	241.4	380.0	-246.6	-380.0
	3	154.4	400.0	0.00	0.0	289.0	380.0	-201.9	-380.0
	4	163.1	400.0	0.00	0.0	248.7	380.0	-239.9	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.760		< 1.0		∴ O.K.	

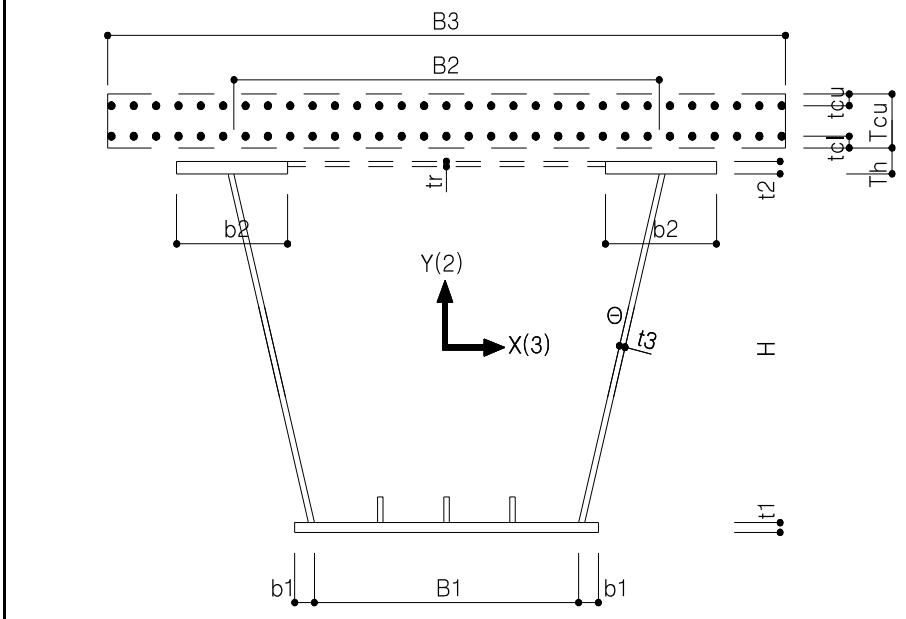
◎ 교번구간 < 단면 9 > 단면위치: 92,I지점 **(외측거더)**

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.02398

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3320
t1	18
t2	14
t3	16
tr	0.64
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	2692	상부바닥판	4478	n(상부)	7
하부리브	200	18	4	하부플랜지	2392	하부슬래브	0	n'(하부)	0

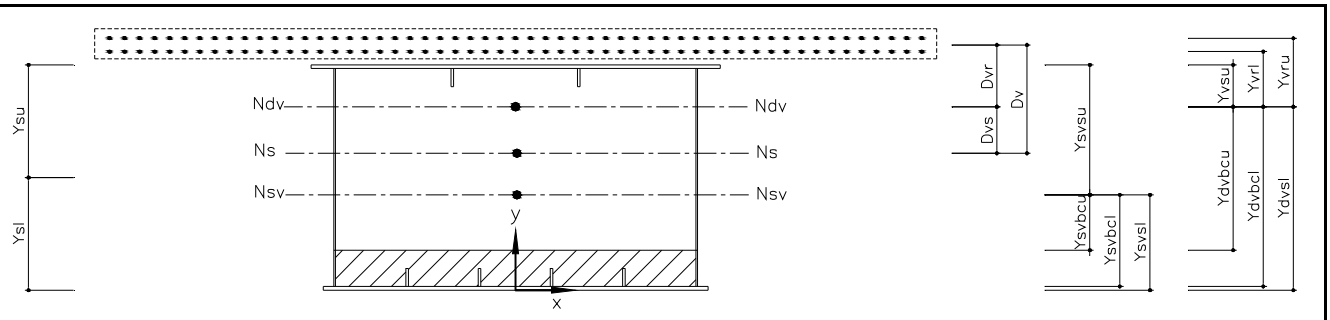
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-7113.3	-13959.9	-7864.3	-12601.3	-371.1	-41909.9
전단력, S (kN)	-754.2	-1207.6	-713.9	-955.7	-3.9	-3635.4
비틀림, T (kN-m)	407.3	584.3	434.3	1799.1	41.9	3266.81

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	2691.8×14×1	37,686	3,345	1.261.E+08	6.155.E+05	1.253.E+11	1.253.E+11
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	3,320.0×16×2	106,240	1,678	1.783.E+08	9.758.E+10	2.599.E+09	1.002.E+11
하부리브	200×18×4	14,400	118	1.699.E+06	4.800.E+07	2.837.E+10	2.842.E+10
하부플랜지	2391.8×18×1	43,053	9	3.875.E+05	1.162.E+06	9.850.E+10	9.850.E+10
계		201,379		3.064.E+08			3.524.E+11

- 도심 : ys = 306416399/201378.9 = 1521.6 mm

Ysu = 1521.6 - 3352 = -1830.4 mm

Ysl = 1521.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -7,113.3x1000000 x (-1830.4) / 352403826634.4 = 36.947 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -7,113.3x1000000 x 1521.6/352403826634.4 = -30.714 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		201378.9	1521.6	3.06.E+08	3.52.E+11	-	3.52.E+11
계		201378.9		3.06.E+08			3.52.E+11

- 도심 : ysv = 306418134/201378.9 = 1521.6 mm n' = 0

Ysvsu = 1521.6-3352= -1830.4 mm

Ysvsl = 1521.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -13959.94x1000000 x (-1830.4) / 352403826634.4 = 72.509 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -13959.94x1000000 x 1521.6/352403826634.4 = -60.276 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	3474.0	6.967.E+07		6.323.E+10	6.323.E+10
단일합성시		201378.9	1521.6	3.064.E+08	3.524.E+11	6.295.E+09	3.587.E+11
계		221433.9		3.761.E+08			4.219.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.024
- 도심 : Ydv = 376089204/221433.9 = 1698 mm
  Atc = 4477.8x240 = 1074661 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1698.4-3544=	-1845.6	mm	Ddvr = 1698.4 - 3474 =	-1775.6	mm
Ydvrcl= 1698.4-3404=	-1705.6	mm	Ddvs = 1698.4 - 1521.6 =	176.8	mm
Ydvsu= 1698.4-3352=	-1653.6	mm	Ddv = 1775.6 + (176.8) =	1952.4	mm
Ydvsl=	1698.4	mm			

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-7,864.3x1000000x(-1845.6)/(1x421927085366.4) 34.400 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -7864.292x1000000 x (-1653.6)/421927085366.4 = 30.821 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -7864.292x1000000 x 1698.4/421927085366.4 = -31.656 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -12601.3x1000000x(-1845.6)/(1x421927085366.4 55.121 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -12601.3x1000000 x (-1653.6)/421927085366.4 = 49.387 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -12601.3x1000000 x 1698.4/421927085366.4 = -50.725 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -371.1x1000000x(-1845.6)/(1x421927085366.4)= 1.623 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -371.1x1000000 x (-1653.6) / 421927085366.4= 1.454 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -371.1x1000000 x 1698.4/421927085366.4= -1.494 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4477.8x240	1074660.9			5.158.E+09		
환산 상부바닥판		153523.0	3484.0	5.349.E+08	7.369.E+08	1.904.E+11	1.911.E+11
합성전		201378.9	1521.6	3.064.E+08	3.524.E+11	1.451.E+11	4.975.E+11
계		354901.9		8.413.E+08			6.886.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 841292216/354901.9 = 2370.5 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4477.8x240	1074660.9			5.158.E+09		
환산 상부바닥판		76761.5	3484.0	2.674.E+08	3.685.E+08	1.550.E+11	1.553.E+11
합성전		201378.9	1521.6	3.064.E+08	3.524.E+11	5.907.E+10	4.115.E+11
계		278140.4		5.739.E+08			5.668.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 573855175.4/278140.4 = 2063.2 mm

Yv1tcu= 2370.5-3604= -1233.5 mm Dtc1 = 2370.5 - 3484 = -1113.5 mm
Yv1tcl= 2370.5-3364= -993.5 mm Ddvtc1 = 2063.2 - 3484 = -1420.8 mm
Yv1su= 2370.5-3352= -981.5 mm Av1 = As +Ac/n1 = 278140.4 mm^2
Yv1sl= 2370.5 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1420.815 mm
Dvs1= 2370.5-1521.6= 848.9 mm ds1 = dv - dc1 = 541.585 mm
Dv1= 1113.5+848.9= 1962.4 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  · Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
  = -7864.292x1000000/(7x688611082288)x(-1113.5)x1074660.9 = 1,952,312 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1952312.1x2x2/(2+2) = 1,952,312 N
  · Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
  = 1952312.1x (-1420.8) /1000000 = -2773.9 kN-m
- 상부철근 응력 :
  · fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
  = 1952312.1/221433.9+(-0.024)x(-2773.9)x1000000x(-1845.6)/421927085366
  = 8.525 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
  = 1952312.1/278140.4+(-0.024)x(-2773.9)x1000000x(-981.5)/566799192682.198
  = 6.904 MPa
  · fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
  = 1952312.1/278140.4+(-0.024)x(-2773.9)x1000000x2370.5/566799192682.198
  = 7.298 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	4477.8x240	1,074,661			5.158.E+09		
환산상부바닥판		51,174	3,484	1.783.E+08	2.456.E+08	1.253.E+11	1.256.E+11
합성전		201,379	1,522	3.064.E+08	3.524.E+11	3.184.E+10	3.842.E+11
계		252,553	-	4.847.E+08			5.098.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ₂ / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 484709495/252553.2 = 1919.20 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1919.2 - 3352 -1432.8 mm

Ydv2sl = 1919.2 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1074660.9 = - 2,832,498 N

Ddv = 1919.2 - 3484 = - 1,565 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 201378.9 + 1074660.9 / 21 = - mm²

dc2 = dv·As / (Ac/n2 + As) = 1962.4 x 201378.9 / (1074660.9 / 21 + 201378.9 1,565 mm

ds2 = dv - dc2 = 1962.4 - 1564.8 = 398 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2832497.7 x (-1564.8)] / 1000000

= 4432.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2832497.7/221433.9+(-0.024)x4432.3x1000000x(-1845.6)/421927085366

= -12.326 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2832497.7/252553.2+(-0.024)x4432.3x1000000x(-1432.8)/509790011676.366

= -10.916 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2832497.7/252553.2+(-0.024)x4432.3x1000000x1919.2/509790011676.366

= -11.616 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1074660.9/7 = 3776665.4 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3776665.4x-1113.5 / 1000000 = -4205.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3776665.4/221433.9 + (-0.024)x(-4205.3)x(-1845.6) / 421927085366.4 - 205000 x 0.00012

= -7.986 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3776665.4 /221433.9+(-0.024)x(-4205.3)x1000000x(-1653.6)/4219270853 16.660 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3776665.4 /221433.9+(-0.024)x(-4205.3)x100000x1698.4/421927085366.4 17.462 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7377906.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 754.24 x 1000 /106240 + 407.28x1000000 / (2 x 7377906.7x16) = 8.824 MPa

2) 단일합성시

· F = 7377906.7 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1207.63 x 1000 /106240 + 584.26x1000000 / (2 x 7377906.7x16) = 13.842 MPa

3) 이중합성시

· F = 7418016.9 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1669.61 x 1000 /106240 + 2233.37x1000000 / (2 x 7418016.9x16) = 25.124 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -217.3 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3320 / (281 x 1.2 = 9.846

여기서, √(fca/fc) = √(230/90.99) = 1.545 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.115) = 3320 / (281 x 1 = 10.596

여기서, √(fca/fc) = √(217.289/174.865) 1.115 < 1.2 1.12 적용

∴ t_min = 10.596 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	36.9	287.5	-30.7	-271.6
	2	-	-	0.0	0.0	109.5	230.0	-91.0	-217.3
	3	91.1	160.0	0.0	0.0	191.1	230.0	-174.9	-217.3
	4	87.3	160.0	0.0	0.0	187.1	230.0	-179.2	-217.3
	5	79.4	184.0	0.0	0.0	203.8	264.5	-161.7	-249.9
	6	95.3	184.0	0.0	0.0	170.4	264.5	-196.6	-249.9
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.129	0.113	8.824	168.8	0.05	0.02
	2	-	0.000	0.476	0.419	22.666	135.0	0.17	0.25
	3	0.570	0.000	0.831	0.805	47.79	135.0	0.35	0.82
	4	0.546	0.000	0.814	0.825	47.79	135.0	0.35	0.81
	5	0.431	0.000	0.770	0.647	47.79	155.3	0.31	0.69
	6	0.518	0.000	0.644	0.787	47.79	155.3	0.31	0.71

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	151.4	400.0	0.00	0.0	301.2	380.0	-255.4	-380.0
	2	167.4	400.0	0.00	0.0	267.9	380.0	-290.3	-380.0
	3	155.2	400.0	0.00	0.0	305.2	380.0	-251.0	-380.0
	4	171.2	400.0	0.00	0.0	271.9	380.0	-286.0	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.803		< 1.0		∴ O.K.	

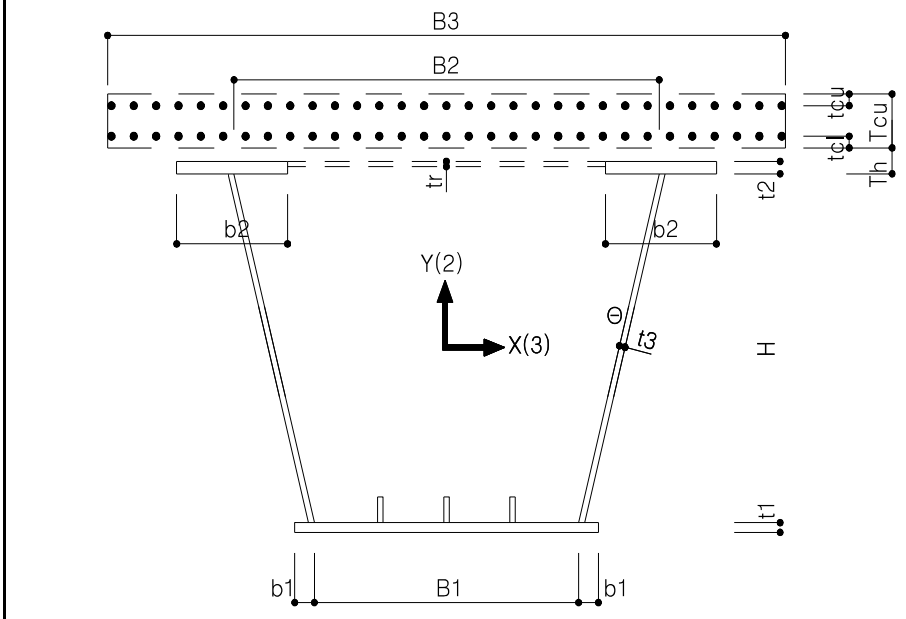
◎ 교번구간 < 단면 14 > 단면위치: 87,I지점 (외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16720

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2833
t1	18
t2	16
t3	14
tr	0.69
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	960	상부바닥판	4486	n(상부)	7
하부리브	200	18	4	하부플랜지	2380	하부슬래브	0	n'(하부)	0

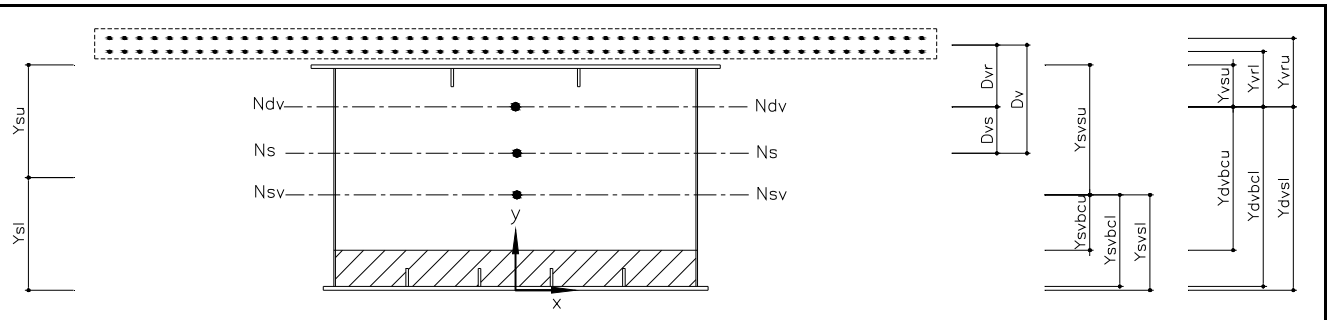
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-5005.4	-10639.9	-6241.3	-9543.9	-280.2	-31710.7
전단력, S (kN)	522.3	934.7	549.8	824.1	9.4	2840.4
비틀림, T (kN-m)	15.9	-16.6	-18.5	-1443.1	-25.3	-1487.61

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	960.2×16×2	30,728	2,859	8.785.E+07	6.555.E+05	8.278.E+10	8.278.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,833.0×14×2	79,324	1,435	1.138.E+08	5.305.E+10	3.728.E+09	5.678.E+10
하부리브	200×18×4	14,400	118	1.699.E+06	4.800.E+07	1.741.E+10	1.746.E+10
하부플랜지	2380.3×18×1	42,846	9	3.856.E+05	1.157.E+06	6.260.E+10	6.260.E+10
계		167,298		2.037.E+08			2.196.E+11

- 도심 : ys = 203725588/167297.9 = 1217.7 mm
  Ysu = 1217.7 - 2867 = -1649.3 mm
  Ysl = 1217.7 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -5,005.4x1000000 x (-1649.3) / 219619213387.8 = 37.590 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -5,005.4x1000000 x 1217.7/219619213387.8 = -27.753 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		167297.9	1217.7	2.04.E+08	2.20.E+11	-	2.20.E+11
계		167297.9		2.04.E+08			2.20.E+11

- 도심 : ysv = 203718653/167297.9 = 1217.7 mm n' = 0
  Ysvsu = 1217.7-2867= -1649.3 mm
  Ysvsl = 1217.7 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -10639.91x1000000 x (-1649.3) / 219619213387.8 = 79.904 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -10639.91x1000000 x 1217.7/219619213387.8 = -58.994 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	2987.0	5.990.E+07		5.006.E+10	5.006.E+10
단일합성시		167297.9	1217.7	2.037.E+08	2.196.E+11	6.001.E+09	2.256.E+11
계		187352.9		2.636.E+08			2.757.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 263622938/187352.9 = 1407 mm
  Atc = 4485.9x240 = 1076616 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1407.1-3057=	-1649.9 mm	Ddvr	= 1407.1 - 2987 =	-1579.9	mm
Ydvrcl= 1407.1-2917=	-1509.9 mm	Ddvs	= 1407.1 - 1217.7 =	189.4	mm
Ydvsu= 1407.1-2867=	-1459.9 mm	Ddv	= 1579.9 + (189.4) =	1769.3	mm
Ydvsl=	1407.1 mm				

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-6,241.3x1000000x(-1649.9)/(1x275679548704.8) 37.353 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -6241.28x1000000 x (-1459.9)/275679548704.8 = 33.052 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -6241.28x1000000 x 1407.1/275679548704.8 = -31.856 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -9543.9x1000000x(-1649.9)/(1x275679548704.8) 57.119 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -9543.9x1000000 x (-1459.9)/275679548704.8 = 50.541 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -9543.9x1000000 x 1407.1/275679548704.8 = -48.713 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -280.2x1000000x(-1649.9)/(1x275679548704.8)= 1.677 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -280.2x1000000 x (-1459.9) / 275679548704.8= 1.484 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -280.2x1000000 x 1407.1/275679548704.8= -1.430 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4485.9x240	1076616.4			5.168.E+09		
환산 상부바닥판		153802.3	2997.0	4.609.E+08	7.383.E+08	1.322.E+11	1.329.E+11
합성전		167297.9	1217.7	2.037.E+08	2.196.E+11	1.215.E+11	3.411.E+11
계		321100.2		6.647.E+08			4.741.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 664664275/321100.2 = 2070.0 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4485.9x240	1076616.4			5.168.E+09		
환산 상부바닥판		76901.2	2997.0	2.305.E+08	3.691.E+08	1.143.E+11	1.146.E+11
합성전		167297.9	1217.7	2.037.E+08	2.196.E+11	5.253.E+10	2.721.E+11
계		244199.1		4.342.E+08			3.868.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 434191463.6/244199.1 = 1778.0 mm

Yv1tcu= 2070-3117= -1047.0 mm Dtc1 = 2070 - 2997 = -927.0 mm
Yv1tcl= 2070-2877= -807.0 mm Ddvtc1 = 1778 - 2997 = -1219.0 mm
Yv1su= 2070-2867= -797.0 mm Av1 = As +Ac/n1 = 244199.1 mm^2
Yv1sl= 2070.0 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1218.977 mm
Dvs1= 2070-1217.7= 852.3 mm ds1 = dv - dc1 = 560.323 mm
Dv1= 927+852.3= 1779.3 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  · Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
  = -6241.28x1000000/(7x474052030670.9)x(-927)x1076616.4 = 1,877,113 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1877112.7x2x2/(2+2) = 1,877,113 N
  · Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
  = 1877112.7x (-1219) /1000000 = -2288.2 kN-m
- 상부철근 응력 :
  · fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
  = 1877112.7/187352.9+(-0.167)x(-2288.2)x1000000x(-1649.9)/275679548705
  = 7.732 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
  = 1877112.7/244199.1+(-0.167)x(-2288.2)x1000000x(-797)/386781329078.231
  = 6.899 MPa
  · fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
  = 1877112.7/244199.1+(-0.167)x(-2288.2)x1000000x2070/386781329078.231
  = 9.732 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4485.9x240	1,076,616			5.168.E+09		
환산상부바닥판		51,267	2,997	1.536.E+08	2.461.E+08	9.509.E+10	9.534.E+10
합성전		167,298	1,218	2.037.E+08	2.196.E+11	2.915.E+10	2.488.E+11
계		218,565	-	3.574.E+08			3.441.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 357367193.3/218565.3 = 1635.10 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1635.1 - 2867 -1231.9 mm

Ydv2sl = 1635.1 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1076616.4 = - 2,837,652 N

Ddv = 1635.1 - 2997 = - 1,362 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 167297.9 + 1076616.4 / 21 = - mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1779.3 x 167297.9 / (1076616.4 / 21 + 167297.! 1,362 mm

ds2 = dv - dc2 = 1779.3 - 1361.9 = 417 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2837651.8 x (-1361.9)] / 1000000

= 3864.6 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2837651.8/187352.9+(-0.167)x3864.6x1000000x(-1649.9)/275679548705

= -11.283 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2837651.8/218565.3+(-0.167)x3864.6x1000000x(-1231.9)/344101805380.023

= -10.673 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2837651.8/218565.3+(-0.167)x3864.6x1000000x1635.1/344101805380.023

= -16.050 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1076616.4/7 = 3783537.6 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3783537.6x-927 / 1000000 = -3507.3 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3783537.6/187352.9 + (-0.167)x(-3507.3)x(-1649.9) / 275679548704.8 - 205000 x 0.00012

= -7.911 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3783537.6 /187352.9+(-0.167)x(-3507.3)x1000000x(-1459.9)/2756795487 17.093 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3783537.6 /187352.9+(-0.167)x(-3507.3)x100000x1407.1/275679548704.8 23.184 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6293112.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 522.33 x 1000 /79324 + 15.86x1000000 / (2 x 6293112.4x14) = 6.675 MPa

2) 단일합성시

· F = 6293112.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 934.71 x 1000 /79324 + 16.58x1000000 / (2 x 6293112.4x14) = 11.878 MPa

3) 이중합성시

· F = 6333186.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1373.91 x 1000 /79324 + 1461.63x1000000 / (2 x 6333186.4x14) = 25.563 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -217.3 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2833 / (281 x 1.2 = 8.402

여기서, √(fca/fc) = √(230/86.747) = 1.583 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.135) = 2833 / (281 x 1 = 8.883

여기서, √(fca/fc) = √(217.289/168.746) 1.135 < 1.2 1.14 적용

∴ t_min = 8.883 < t = 14.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	37.6	287.5	-27.8	-271.6
	2	-	-	0.0	0.0	117.5	230.0	-86.7	-217.3
	3	96.1	160.0	0.0	0.0	202.6	230.0	-168.7	-217.3
	4	92.6	160.0	0.0	0.0	198.8	230.0	-175.1	-217.3
	5	84.7	184.0	0.0	0.0	215.9	264.5	-151.9	-249.9
	6	100.5	184.0	0.0	0.0	181.7	264.5	-198.2	-249.9
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.131	0.102	6.675	168.8	0.04	0.02
	2	-	0.000	0.511	0.399	18.553	135.0	0.14	0.28
	3	0.601	0.000	0.881	0.777	44.116	135.0	0.33	0.88
	4	0.579	0.000	0.864	0.806	44.116	135.0	0.33	0.85
	5	0.460	0.000	0.816	0.608	44.116	155.3	0.28	0.75
	6	0.546	0.000	0.687	0.793	44.116	155.3	0.28	0.71

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	159.9	400.0	0.00	0.0	317.7	380.0	-242.1	-380.0
	2	175.7	400.0	0.00	0.0	283.5	380.0	-288.4	-380.0
	3	163.5	400.0	0.00	0.0	321.5	380.0	-235.7	-380.0
	4	179.3	400.0	0.00	0.0	287.3	380.0	-282.1	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max	=	0.846	<	1.0	∴	O.K.	

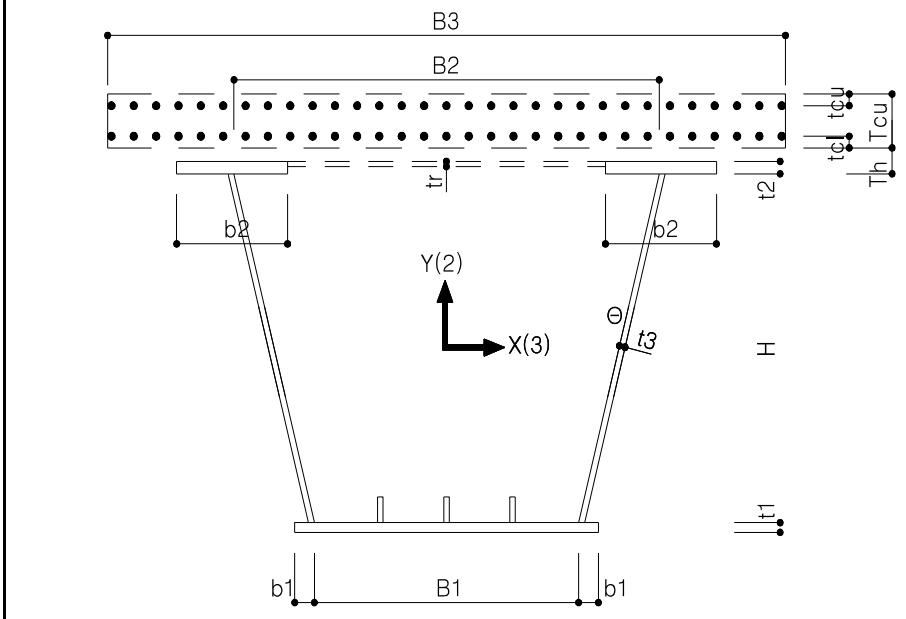
◎ 교번구간 < 단면 15 > 단면위치: 86,1/4지점(외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16708

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2680
t1	18
t2	16
t3	12
tr	0.69
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	600	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	200	18	4	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

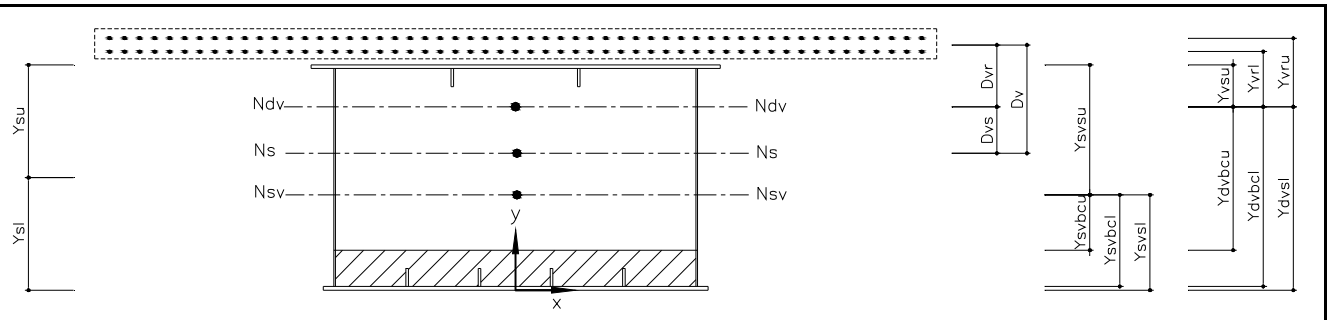
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-3277.0	-7159.2	-4235.0	-7668.7	-240.7	-22580.5
전단력, S (kN)	397.0	856.8	493.5	771.3	10.4	2529.0
비틀림, T (kN-m)	-59.2	-98.4	-109.1	-1328.5	-22.2	-1617.36

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	600×16×2	19,200	2,706	5.196.E+07	4.096.E+05	5.576.E+10	5.576.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,680.0×12×2	64,320	1,358	8.735.E+07	3.850.E+10	8.156.E+09	4.665.E+10
하부리브	200×18×4	14,400	118	1.699.E+06	4.800.E+07	1.125.E+10	1.130.E+10
하부플랜지	2400×18×1	43,200	9	3.888.E+05	1.166.E+06	4.259.E+10	4.259.E+10
계		141,120		1.414.E+08			1.563.E+11

- 도심 : ys = 141389760/141120 = 1001.9 mm
  Ysu = 1001.9 - 2714 = -1712.1 mm
  Ysl = 1001.9 mm

- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = -3,277.0x1000000 x (-1712.1) / 156298608835.2 = 35.896 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = -3,277.0x1000000 x 1001.9/156298608835.2 = -21.006 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		141120.0	1001.9	1.41.E+08	1.56.E+11	-	1.56.E+11
계		141120.0		1.41.E+08			1.56.E+11

- 도심 : ysv = 141388128/141120 = 1001.9 mm n' = 0
  Ysvsu = 1001.9-2714= -1712.1 mm
  Ysvsl = 1001.9 mm

- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -7159.2x1000000 x (-1712.1) / 156298608835.2 = 78.422 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -7159.2x1000000 x 1001.9/156298608835.2 = -45.892 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x72	20628.0					
환산바닥판 철근		20628.0	2834.0	5.846.E+07		5.270.E+10	5.270.E+10
단일합성시		141120.0	1001.9	1.414.E+08	1.563.E+11	7.707.E+09	1.640.E+11
계		161748.0		1.998.E+08			2.167.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 199847880/161748 = 1236 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1235.6-2904= -1668.4 mm Ddvr = 1235.6 - 2834 = -1598.4 mm
Ydvrcl= 1235.6-2764= -1528.4 mm Ddvs = 1235.6 - 1001.9 = 233.7 mm
Ydvsu= 1235.6-2714= -1478.4 mm Ddv = 1598.4 + (233.7) = 1832.1 mm
Ydvsl= 1235.6 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-4,235.0x1000000x(-1668.4)/(1x216708092456.2) 32.604 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -4234.963x1000000 x (-1478.4)/216708092456.2 = 28.891 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -4234.963x1000000 x 1235.6/216708092456.2 = -24.146 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -7668.7x1000000x(-1668.4)/(1x216708092456.2) 59.040 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -7668.7x1000000 x (-1478.4)/216708092456.2 = 52.316 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -7668.7x1000000 x 1235.6/216708092456.2 = -43.724 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -240.7x1000000x(-1668.4)/(1x216708092456.2)= 1.853 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -240.7x1000000 x (-1478.4) / 216708092456.2= 1.642 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -240.7x1000000 x 1235.6/216708092456.2= -1.372 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	2844.0	4.388.E+08	7.406.E+08	1.195.E+11	1.202.E+11
합성전		141120.0	1001.9	1.414.E+08	1.563.E+11	1.306.E+11	2.869.E+11
계		295405.7		5.802.E+08			4.071.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 580176699/295405.7 = 1964.0 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		77142.9	2844.0	2.194.E+08	3.703.E+08	1.094.E+11	1.098.E+11
합성전		141120.0	1001.9	1.414.E+08	1.563.E+11	5.982.E+10	2.161.E+11
계		218262.9		3.608.E+08			3.259.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 360782413.7/218262.9 = 1653.0 mm

Yv1tcu= 1964-2964=	-1000.0	mm	Dtc1 = 1964 - 2844 =	-880.0	mm
Yv1tcl= 1964-2724=	-760.0	mm	Ddvtc1 = 1653 - 2844 =	-1191.0	mm
Yv1su= 1964-2714=	-750.0	mm	Av1 = As +Ac/n1 =	218262.9	mm^2
Yv1sl=	1964.0	mm	dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)=	1191.028	mm
Dvs1= 1964-1001.9=	962.1	mm	ds1 = dv - dc1 =	651.072	mm
Dv1= 880+962.1=	1842.1	mm			

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  - Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
    = -4234.963x1000000/(7x407143847585.8)x(-880)x1080000 = 1,412,245 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  - Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 1412245.3x2x2/(2+2) = 1,412,245 N
  - Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
    = 1412245.3x (-1191) /1000000 = -1682.0 kN-m
- 상부철근 응력 :
  - fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
    = 1412245.3/161748+(-0.167)x(-1682)x1000000x(-1668.4)/216708092456
    = 6.569 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  - fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
    = 1412245.3/218262.9+(-0.167)x(-1682)x1000000x(-750)/325919743877.69
    = 5.824 MPa
  - fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
    = 1412245.3/218262.9+(-0.167)x(-1682)x1000000x1964/325919743877.69
    = 8.163 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산상부바닥판		51,429	2,844	1.463.E+08	2.469.E+08	9.374.E+10	9.399.E+10
합성전		141,120	1,002	1.414.E+08	1.563.E+11	3.416.E+10	1.905.E+11
계		192,549	-	2.877.E+08			2.844.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 287650985.1/192548.6 = 1493.90 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1493.9 - 2714 -1220.1 mm

Ydv2sl = 1493.9 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1080000 = - 2,846,570 N

Ddv = 1493.9 - 2844 = - 1,350 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 141120 + 1080000 / 21 = - mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1842.1 x 141120 / (1080000 / 21 + 141120) = 1,350 mm

ds2 = dv - dc2 = 1842.1 - 1350.1 = 492 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2846570 x (-1350.1)] / 1000000

= 3843.2 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2846570/161748+(-0.167)x3843.2x1000000x(-1668.4)/216708092456

= -12.658 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2846570/192548.6+(-0.167)x3843.2x1000000x(-1220.1)/284447995315.2

= -12.031 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2846570/192548.6+(-0.167)x3843.2x1000000x1493.9/284447995315.2

= -18.154 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3795428.6x-880 / 1000000 = -3340.0 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3795428.6/161748 + (-0.167)x(-3340)x(-1668.4) / 216708092456.2 - 205000 x 0.00012

= -5.429 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3795428.6 /161748+(-0.167)x(-3340)x1000000x(-1478.4)/216708092456.2 19.660 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3795428.6 /161748+(-0.167)x(-3340)x100000x1235.6/216708092456.2 = 26.645 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 5948991.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 397.01 x 1000 /64320 + 59.18x1000000 / (2 x 5948991.6x12) = 6.587 MPa

2) 단일합성시

· F = 5948991.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 856.77 x 1000 /64320 + 98.42x1000000 / (2 x 5948991.6x12) = 14.010 MPa

3) 이중합성시

· F = 5989029.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1264.78 x 1000 /64320 + 1437.59x1000000 / (2 x 5989029.4x12) = 29.665 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -217.3 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2680 / (281 x 1.2 = 7.948

여기서, √(fca/fc) = √(230/66.898) = 1.802 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2680 / (281 x 1.2 = 7.948

여기서, √(fca/fc) = √(217.289/136.14) 1.263 > 1.2 1.20 적용

∴ t_min = 7.948 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	35.9	287.5	-21.0	-271.6
	2	-	-	0.0	0.0	114.3	230.0	-66.9	-217.3
	3	93.5	160.0	0.0	0.0	197.2	230.0	-136.1	-217.3
	4	87.4	160.0	0.0	0.0	191.0	230.0	-146.1	-217.3
	5	82.0	184.0	0.0	0.0	210.6	264.5	-119.5	-249.9
	6	92.8	184.0	0.0	0.0	171.3	264.5	-172.8	-249.9
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.125	0.077	6.587	168.8	0.04	0.02
	2	-	0.000	0.497	0.308	20.597	135.0	0.15	0.27
	3	0.584	0.000	0.857	0.627	50.262	135.0	0.37	0.87
	4	0.546	0.000	0.830	0.673	50.262	135.0	0.37	0.83
	5	0.446	0.000	0.796	0.478	50.262	155.3	0.32	0.74
	6	0.505	0.000	0.648	0.691	50.262	155.3	0.32	0.58

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	157.8	400.0	0.00	0.0	312.1	380.0	-195.7	-380.0
	2	168.7	400.0	0.00	0.0	272.8	380.0	-249.0	-380.0
	3	163.9	400.0	0.00	0.0	318.3	380.0	-185.7	-380.0
	4	174.8	400.0	0.00	0.0	279.0	380.0	-239.0	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		=	0.838	<	1.0	∴	O.K.

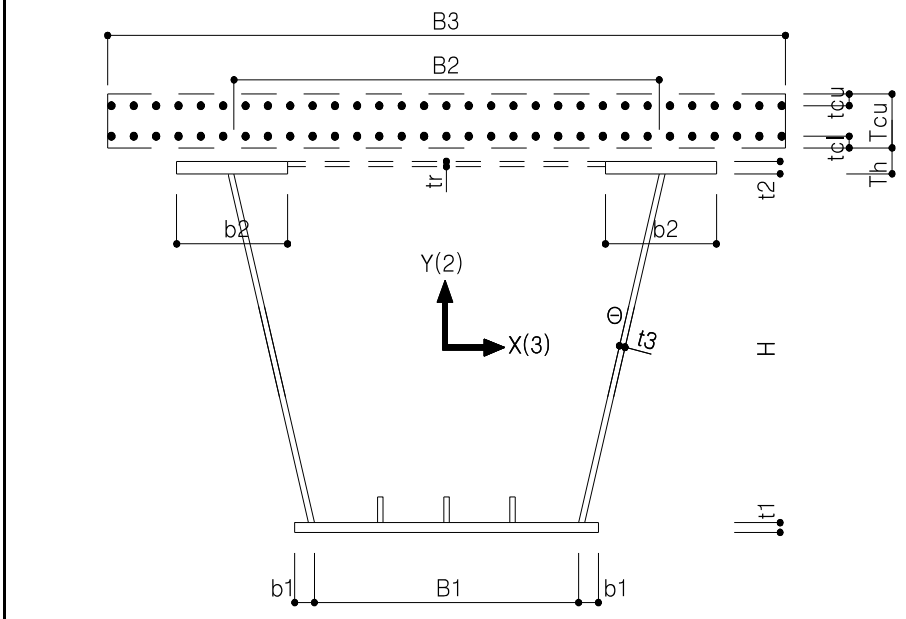
◎ 교번구간 < 단면 16 > 단면위치: 84,3/4지점(외측거더)

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	-	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	-	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16684

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	2514
t1	12
t2	16
t3	12
tr	0.69
Tcu	240
Th	26
Tcl	0
b1	100
b2	500
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	0	0	0	상부플랜지	500	상부바닥판	4500	n(상부)	7
하부리브	150	12	4	하부플랜지	2400	하부슬래브	0	n'(하부)	0

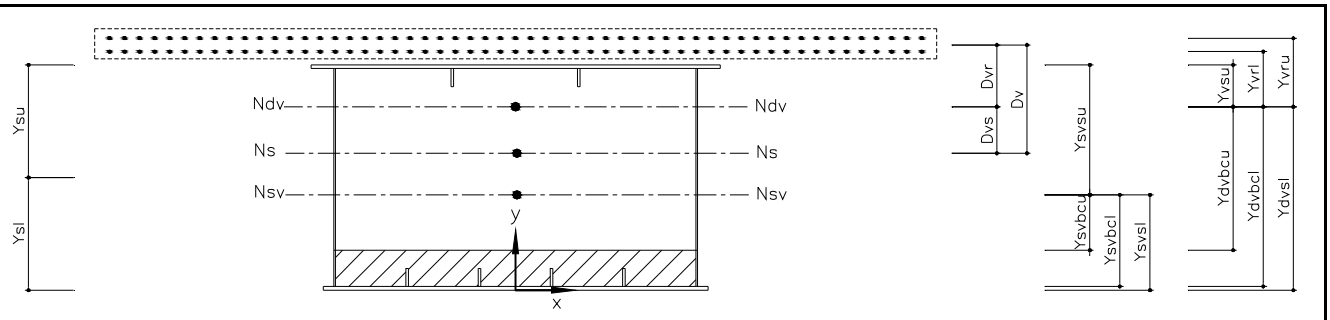
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-695.5	-1420.5	-936.2	-5146.5	-162.0	-8360.7
전단력, S (kN)	280.6	643.6	368.4	680.1	11.0	1983.6
비틀림, T (kN-m)	-83.8	-203.2	-181.6	-1034.2	-12.9	-1515.55

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm^2)	y (mm)	As·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Is (mm^4)
상부플랜지	500×16×2	16,000	2,534	4.054.E+07	3.413.E+05	3.526.E+10	3.526.E+10
상부리브	0×0×0	-	-	-	-	-	-
복부판	2,514.0×12×2	60,336	1,269	7.657.E+07	3.178.E+10	2.904.E+09	3.468.E+10
하부리브	150×12×4	7,200	87	6.264.E+05	1.350.E+07	6.672.E+09	6.685.E+09
하부플랜지	2400×12×1	28,800	6	1.728.E+05	3.456.E+05	3.137.E+10	3.137.E+10
계		112,336		1.179.E+08			1.080.E+11

- 도심 : ys = 117909584/112336 = 1049.6 mm
  Ysu = 1049.6 - 2542 = -1492.4 mm
  Ysl = 1049.6 mm

- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = -695.5x1000000 x (-1492.4) / 107989200318 = 9.612 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = -695.5x1000000 x 1049.6/107989200318 = -6.760 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
STEEL		112336.0	1049.6	1.18.E+08	1.08.E+11	-	1.08.E+11
계		112336.0		1.18.E+08			1.08.E+11

- 도심 : ysv = 117907866/112336 = 1049.6 mm n' = 0
  Ysvsu = 1049.6-2542= -1492.4 mm
  Ysvsl = 1049.6 mm

- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -1420.521x1000000 x (-1492.4) / 107989200318 = 19.631 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -1420.521x1000000 x 1049.6/107989200318 = -13.807 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x72	20628.0					
환산바닥판 철근		20628.0	2662.0	5.491.E+07		3.828.E+10	3.828.E+10
단일합성시		112336.0	1049.6	1.179.E+08	1.080.E+11	7.027.E+09	1.150.E+11
계		132964.0		1.728.E+08			1.533.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 172819602/132964 = 1300 mm
  Atc = 4500x240 = 1080000 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 0

Ydvru= 1299.7-2732= -1432.3 mm Ddvr = 1299.7 - 2662 = -1362.3 mm
Ydvrcl= 1299.7-2592= -1292.3 mm Ddvs = 1299.7 - 1049.6 = 250.1 mm
Ydvsu= 1299.7-2542= -1242.3 mm Ddv = 1362.3 + (250.1) = 1612.4 mm
Ydvsl= 1299.7 mm

① 고정하중 (DL3) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-936.2x1000000x(-1432.3)/(1x153298524931)= 8.747 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -936.1863x1000000 x (-1242.3)/153298524931 = 7.587 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -936.1863x1000000 x 1299.7/153298524931 = -7.937 MPa

② 활하중 (LL) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -5146.5x1000000x(-1432.3)/(1x153298524931)= 48.085 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -5146.5x1000000 x (-1242.3)/153298524931 = 41.706 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -5146.5x1000000 x 1299.7/153298524931 = -43.633 MPa

③ 지점침하 (SET) :
- 상부철근 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -162x1000000x(-1432.3)/(1x153298524931)= 1.514 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -162x1000000 x (-1242.3) / 153298524931= 1.313 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -162x1000000 x 1299.7/153298524931= -1.373 MPa

4) 크리프 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		154285.7	2672.0	4.123.E+08	7.406.E+08	7.210.E+10	7.284.E+10
합성전		112336.0	1049.6	1.179.E+08	1.080.E+11	9.901.E+10	2.070.E+11
계		266621.7		5.302.E+08			2.798.E+11

- 탄성계수비:n = 7 n' = 0
- 도심 : yv1 = 530159295/266621.7 = 1988.4 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1080000.0			5.184.E+09		
환산 상부바닥판		77142.9	2672.0	2.061.E+08	3.703.E+08	7.137.E+10	7.174.E+10
합성전		112336.0	1049.6	1.179.E+08	1.080.E+11	4.901.E+10	1.570.E+11
계		189478.9		3.240.E+08			2.287.E+11

- 탄성계수비:n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14
- 도심 : ydv1 = 324033579.9/189478.9 = 1710.1 mm

Yv1tcu= 1988.4-2792= -803.6 mm Dtc1 = 1988.4 - 2672 = -683.6 mm
Yv1tcl= 1988.4-2552= -563.6 mm Ddvtc1 = 1710.1 - 2672 = -961.9 mm
Yv1su= 1988.4-2542= -553.6 mm Av1 = As +Ac/n1 = 189478.9 mm^2
Yv1sl= 1988.4 mm dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 961.869 mm
Dvs1= 1988.4-1049.6= 938.8 mm ds1 = dv - dc1 = 660.531 mm
Dv1= 683.6+938.8= 1622.4 mm

① 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :
  · Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvct x Atc
  = -936.1863x1000000/(7x279835689780.6)x(-683.6)x1080000 = 352,847 N
- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :
  · Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 352847.4x2x2/(2+2) = 352,847 N
  · Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1
  = 352847.4x (-961.9) /1000000 = -339.4 kN-m
- 상부철근 응력 :
  · fv1ru = Ptv1 / Arv + k x Mv1 x Yvru / (Irv)
  = 352847.4/132964+(-0.167)x(-339.4)x1000000x(-1432.3)/153298524931
  = 2.124 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fv1su = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsu / Iv1
  = 352847.4/189478.9+(-0.167)x(-339.4)x1000000x(-553.6)/228743770071.042
  = 1.725 MPa
  · fv1sl = Ptv1 / Av1 + k x Mv1 x Ydvsl / Iv1
  = 352847.4/189478.9+(-0.167)x(-339.4)x1000000x1988.4/228743770071.042
  = 2.355 MPa

5) 건조수축 :

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4500x240	1,080,000			5.184.E+09		
환산상부바닥판		51,429	2,672	1.374.E+08	2.469.E+08	6.370.E+10	6.394.E+10
합성전		112,336	1,050	1.179.E+08	1.080.E+11	2.916.E+10	1.372.E+11
계		163,765	-	2.553.E+08			2.011.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21
- 도심 : ydv2 = 255325008.5/163764.6 = 1559.10 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ydv2su = 1559.1 - 2542 -982.9 mm

Ydv2sl = 1559.1 mm

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1080000 = - 2,846,570 N

Ddv = 1559.1 - 2672 = - 1,113 mm

Av2 = As + Acu/n2 = 112336 + 1080000 / 21 = - mm^2

dc2 = dv · As / (Ac/n2 + As) = 1622.4 x 112336 / (1080000 / 21 + 112336) = 1,113 mm

ds2 = dv - dc2 = 1622.4 - 1112.9 = 509 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv

= [-2846570 x (-1112.9)] / 1000000

= 3167.9 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv2ru = Ptv2 / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv

= -2846570/132964+(-0.167)x3167.9x1000000x(-1432.3)/153298524931

= -16.466 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2su / Iv2

= -2846570/163764.6+(-0.167)x3167.9x1000000x(-982.9)/201094060299.143

= -14.796 MPa

· fv2sl = Ptv2 / Av2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Iv2

= -2846570/163764.6+(-0.167)x3167.9x1000000x1559.1/201094060299.143

= -21.484 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1080000/7 = 3795428.6 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3795428.6x-683.6 / 1000000 = -2594.6 kN-m

- 상부철근 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3795428.6/132964 + (-0.167)x(-2594.6)x(-1432.3) / 153298524931 - 205000 x 0.00012

= -0.104 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3795428.6 /132964+(-0.167)x(-2594.6)x1000000x(-1242.3)/153298524931 25.033 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3795428.6 /132964+(-0.167)x(-2594.6)x100000x1299.7/153298524931 = 32.218 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 5575163.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 280.63 x 1000 /60336 + 83.75x1000000 / (2 x 5575163.6x12) = 5.277 MPa

2) 단일합성시

· F = 5575163.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 643.57 x 1000 /60336 + 203.19x1000000 / (2 x 5575163.6x12) = 12.185 MPa

3) 이중합성시

· F = 5615201.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1048.47 x 1000 /60336 + 1215.75x1000000 / (2 x 5615201.4x12) = 26.398 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa

- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x - = 0.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x - = 0.0 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 허용응력 : (보강된 판)

- 가설시 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 5) = 5.5 mm < t = 12 mm ∴ O.K.

- 가설완료후 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 5 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 5) = 10.0 mm < t = 12 mm ∴ O.K.

- 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 20.0mm ⓑ b/(44xixn) = 10.0mm ⓒ b/(80xixn) = 5.5mm

t = 12 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -153.7 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2514 / (281 x 1.2 = 7.456

여기서, √(fca/fc) = √(230/20.567) = 2.734 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.2) = 2514 / (281 x 1.2 = 7.456

여기서, √(fca/fc) = √(153.733/73.51) 1.446 > 1.2 1.20 적용

∴ t_min = 7.456 < t = 12.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	9.6	287.5	-6.8	-192.2
	2	-	-	0.0	0.0	29.2	230.0	-20.6	-153.7
	3	58.3	160.0	0.0	0.0	79.8	230.0	-73.5	-153.7
	4	44.0	160.0	0.0	0.0	66.8	230.0	-92.6	-153.7
	5	43.9	184.0	0.0	0.0	91.8	264.5	-60.4	-176.8
	6	44.1	184.0	0.0	0.0	41.7	264.5	-124.9	-176.8
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.033	0.035	5.277	168.8	0.03	0.00
	2	-	0.000	0.127	0.134	17.462	135.0	0.13	0.03
	3	0.365	0.000	0.347	0.478	43.86	135.0	0.32	0.33
	4	0.275	0.000	0.290	0.603	43.86	135.0	0.32	0.47
	5	0.239	0.000	0.347	0.342	43.86	155.3	0.28	0.20
	6	0.240	0.000	0.158	0.706	43.86	155.3	0.28	0.58

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x - = 0.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	100.3	400.0	0.00	0.0	149.5	380.0	-117.8	-380.0
	2	100.5	400.0	0.00	0.0	99.4	380.0	-182.2	-380.0
	3	114.6	400.0	0.00	0.0	162.6	380.0	-98.6	-380.0
	4	114.9	400.0	0.00	0.0	112.5	380.0	-163.1	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.480		< 1.0		∴ O.K.	

5.3 이중합성구간 응력검토

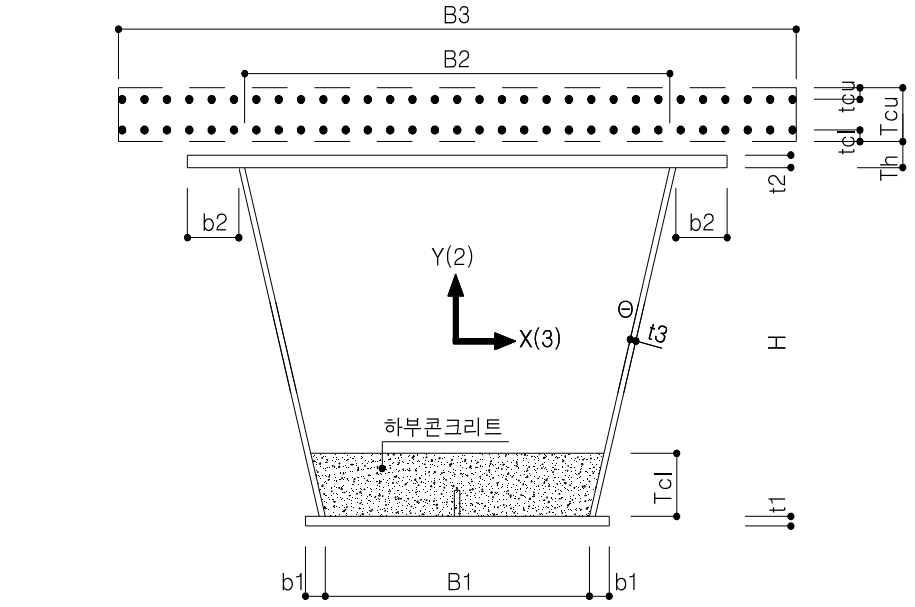
◎ 이중합성구간 < 단면 10 > 단면위치: 91,1/4지점 **(외측거더)** **<폐합단면>**

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.07786

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3466
t1	18
t2	14
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	490
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2672	상부바닥판	4465	n(상부)	7
하부리브	200	18	1	하부플랜지	2372	하부슬래브	2172	n'(하부)	7

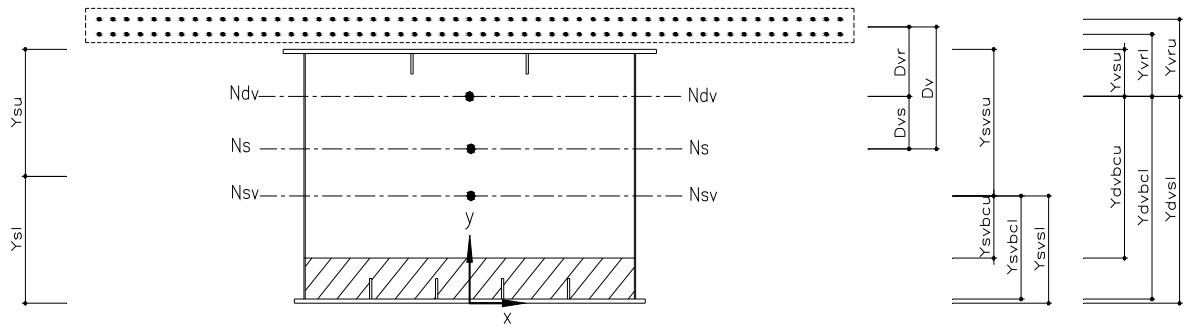
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-10208.3	-18356.3	-10579.9	-14990.4	-379.9	-54514.7
전단력, S (kN)	-904.2	-1205.2	-742.6	-1015.0	-2.4	-3869.4
비틀림, T (kN-m)	414.4	652.9	359.4	2104.0	44.1	3574.75

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm²)	y (mm)	As·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Is (mm⁴)
상부플랜지	2671.5×14×1	37,402	3,491	1.306.E+08	6.109.E+05	1.202.E+11	1.202.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,424	9.861.E+06	3.456.E+06	8.574.E+09	8.577.E+09
복부판	3,466.0×16×2	110,912	1,751	1.942.E+08	1.110.E+11	3.045.E+08	1.113.E+11
하부리브	200×18×1	3,600	118	4.248.E+05	1.200.E+07	8.994.E+09	9.006.E+09
하부플랜지	2371.5×18×1	42,688	9	3.842.E+05	1.153.E+06	1.219.E+11	1.219.E+11
계		197,481		3.354.E+08			3.709.E+11

- 도심 : ys = 335446007/197481.3 = 1698.6 mm

Ysu = 1698.6 - 3498 = -1799.4 mm

Ysl = 1698.6 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -10,208.3x1000000 x (-1799.4) / 370945665044.1 = 49.519 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -10,208.3x1000000 x 1698.6/370945665044.1 = -46.745 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
하부콘크리트	2171.5x490	1064055.0			2.13.E+10		
환산 하부콘크리트		152007.9	263.0	4.00.E+07	3.04.E+09	1.00.E+11	1.03.E+11
STEEL		197481.3	1698.6	3.35.E+08	3.71.E+11	7.70.E+10	4.48.E+11
계		349489.2		3.75.E+08			5.51.E+11

- 도심 : ysv = 375419814/349489.2 = 1074.2 mm n' = 7

Ysvbcu = 1074.2 - 508 = 566.2 mm Ysvsu = 1074.2-3498= -2423.8 mm

Ysvbcl = 1074.2 - 18 = 1056.2 mm Ysvsl = 1074.2 mm

Dsvbc = 1074.2 - 263 = 811.2 mm

- 하부콘크리트 응력 :

· fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -18356.25x1000000x566.2/(7x551008287310.1) = -2.695 MPa

· fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -18356.25x1000000x1056.2/(7x551008287310.1) = -5.027 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -18356.25x1000000 x (-2423.8) / 551008287310.1 = 80.746 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -18356.25x1000000 x 1074.2/551008287310.1 = -35.786 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	3620.0	7.260.E+07		1.162.E+11	1.162.E+11
단일합성시		349489.2	1074.2	3.754.E+08	5.510.E+11	6.675.E+09	5.577.E+11
계		369544.2		4.480.E+08			6.739.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.078
- 도심 : Ydv = 448020399/369544.2 = 1212 mm
  Atc = 4464.7x240 = 1071533 mm^2
  Abc = 2171.5x490 = 1064055 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1212.4-3690 = -2477.6 mm Ddvr = 1212.4 - 3620 = -2407.6 mm
Ydvrcl = 1212.4-3550 = -2337.6 mm Ddvbc = 1212.4 - 263 = 1080.9 mm
Ydvbcu = 1212.4-508 = 704.4 mm Ddvs = 1212.4 - 1698.6 = -486.2 mm
Ydvbcl = 1212.4-18 = 1194.4 mm Ddv = 2407.6 + (-486.2) = 1921.4 mm
Ydvsu = 1212.4-3491 = -2278.6 mm
Ydvsl = 1212.4 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-10,579.9x1000000x(-2477.6)/(1x673932830195.1 38.895 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -10,579.9x1000000x704.4/(7x673932830195.1)= -1.580 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -10,579.9x1000000x1194.4/(7x673932830195.1) -2.679 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -10579.89x1000000 x (-2278.6)/673932830195.1 = 35.771 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -10579.89x1000000 x 1212.4/673932830195.1 = -19.033 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -14990.4x1000000x(-2477.6)/(1x673932830195.1 55.110 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -14990.4x1000000x704.4/(7x673932830195.1)= -2.238 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -14990.4x1000000x1194.4/(7x673932830195.1)= -3.795 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -14990.4x1000000 x (-2278.6)/673932830195.1 = 50.683 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -14990.4x1000000 x 1212.4/673932830195.1 = -26.968 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -379.9x1000000x(-2477.6)/(1x673932830195.1)= 1.397 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -379.9x1000000x704.4/(7x673932830195.1)= -0.057 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -379.9x1000000x1194.4/(7x673932830195.1)= -0.096 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -379.9x1000000 x (-2278.6) / 673932830195.1= 1.284 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -379.9x1000000 x 1212.4/673932830195.1= -0.683 MPa

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2171.5x490	1064055.0			2.129.E+10	1.434.E+12	1.456.E+12
환산 하부콘크리트		118228.3	263.0	3.109.E+07	3.041.E+09	9.534.E+10	9.838.E+10
합성전		197481.3	1698.6	3.354.E+08	3.709.E+11	5.707.E+10	4.280.E+11
계		315709.6		3.665.E+08			5.264.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.468 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.468** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 366535787.8/315709.6 = 1161.0 mm

Ysv1bcu = 1161 - 508 = 653.0 mm Ysv1su = 1161 - 3491 = -2330.0 mm

Ysv1bcl = 1161 - 18 = 1143.0 mm Ysv1sl = 1161.0 mm

Dsvbc1 = 1161 - 263 = 898.0 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -18356.25x1000000/(7x551008287310.1)x(811.2)x1064055 = - 4,107,900 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -4107899.5x2x0.468/(2+0.468) = - 1,557,939 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -1557939.2x 898/1000000 = -1399.0 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu / Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+ Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1557939/315710+(-0.078)x(-1399)x1000000x653/526401702896)-0.468/(1+0.468/2)x(-2.695)

= 0.489 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1557939/315710+(-0.078)x(-1399)x1000000x1143/526401702896)-0.468/(1+0.468/2)x(-5.027)

= 1.385 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -1557939.2 /315709.6+(-0.078)x(-1399)x1000000x(-2330)/526401702896.407

= -5.418 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -1557939.2 /315709.6+(-0.078)x(-1399)x1000000x1161/526401702896.407

= -4.694 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4464.7x240	1071532.5			5.143.E+09		
환산 상부바닥판		153076.1	3630.0	5.557.E+08	7.348.E+08	4.835.E+11	4.843.E+11
하부콘크리트	2171.5x490	1064055.0			2.129.E+10		
환산 하부콘크리트		152007.9	263.0	3.998.E+07	3.041.E+09	3.841.E+11	3.872.E+11
합성전		197481.3	1698.6	3.354.E+08	3.709.E+11	4.690.E+09	3.756.E+11
계		502565.2		9.311.E+08			1.247.E+12

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 931085941/502565.2 = 1852.7 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4464.7x240	1071532.5			5.143.E+09		
환산 상부바닥판		76538.0	3630.0	2.778.E+08	3.674.E+08	2.690.E+11	2.694.E+11
하부콘크리트	2171.5x490	1064055.0			2.129.E+10	3.278.E+12	3.299.E+12
환산 하부콘크리트		88671.3	263.0	2.332.E+07	3.041.E+09	1.974.E+11	2.005.E+11
합성전		197481.3	1698.6	3.354.E+08	3.709.E+11	6.326.E+08	3.716.E+11
계		362690.6		6.366.E+08			8.414.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) =$ 14

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1' / 2) = 7 \times (1 + 1.53 / 2) =$ 12

$\Phi_1' = \Phi_1 - \Phi_1'(60,30) = 2.00 - 0.47 =$ 1.53

- 도심 : ydv1 = 636595344.6/362690.6 = 1755.2 mm

Ydv1tcu = 1755.2 - 3750 = -1994.8 mm

Ydv1tcl = 1755.2 - 3510 = -1754.8 mm

Ydv1bcu = 1755.2 - 508 = 1247.2 mm

Ydv1bcl = 1755.2 - 18 = 1737.2 mm

Ydv1su = 1755.2 - 3491 = -1735.8 mm

Ydv1sl = 1755.2 mm

Dvs1 = 1852.7 - 1698.6 = 154.1 mm

Dv1 = 1777.3 + 154.1 = 1931.4 mm

Ddvtc = 1852.7 - 3630 = -1777.3 mm

Ddvbc = 1852.7 - 263 = 1589.7 mm

Ddvtc1 = 1755.2 - 3630 = -1874.8 mm

Ddvbc1 = 1755.2 - 263 = 1492.2 mm

Av1 = As +Ac/n1 = 274019.3 mm^2

dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1391.929 mm

ds1 = dv - dc1 = 539.471 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= -10579.89x1000000/(7x1247093440264.8)x(-1777.3)x1071532.5 = 2,308,077 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= -10579.89x1000000/(7x1247093440264.8)x(1589.7)x1064055 = - 2,050,045 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2308076.5x2x2/(2+2) = 2,308,077 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1'/(2 + Φ_1') = -2050044.9x2x1.53/(2+1.53) = - 1,777,093 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1

= 2308076.5x (-1874.8) /1000000 + -1777092.7x 1492.2/1000000 = -6979.0 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2308076.5 + -1777092.7)/362690.6+(-0.078)x(-6979)x1000000x(-2477.6)/841449546059

= -0.139 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2308076.5+-1777093)/362691+(-0.078)x(-6979)x1000000x1247/841449546059)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.679)

= 2.512 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2308076.5+-1777093)/362691+(-0.078)x(-6979)x1000000x1737/841449546059)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.679)

= 2.538 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2308076.5 + -1777092.7)/362690.6+(-0.078)x(-6979)x1000000x(-1735.8)/841449546058.649

= 0.341 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2308076.5 + -1777092.7)/362690.6+(-0.078)x(-6979)x1000000x1755.2/841449546058.649

= 2.600 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2171.5x490	1064055.0			2.129.E+10	1.522.E+12	1.543.E+12
환산 하부콘크리트		106405.5	263.0	2.798.E+07	3.041.E+09	9.260.E+10	9.565.E+10
합성전		197481.3	1698.6	3.354.E+08	3.709.E+11	4.990.E+10	4.209.E+11
계		303886.8		3.634.E+08			5.165.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.936 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.936**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000011

- 도심 : ysv2 = 363426382.7/303886.8 = 1195.9 mm

Ysv2bcu = 1195.9 - 508 = 687.9 mm Ysv2su = 1195.9 - 3491 = -2295.1 mm

Ysv2bcl = 1195.9 - 18 = 1177.9 mm Ysv2sl = 1195.9 mm

Dsvbc1 = 1195.9 - 263 932.9 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.000011x1064055 = - 239,944 N

Ddvbc = 1195.9 - 263 = 933 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-239944.4) x 932.9 / 1000000

= -223.8 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-239944)/303887+(-0.078)x-224x1000000x688/516497016176)-20500x(-0.000011)

= 0.1 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-239944)/303887+(-0.078)x-224x1000000x1178/516497016176)-20500x(-0.000011)

= 0.2 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -239944.4 /303886.8+(-0.078)x-223.8x1000000x(-2295.1)/516497016176.318

= -0.867 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -239944.4 /303886.8+(-0.078)x-223.8x1000000x1195.9/516497016176.318

= -0.749 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	4464.7x240	1071532.5			5.143.E+09		
환산상부바닥판	0.000	51025.4	3630.0	1.852.E+08	2.449.E+08	1.737.E+11	1.740.E+11
하부콘크리트	2171.5x490	1064055.0			2.129.E+10	3.390.E+12	3.411.E+12
환산 하부콘크리트		50669.3	263.0	1.333.E+07	1.014.E+09	1.174.E+11	1.184.E+11
합성전		197481.3	1698.6	3.354.E+08	3.709.E+11	1.471.E+09	3.724.E+11
계		299175.9	0.0	5.340.E+08			6.647.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 533989804.8/299175.9 = 1784.90 mm

Ydv2bcu = 1784.9 - 508 = 1276.9 mm Ydv2su = 1784.9 - 3491 = -1706.1 mm

Ydv2bcl = 1784.9 - 18 = 1766.9 mm Ydv2sl = 1784.9 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1071532.5 = - 2,824,252 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1064055 = - 2,804,544 N

Ddv = 1784.9 - 3630 = - 1,845 mm

Ddvbc = 1784.9 - 263 = 1,522 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 197481.3 + 1071532.5 / 21+ 1064055 / 21 = 299,176 mm²

dc2 = dv・As / (Ac/n2 + As) = 1931.4 x 197481.3 / (1071532.5 / 21 + 197481. 1,535 mm

ds2 = dv - dc2 = 1931.4 - 1534.8 = 397 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-2824252.1 x (-1845.1) + (-2804543.6) x 1521.9] / 1000000

= 942.8 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-2824252.1 + (-2804543.6))/369544.2+(-0.078)x942.8x1000000x(-2477.6)/673932830195

= -14.961 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2824252-2804544)/299176+(-0.078)x943x1000000x1277/664744760868)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2824252-2804544)/299176+(-0.078)x943x1000000x1767/664744760868)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-2824252.1 + (-2804543.6))/299175.9+(-0.078)x942.8x1000000x(-1706.1)/664744760868.148

= -18.626 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-2824252.1 + (-2804543.6))/299175.9+(-0.078)x942.8x1000000x1784.9/664744760868.148

= -19.012 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1071532.5/7 = 3,765,671 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3765671.4x-1777.3 / 1000000 = - 6,693 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3765671.4/369544.2 + (-0.078)x(-6692.7)x(-2477.6) / 673932830195.1 - 205000 x 0.00012

= -16.329 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3765671.4/369544.2+(-0.078)x(-6692.7)x704.4/673932830195.1)-30891.1x0.000012x10

= -2.200 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3765671.4/369544.2+(-0.078)x(-6692.7)x1000000x1194.4/673932830195.1)-30891.1x0.000012x10

= -2.100 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3765671.4 /369544.2+(-0.078)x(-6692.7)x1000000x(-2278.6)/6739328301 8.425 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3765671.4 /369544.2+(-0.078)x(-6692.7)x100000x1212.4/673932830195.1 11.129 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7716112.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 904.16 x 1000 /110912 + 414.36x1000000 / (2 x 7716112x16) = 9.830 MPa

2) 단일합성시

· F = 7807095.9 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1205.18 x 1000 /110912 + 652.9x1000000 / (2 x 7807095.9x16) = 13.479 MPa

3) 이중합성시

· F = 7847206.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1757.63 x 1000 /110912 + 2463.39x1000000 / (2 x 7847206.2x16) = 25.657 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 2) = 13.8 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 50.0mm ⓑ b/(44xixn) = 25.0mm ⓒ b/(80xixn) = 13.8mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -58.9 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 4) = 12.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 25.0mm ⓑ b/(44xixn) = 12.5mm ⓒ b/(80xixn) = 6.9mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -185.5 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3466 / (281 x 1.2 = 10.279

여기서, √(fca/fc) = √(230/82.531) = 1.499 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.174) = 3466 / (281 x 1 = 10.506

여기서, √(fca/fc) = √(185.511/134.658) 1.174 < 1.2 1.17 적용

∴ t_min = 10.506 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	49.5	287.5	-46.7	-73.6
	2	-	-	-5.0	-16.0	130.3	230.0	-82.5	-185.5
	3	95.4	160.0	-10.0	-16.0	211.7	230.0	-134.7	-185.5
	4	80.3	160.0	-5.8	-16.0	193.4	230.0	-155.8	-185.5
	5	64.0	184.0	-7.9	-18.4	201.9	264.5	-144.6	-213.3
	6	96.6	184.0	-3.7	-18.4	185.0	264.5	-166.9	-213.3
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.172	0.635	9.830	168.8	0.06	0.41
	2	-	0.314	0.566	0.445	23.309	135.0	0.17	0.35
	3	0.596	0.626	0.921	0.726	48.966	135.0	0.36	0.98
	4	0.502	0.361	0.841	0.840	48.966	135.0	0.36	0.84
	5	0.348	0.428	0.763	0.678	48.966	155.3	0.32	0.68
	6	0.525	0.200	0.699	0.782	48.966	155.3	0.32	0.71

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	137.6	400.0	-14.45	-24.0	308.7	380.0	-200.7	-380.0
	2	170.3	400.0	-10.25	-24.0	291.8	380.0	-223.0	-380.0
	3	152.7	400.0	-18.69	-24.0	327.0	380.0	-184.3	-380.0
	4	155.5	400.0	-14.49	-24.0	310.1	380.0	-206.6	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.860		< 1.0		∴ O.K.	

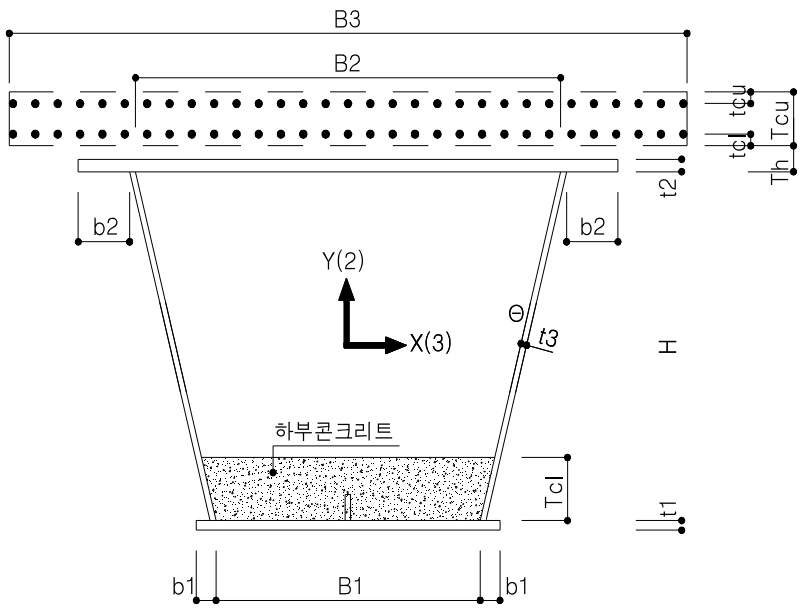
◎ 이중합성구간 < 단면 11 > 단면위치: 17,J지점 (외측거더) <폐합단면>

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16699

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3700
t1	22
t2	26
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	600
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2621	상부바닥판	4443	n(상부)	7
하부리브	220	20	1	하부플랜지	2321	하부슬래브	2121	n'(하부)	7

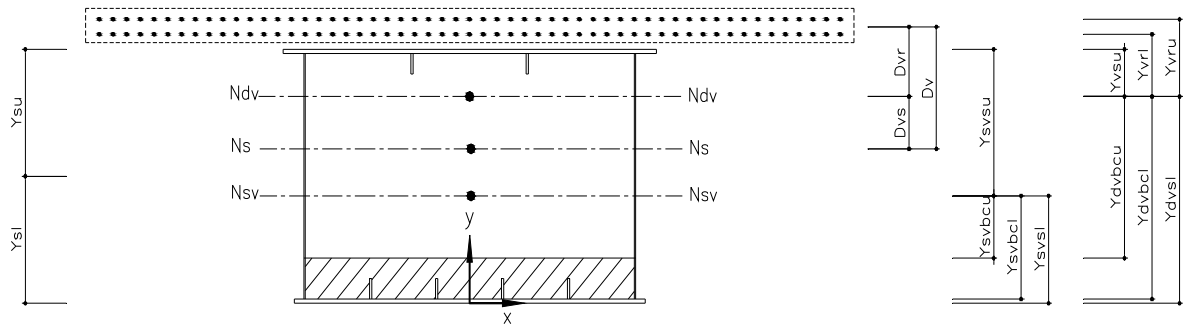
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-17372.1	-27503.5	-15990.6	-21042.6	-486.3	-82395.0
전단력, S (kN)	1410.3	1689.3	985.3	1487.5	12.1	5584.5
비틀림, T (kN-m)	-23.4	-27.0	66.9	-1961.0	-4.3	-1948.75

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm²)	y (mm)	As·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Is (mm⁴)
상부플랜지	2620.5×26×1	68,134	3,735	2.545.E+08	3.838.E+06	2.069.E+11	2.069.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,662	1.055.E+07	3.456.E+06	8.030.E+09	8.034.E+09
복부판	3,700.0×16×2	118,400	1,872	2.216.E+08	1.351.E+11	1.711.E+09	1.368.E+11
하부리브	220×20×1	4,400	132	5.808.E+05	1.775.E+07	1.523.E+10	1.524.E+10
하부플랜지	2320.5×22×1	51,052	11	5.616.E+05	2.059.E+06	2.004.E+11	2.004.E+11
계		244,865		4.878.E+08			5.674.E+11

- 도심 : ys = 487812723/244865.1 = 1992.2 mm

Ysu = 1992.2 - 3748 = -1755.8 mm

Ysl = 1992.2 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -17,372.1x1000000 x (-1755.8) / 567398722756 = 53.757 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -17,372.1x1000000 x 1992.2/567398722756 = -60.995 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
하부콘크리트	2120.5x600	1272313.0			3.82.E+10		
환산 하부콘크리트		181759.0	322.0	5.85.E+07	5.45.E+09	1.67.E+11	1.72.E+11
STEEL		244865.1	1992.2	4.88.E+08	5.67.E+11	1.24.E+11	6.91.E+11
계		426624.1		5.46.E+08			8.64.E+11

- 도심 : ysv = 546346650/426624.1 = 1280.6 mm n' = 7

Ysvbcu = 1280.6 - 622 = 658.6 mm Ysvsu = 1280.6-3748= -2467.4 mm

Ysvbcl = 1280.6 - 22 = 1258.6 mm Ysvsl = 1280.6 mm

Dsvbc = 1280.6 - 322 = 958.6 mm

- 하부콘크리트 응력 :

· fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -27503.48x1000000x658.6/(7x863865832397) = -2.995 MPa

· fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -27503.48x1000000x1258.6/(7x863865832397) = -5.724 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -27503.48x1000000 x (-2467.4) / 863865832397 = 78.556 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -27503.48x1000000 x 1280.6/863865832397 = -40.771 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	3858.0	7.737.E+07		1.215.E+11	1.215.E+11
단일합성시		426624.1	1280.6	5.463.E+08	8.639.E+11	5.711.E+09	8.696.E+11
계		446679.1		6.237.E+08			9.911.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 623707012/446679.1 = 1396 mm
  Atc = 4443x240 = 1066319 mm^2
  Abc = 2120.5x600 = 1272313 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1396.3-3928 = -2531.7 mm Ddvr = 1396.3 - 3858 = -2461.7 mm
Ydvrcl = 1396.3-3788 = -2391.7 mm Ddvbc = 1396.3 - 322 = 1235.3 mm
Ydvbcu = 1396.3-622 = 774.3 mm Ddvs = 1396.3 - 1992.2 = -595.9 mm
Ydvbcl = 1396.3-22 = 1374.3 mm Ddv = 2461.7 + (-595.9) = 1865.8 mm
Ydvsu = 1396.3-3735 = -2338.7 mm
Ydvsl = 1396.3 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-15,990.6x1000000x(-2531.7)/(1x991109467624)= 40.846 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -15,990.6x1000000x774.3/(7x991109467624)= -1.785 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -15,990.6x1000000x1374.3/(7x991109467624)= -3.168 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -15990.57x1000000 x (-2338.7)/991109467624 = 37.733 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -15990.57x1000000 x 1396.3/991109467624 = -22.528 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -21042.6x1000000x(-2531.7)/(1x991109467624)= 53.751 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -21042.6x1000000x774.3/(7x991109467624)= -2.348 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -21042.6x1000000x1374.3/(7x991109467624)= -4.168 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -21042.6x1000000 x (-2338.7)/991109467624 = 49.654 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -21042.6x1000000 x 1396.3/991109467624 = -29.645 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -486.3x1000000x(-2531.7)/(1x991109467624)= 1.242 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -486.3x1000000x774.3/(7x991109467624)= -0.054 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -486.3x1000000x1374.3/(7x991109467624)= -0.096 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -486.3x1000000 x (-2338.7) / 991109467624= 1.148 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -486.3x1000000 x 1396.3/991109467624= -0.685 MPa

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2120.5x600	1272313.0			3.817.E+10	2.426.E+12	2.464.E+12
환산 하부콘크리트		141368.1	322.0	4.552.E+07	5.453.E+09	1.585.E+11	1.640.E+11
합성전		244865.1	1992.2	4.878.E+08	5.674.E+11	9.150.E+10	6.589.E+11
계		386233.2		5.333.E+08			8.229.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.461 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.461** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 533340784/386233.2 = 1380.9 mm

Ysv1bcu = 1380.9 - 622 = 758.9 mm Ysv1su = 1380.9 - 3735 = -2354.1 mm

Ysv1bcl = 1380.9 - 22 = 1358.9 mm Ysv1sl = 1380.9 mm

Dsvbc1 = 1380.9 - 322 1058.9 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -27503.48x1000000/(7x863865832397)x(958.6)x1272313 = - 5,547,211 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -5547211.2x2x0.461/(2+0.461) = - 2,078,232 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -2078231.9x 1058.9/1000000 = -2200.6 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu / Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+ Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2078232/386233+(-0.167)x(-2200.6)x1000000x759/822866276514)-0.461/(1+0.461/2)x(-2.995)

= 0.562 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-2078232/386233+(-0.167)x(-2200.6)x1000000x1359/822866276514)-0.461/(1+0.461/2)x(-5.724)

= 1.614 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -2078231.9 /386233.2+(-0.167)x(-2200.6)x1000000x(-2354.1)/822866276513.938

= -6.432 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -2078231.9 /386233.2+(-0.167)x(-2200.6)x1000000x1380.9/822866276513.938

= -4.764 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4443x240	1066318.5			5.118.E+09		
환산 상부바닥판		152331.2	3868.0	5.892.E+08	7.312.E+08	5.537.E+11	5.545.E+11
하부콘크리트	2120.5x600	1272313.0			3.817.E+10		
환산 하부콘크리트		181759.0	322.0	5.853.E+07	5.453.E+09	4.885.E+11	4.940.E+11
합성전		244865.1	1992.2	4.878.E+08	5.674.E+11	2.323.E+08	5.676.E+11
계		578955.3		1.136.E+09			1.616.E+12

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 1135563787/578955.3 = 1961.4 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4443x240	1066318.5			5.118.E+09		
환산 상부바닥판		76165.6	3868.0	2.946.E+08	3.656.E+08	2.914.E+11	2.917.E+11
하부콘크리트	2120.5x600	1272313.0			3.817.E+10	4.652.E+12	4.690.E+12
환산 하부콘크리트		106026.1	322.0	3.414.E+07	5.453.E+09	2.681.E+11	2.735.E+11
합성전		244865.1	1992.2	4.878.E+08	5.674.E+11	1.571.E+09	5.690.E+11
계		427056.8		8.166.E+08			1.134.E+12

- 탄성계수비: n1 = n x (1 + Φ_1 / 2) = 7 x (1 + 2 / 2) = 14

n1' = n'x (1 + Φ_1 '/ 2) = 7 x (1 + 1.54 / 2) = 12

Φ_1 ' = Φ_1 -Φ_1 '(60,30) = 2.00 - 0.46 = 1.54

- 도심 : ydv1 = 816569219.5/427056.8 = 1912.1 mm

Ydv1tcu = 1912.1 - 3988 = -2075.9 mm

Ydv1tcl = 1912.1 - 3748 = -1835.9 mm

Ydv1bcu = 1912.1 - 622 = 1290.1 mm

Ydv1bcl = 1912.1 - 22 = 1890.1 mm

Ydv1su = 1912.1 - 3735 = -1822.9 mm

Ydv1sl = 1912.1 mm

Dvs1 = 1961.4 - 1992.2 = -30.8 mm

Dv1 = 1906.6 + -30.8 = 1875.8 mm

Ddvtc = 1961.4 - 3868 = -1906.6 mm

Ddvbc = 1961.4 - 322 = 1639.4 mm

Ddvtc1 = 1912.1 - 3868 = -1955.9 mm

Ddvbc1 = 1912.1 - 322 = 1590.1 mm

Av1 = As +Ac/n1 = 321030.7 mm^2

dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1430.760 mm

ds1 = dv - dc1 = 445.040 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= -15990.57x1000000/(7x1616059127440.1)x(-1906.6)x1066318.5 = 2,873,791 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= -15990.57x1000000/(7x1616059127440.1)x(1639.4)x1272313 = - 2,948,408 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2873791.1x2x2/(2+2) = 2,873,791 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 '/(2 + Φ_1 ') = -2948407.8x2x1.54/(2+1.54) = - 2,565,281 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1

= 2873791.1x (-1955.9) /1000000 + -2565281.4x 1590.1/1000000 = -9699.9 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2873791.1 + -2565281.4)/427056.8+(-0.167)x(-9699.9)x1000000x(-2531.7)/1134241346259

= -2.893 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2873791.1+-2565281)/427057+(-0.167)x(-9699.9)x1000000x1290/1134241346259)-1.5/(1+1.5/2)x(-3.168)

= 2.970 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2873791.1+-2565281)/427057+(-0.167)x(-9699.9)x1000000x1890/1134241346259)-1.5/(1+1.5/2)x(-3.168)

= 3.041 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2873791.1 + -2565281.4)/427056.8+(-0.167)x(-9699.9)x1000000x(-1822.9)/1134241346259.23

= -1.881 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2873791.1 + -2565281.4)/427056.8+(-0.167)x(-9699.9)x1000000x1912.1/1134241346259.23

= 3.453 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2120.5x600	1272313.0			3.817.E+10	2.569.E+12	2.608.E+12
환산 하부콘크리트		127231.3	322.0	4.097.E+07	5.453.E+09	1.537.E+11	1.592.E+11
합성전		244865.1	1992.2	4.878.E+08	5.674.E+11	7.986.E+10	6.473.E+11
계		372096.4		5.288.E+08			8.064.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.922 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.922**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000009

- 도심 : ysv2 = 528788730.8/372096.4 = 1421.1 mm

Ysv2bcu = 1421.1 - 622 = 799.1 mm Ysv2su = 1421.1 - 3735 = -2313.9 mm

Ysv2bcl = 1421.1 - 22 = 1399.1 mm Ysv2sl = 1421.1 mm

Dsvbc1 = 1421.1 - 322 1099.1 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.000009x1272313 = - 234,742 N

Ddvbc = 1421.1 - 322 = 1,099 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-234741.7) x 1099.1 / 1000000

= -258.0 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-234742)/372096+(-0.167)x-258x1000000x799/806413578864)-20500x(-0.000009)

= 0.1 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-234742)/372096+(-0.167)x-258x1000000x1399/806413578864)-20500x(-0.000009)

= 0.1 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -234741.7 /372096.4+(-0.167)x-258x1000000x(-2313.9)/806413578864.095

= -0.754 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -234741.7 /372096.4+(-0.167)x-258x1000000x1421.1/806413578864.095

= -0.555 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	4443x240	1066318.5			5.118.E+09		
환산상부바닥판	0.000	50777.1	3868.0	1.964.E+08	2.437.E+08	1.819.E+11	1.821.E+11
하부콘크리트	2120.5x600	1272313.0			3.817.E+10	4.965.E+12	5.003.E+12
환산 하부콘크리트		60586.3	322.0	1.951.E+07	1.818.E+09	1.656.E+11	1.675.E+11
합성전		244865.1	1992.2	4.878.E+08	5.674.E+11	6.829.E+07	5.675.E+11
계		356228.5	0.0	7.037.E+08			9.170.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 703734763.8/356228.5 = 1975.50 mm

Ydv2bcu = 1975.5 - 622 = 1353.5 mm Ydv2su = 1975.5 - 3735 = -1759.5 mm

Ydv2bcl = 1975.5 - 22 = 1953.5 mm Ydv2sl = 1975.5 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1066318.5 = - 2,810,510 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1272313 = - 3,353,452 N

Ddv = 1975.5 - 3868 = - 1,893 mm

Ddvbc = 1975.5 - 322 = 1,654 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 244865.1 + 1066318.5 / 21+ 1272313 / 21 = 356,229 mm²

dc2 = dv・As / (Ac/n2 + As) = 1875.8 x 244865.1 / (1066318.5 / 21 + 244865. 1,554 mm

ds2 = dv - dc2 = 1875.8 - 1553.6 = 322 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-2810509.5 x (-1892.5) + (-3353451.9) x 1653.5] / 1000000

= -226.0 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-2810509.5 + (-3353451.9))/446679.1+(-0.167)x-226x1000000x(-2531.7)/991109467624

= -13.896 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2810510-3353452)/356229+(-0.167)x-226x1000000x1354/917036077469)-9762x(-0.00027)

= 1.8 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2810510-3353452)/356229+(-0.167)x-226x1000000x1954/917036077469)-9762x(-0.00027)

= 1.8 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-2810509.5 + (-3353451.9))/356228.5+(-0.167)x-226x1000000x(-1759.5)/917036077468.733

= -17.376 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-2810509.5 + (-3353451.9))/356228.5+(-0.167)x-226x1000000x1975.5/917036077468.733

= -17.222 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1066318.5/7 = 3,747,348 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3747347.9x-1906.6 / 1000000 = - 7,145 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3747347.9/446679.1 + (-0.167)x(-7144.7)x(-2531.7) / 991109467624 - 205000 x 0.00012

= -19.258 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3747347.9/446679.1+(-0.167)x(-7144.7)x774.3/991109467624)-30891.1x0.000012x10

= -2.400 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3747347.9/446679.1+(-0.167)x(-7144.7)x1000000x1374.3/991109467624)-30891.1x0.000012x10

= -2.300 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3747347.9 /446679.1+(-0.167)x(-7144.7)x1000000x(-2338.7)/9911094676 5.574 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3747347.9 /446679.1+(-0.167)x(-7144.7)x100000x1396.3/991109467624 = 10.070 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 8252384.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1410.31 x 1000 /118400 + 23.42x1000000 / (2 x 8252384x16) = 12.000 MPa

2) 단일합성시

· F = 8363792.9 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1689.28 x 1000 /118400 + 26.96x1000000 / (2 x 8363792.9x16) = 14.368 MPa

3) 이중합성시

· F = 8403903.1 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 2472.8 x 1000 /118400 + 1894.07x1000000 / (2 x 8403903.1x16) = 27.928 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 2) = 13.8 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 50.0mm ⓑ b/(44xixn) = 25.0mm ⓒ b/(80xixn) = 13.8mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -88.0 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 4) = 12.5 mm < t = 22 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 25.0mm ⓑ b/(44xixn) = 12.5mm ⓒ b/(80xixn) = 6.9mm

t = 22 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -214.4 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3700 / (281 x 1.2 = 10.973

여기서, √(fca/fc) = √(230/101.766) = 1.451 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.158) = 3700 / (281 x 1 = 11.371

여기서, √(fca/fc) = √(214.4/159.943) 1.158 < 1.2 1.16 적용

∴ t_min = 11.371 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	53.8	287.5	-61.0	-110.0
	2	-	-	-5.7	-16.0	132.3	230.0	-101.8	-214.4
	3	95.8	160.0	-11.4	-16.0	213.7	230.0	-159.9	-214.4
	4	79.1	160.0	-6.6	-16.0	194.4	230.0	-178.5	-214.4
	5	59.8	184.0	-8.9	-18.4	200.0	264.5	-168.4	-246.6
	6	98.3	184.0	-4.3	-18.4	188.8	264.5	-188.5	-246.6
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.187	0.555	12.000	168.8	0.07	0.31
	2	-	0.358	0.575	0.475	26.368	135.0	0.20	0.37
	3	0.599	0.715	0.929	0.746	54.296	135.0	0.40	1.02
	4	0.494	0.413	0.845	0.832	54.296	135.0	0.40	0.88
	5	0.325	0.484	0.756	0.683	54.296	155.3	0.35	0.69
	6	0.534	0.234	0.714	0.765	54.296	155.3	0.35	0.71

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	132.6	400.0	-16.27	-24.0	306.9	380.0	-234.3	-380.0
	2	171.1	400.0	-11.67	-24.0	295.8	380.0	-254.5	-380.0
	3	149.4	400.0	-21.11	-24.0	326.2	380.0	-220.6	-380.0
	4	155.8	400.0	-16.51	-24.0	315.1	380.0	-240.7	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.879		< 1.0		∴ O.K.	

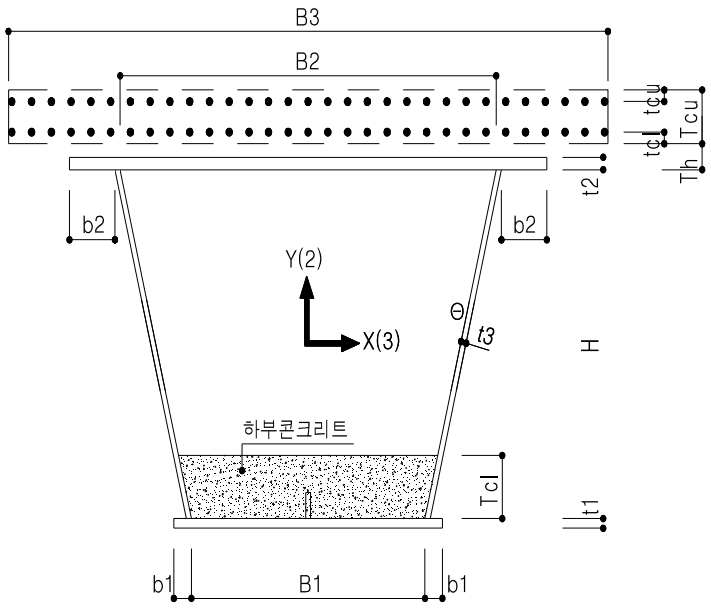
◎ 이중합성구간 < 단면 12 > 단면위치: 88,3/4지점 (외측거더) <폐합단면>

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16748

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3468
t1	18
t2	18
t3	16
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	530
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2650	상부바닥판	4459	n(상부)	7
하부리브	200	18	1	하부플랜지	2350	하부슬래브	2150	n'(하부)	7

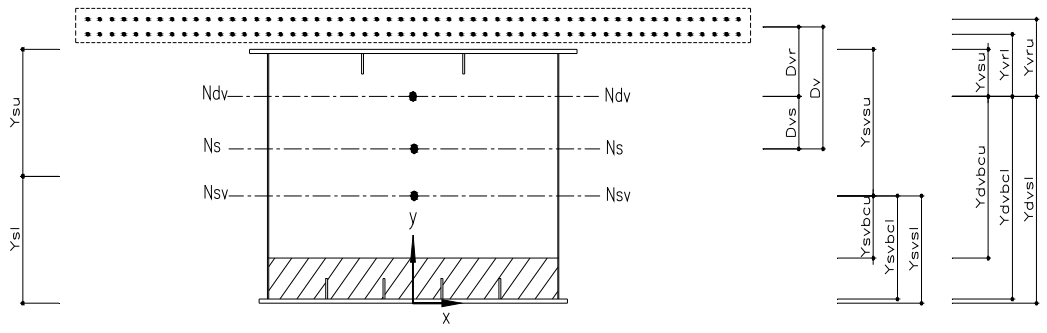
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-11355.5	-19942.7	-11717.3	-15613.3	-352.8	-58981.6
전단력, S (kN)	931.0	1149.0	677.7	1057.9	6.5	3822.2
비틀림, T (kN-m)	132.8	155.8	30.6	1267.2	8.9	1595.37

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm²)	y (mm)	As・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Is (mm⁴)
상부플랜지	2649.7×18×1	47,695	3,495	1.667.E+08	1.288.E+06	1.383.E+11	1.383.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,426	9.867.E+06	3.456.E+06	7.687.E+09	7.690.E+09
복부판	3,468.0×16×2	110,976	1,752	1.944.E+08	1.112.E+11	1.802.E+08	1.114.E+11
하부리브	200×18×1	3,600	118	4.248.E+05	1.200.E+07	1.009.E+10	1.010.E+10
하부플랜지	2349.7×18×1	42,295	9	3.807.E+05	1.142.E+06	1.345.E+11	1.345.E+11
계		207,445		3.718.E+08			4.020.E+11

- 도심 : ys = 371794561/207445 = 1792.3 mm

Ysu = 1792.3 - 3504 = -1711.7 mm

Ysl = 1792.3 mm

- 상하플랜지 응력 :

· fsu = Md1 x Ysu / Is = -11,355.5x1000000 x (-1711.7) / 401981016796.8 = 48.354 MPa

· fsl = Md1 x Ysl / Is = -11,355.5x1000000 x 1792.3/401981016796.8 = -50.631 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
하부콘크리트	2149.7x530	1139339.3			2.67.E+10		
환산 하부콘크리트		162762.8	283.0	4.61.E+07	3.81.E+09	1.16.E+11	1.20.E+11
STEEL		207445.0	1792.3	3.72.E+08	4.02.E+11	9.14.E+10	4.93.E+11
계		370207.8		4.18.E+08			6.14.E+11

- 도심 : ysv = 417865546/370207.8 = 1128.7 mm n' = 7

Ysvbcu = 1128.7 - 548 = 580.7 mm Ysvsu = 1128.7-3504= -2375.3 mm

Ysvbcl = 1128.7 - 18 = 1110.7 mm Ysvsl = 1128.7 mm

Dsvbc = 1128.7 - 283 = 845.7 mm

- 하부콘크리트 응력 :

· fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -19942.66x1000000x580.7/(7x613551867284.8) = -2.696 MPa

· fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -19942.66x1000000x1110.7/(7x613551867284.8) = -5.157 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -19942.66x1000000 x (-2375.3) / 613551867284.8 = 77.206 MPa

· fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -19942.66x1000000 x 1128.7/613551867284.8 = -36.687 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	3622.0	7.264.E+07		1.122.E+11	1.122.E+11
단일합성시		370207.8	1128.7	4.179.E+08	6.136.E+11	6.075.E+09	6.196.E+11
계		390262.8		4.905.E+08			7.318.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 490492754/390262.8 = 1257 mm
  Atc = 4459.1x240 = 1070180 mm^2
  Abc = 2149.7x530 = 1139339 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1256.8-3692 = -2435.2 mm Ddvr = 1256.8 - 3622 = -2365.2 mm
Ydvrcl = 1256.8-3552 = -2295.2 mm Ddvbc = 1256.8 - 283 = 1115.3 mm
Ydvbcu = 1256.8-548 = 708.8 mm Ddvs = 1256.8 - 1792.3 = -535.5 mm
Ydvbcl = 1256.8-18 = 1238.8 mm Ddv = 2365.2 + (-535.5) = 1829.7 mm
Ydvsu = 1256.8-3495 = -2238.2 mm
Ydvsl = 1256.8 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-11,717.3x1000000x(-2435.2)/(1x731817933108.8 38.991 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -11,717.3x1000000x708.8/(7x731817933108.8)= -1.621 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -11,717.3x1000000x1238.8/(7x731817933108.8) -2.834 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -11717.33x1000000 x (-2238.2)/731817933108.8 = 35.836 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -11717.33x1000000 x 1256.8/731817933108.8 = -20.123 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -15613.3x1000000x(-2435.2)/(1x731817933108.8 51.955 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -15613.3x1000000x708.8/(7x731817933108.8)= -2.160 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -15613.3x1000000x1238.8/(7x731817933108.8)= -3.776 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -15613.3x1000000 x (-2238.2)/731817933108.8 = 47.752 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -15613.3x1000000 x 1256.8/731817933108.8 = -26.814 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -352.8x1000000x(-2435.2)/(1x731817933108.8)= 1.174 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -352.8x1000000x708.8/(7x731817933108.8)= -0.049 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -352.8x1000000x1238.8/(7x731817933108.8)= -0.085 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -352.8x1000000 x (-2238.2) / 731817933108.8= 1.079 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -352.8x1000000 x 1256.8/731817933108.8= -0.606 MPa

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2149.7x530	1139339.3			2.667.E+10	1.697.E+12	1.723.E+12
환산 하부콘크리트		126593.3	283.0	3.583.E+07	3.810.E+09	1.112.E+11	1.150.E+11
합성전		207445.0	1792.3	3.718.E+08	4.020.E+11	6.787.E+10	4.699.E+11
계		334038.3		4.076.E+08			5.849.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.465 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.465** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 407629564.8/334038.3 = 1220.3 mm

Ysv1bcu = 1220.3 - 548 = 672.3 mm Ysv1su = 1220.3 - 3495 = -2274.7 mm

Ysv1bcl = 1220.3 - 18 = 1202.3 mm Ysv1sl = 1220.3 mm

Dsvbc1 = 1220.3 - 283 937.3 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -19942.66x1000000/(7x613551867284.8)x(845.7)x1139339.3 = - 4,474,074 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -4474074.1x2x0.465/(2+0.465) = - 1,687,987 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -1687987.4x 937.3/1000000 = -1582.2 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu / Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+ Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1687987/334038+(-0.167)x(-1582.2)x1000000x672/584879842730)-0.465/(1+0.465/2)x(-2.696)

= 0.489 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1687987/334038+(-0.167)x(-1582.2)x1000000x1202/584879842730)-0.465/(1+0.465/2)x(-5.157)

= 1.445 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -1687987.4 /334038.3+(-0.167)x(-1582.2)x1000000x(-2274.7)/584879842730.322

= -6.081 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -1687987.4 /334038.3+(-0.167)x(-1582.2)x1000000x1220.3/584879842730.322

= -4.502 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4459.1x240	1070180.2			5.137.E+09		
환산 상부바닥판		152882.9	3632.0	5.553.E+08	7.338.E+08	4.798.E+11	4.806.E+11
하부콘크리트	2149.7x530	1139339.3			2.667.E+10		
환산 하부콘크리트		162762.8	283.0	4.606.E+07	3.810.E+09	4.050.E+11	4.088.E+11
합성전		207445.0	1792.3	3.718.E+08	4.020.E+11	9.620.E+08	4.029.E+11
계		523090.6		9.731.E+08			1.292.E+12

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 973136175/523090.6 = 1860.4 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4459.1x240	1070180.2			5.137.E+09		
환산 상부바닥판		76441.4	3632.0	2.776.E+08	3.669.E+08	2.607.E+11	2.611.E+11
하부콘크리트	2149.7x530	1139339.3			2.667.E+10	3.631.E+12	3.658.E+12
환산 하부콘크리트		94944.9	283.0	2.687.E+07	3.810.E+09	2.143.E+11	2.181.E+11
합성전		207445.0	1792.3	3.718.E+08	4.020.E+11	1.046.E+07	4.020.E+11
계		378831.4		6.763.E+08			8.811.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) =$ 14

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1' / 2) = 7 \times (1 + 1.54 / 2) =$ 12

$\Phi_1' = \Phi_1 - \Phi_1'(60,30) = 2.00 - 0.47 =$ 1.54

- 도심 : ydv1 = 676308412.4/378831.4 = 1785.2 mm

Ydv1tcu = 1785.2 - 3752 = -1966.8 mm

Ydv1tcl = 1785.2 - 3512 = -1726.8 mm

Ydv1bcu = 1785.2 - 548 = 1237.2 mm

Ydv1bcl = 1785.2 - 18 = 1767.2 mm

Ydv1su = 1785.2 - 3495 = -1709.8 mm

Ydv1sl = 1785.2 mm

Dvs1 = 1860.4 - 1792.3 = 68.1 mm

Dv1 = 1771.6 + 68.1 = 1839.7 mm

Ddvtc = 1860.4 - 3632 = -1771.6 mm

Ddvbc = 1860.4 - 283 = 1577.4 mm

Ddvtc1 = 1785.2 - 3632 = -1846.8 mm

Ddvbc1 = 1785.2 - 283 = 1502.2 mm

Av1 = As +Ac/n1 = 283886.4 mm^2

dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1344.328 mm

ds1 = dv - dc1 = 495.372 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= -11717.33x1000000/(7x1292304809717.7)x(-1771.6)x1070180.2 = 2,455,773 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= -11717.33x1000000/(7x1292304809717.7)x(1577.4)x1139339.3 = - 2,327,880 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2455773.1x2x2/(2+2) = 2,455,773 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1'/(2 + Φ_1') = -2327879.9x2x1.54/(2+1.54) = - 2,025,387 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1

= 2455773.1x (-1846.8) /1000000 + -2025387x 1502.2/1000000 = -7577.9 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2455773.1 + -2025387)/378831.4+(-0.167)x(-7577.9)x1000000x(-2435.2)/881138167136

= -2.361 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2455773.1+-2025387)/378831+(-0.167)x(-7577.9)x1000000x1237/881138167136)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.834)

= 2.708 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2455773.1+-2025387)/378831+(-0.167)x(-7577.9)x1000000x1767/881138167136)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.834)

= 2.772 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2455773.1 + -2025387)/378831.4+(-0.167)x(-7577.9)x1000000x(-1709.8)/881138167136.214

= -1.320 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2455773.1 + -2025387)/378831.4+(-0.167)x(-7577.9)x1000000x1785.2/881138167136.214

= 3.700 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2149.7x530	1139339.3			2.667.E+10	1.801.E+12	1.827.E+12
환산 하부콘크리트		113933.9	283.0	3.224.E+07	3.810.E+09	1.081.E+11	1.119.E+11
합성전		207445.0	1792.3	3.718.E+08	4.020.E+11	5.940.E+10	4.614.E+11
계		321378.9		4.040.E+08			5.733.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.93 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.930**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000010

- 도심 : ysv2 = 404046975.7/321378.9 = 1257.2 mm

Ysv2bcu = 1257.2 - 548 = 709.2 mm Ysv2su = 1257.2 - 3495 = -2237.8 mm

Ysv2bcl = 1257.2 - 18 = 1239.2 mm Ysv2sl = 1257.2 mm

Dsvbc1 = 1257.2 - 283 974.2 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.00001x1139339.3 = - 233,565 N

Ddvbc = 1257.2 - 283 = 974 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-233564.6) x 974.2 / 1000000

= -227.5 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-233565)/321379+(-0.167)x-228x1000000x709/573319943749)-20500x(-0.00001)

= 0.1 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-233565)/321379+(-0.167)x-228x1000000x1239/573319943749)-20500x(-0.00001)

= 0.1 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -233564.6 /321378.9+(-0.167)x-227.5x1000000x(-2237.8)/573319943749.415

= -0.875 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -233564.6 /321378.9+(-0.167)x-227.5x1000000x1257.2/573319943749.415

= -0.643 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	4459.1x240	1070180.2			5.137.E+09		
환산상부바닥판	0.000	50961.0	3632.0	1.851.E+08	2.446.E+08	1.654.E+11	1.657.E+11
하부콘크리트	2149.7x530	1139339.3			2.667.E+10	3.817.E+12	3.843.E+12
환산 하부콘크리트		54254.3	283.0	1.535.E+07	1.270.E+09	1.299.E+11	1.312.E+11
합성전		207445.0	1792.3	3.718.E+08	4.020.E+11	2.996.E+08	4.023.E+11
계		312660.2	0.0	5.722.E+08			6.991.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 572247840.6/312660.2 = 1830.30 mm

Ydv2bcu = 1830.3 - 548 = 1282.3 mm Ydv2su = 1830.3 - 3495 = -1664.7 mm

Ydv2bcl = 1830.3 - 18 = 1812.3 mm Ydv2sl = 1830.3 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1070180.2 = - 2,820,688 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1139339.3 = - 3,002,971 N

Ddv = 1830.3 - 3632 = - 1,802 mm

Ddvbc = 1830.3 - 283 = 1,547 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 207445 + 1070180.2 / 21+ 1139339.3 / 21 = 312,660 mm²

dc2 = dv・As / (Ac/n2 + As) = 1839.7 x 207445 / (1070180.2 / 21 + 207445) = 1,477 mm

ds2 = dv - dc2 = 1839.7 - 1476.9 = 363 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-2820687.9 x (-1801.7) + (-3002971.4) x 1547.3] / 1000000

= 435.5 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-2820687.9 + (-3002971.4))/390262.8+(-0.167)x435.5x1000000x(-2435.2)/731817933109

= -14.680 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2820688-3002971)/312660+(-0.167)x436x1000000x1282/699112855352)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2820688-3002971)/312660+(-0.167)x436x1000000x1812/699112855352)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-2820687.9 + (-3002971.4))/312660.2+(-0.167)x435.5x1000000x(-1664.7)/699112855352.194

= -18.453 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-2820687.9 + (-3002971.4))/312660.2+(-0.167)x435.5x1000000x1830.3/699112855352.194

= -18.817 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1070180.2/7 = 3,760,919 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3760919x-1771.6 / 1000000 = - 6,663 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3760919/390262.8 + (-0.167)x(-6662.8)x(-2435.2) / 731817933108.8 - 205000 x 0.00012

= -18.666 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3760919/390262.8+(-0.167)x(-6662.8)x708.8/731817933108.8)-30891.1x0.000012x10

= -2.200 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3760919/390262.8+(-0.167)x(-6662.8)x1000000x1238.8/731817933108.8)-30891.1x0.000012x10

= -2.100 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3760919 /390262.8+(-0.167)x(-6662.8)x1000000x(-2238.2)/731817933108 6.234 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3760919 /390262.8+(-0.167)x(-6662.8)x100000x1256.8/731817933108.8 = 11.548 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 7724976.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 931.01 x 1000 /110976 + 132.76x1000000 / (2 x 7724976x16) = 8.926 MPa

2) 단일합성시

· F = 7823387.2 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1148.99 x 1000 /110976 + 155.81x1000000 / (2 x 7823387.2x16) = 10.976 MPa

3) 이중합성시

· F = 7863497.4 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1735.64 x 1000 /110976 + 1297.88x1000000 / (2 x 7863497.4x16) = 20.798 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 2) = 13.8 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 50.0mm ⓑ b/(44xixn) = 25.0mm ⓒ b/(80xixn) = 13.8mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -58.9 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 4) = 12.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 25.0mm ⓑ b/(44xixn) = 12.5mm ⓒ b/(80xixn) = 6.9mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -185.5 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3468 / (281 x 1.2 = 10.285

여기서, √(fca/fc) = √(230/87.318) = 1.458 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.151) = 3468 / (281 x 1 = 10.723

여기서, √(fca/fc) = √(185.511/140.006) 1.151 < 1.2 1.15 적용

∴ t_min = 10.723 < t = 16.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	48.4	287.5	-50.6	-73.6
	2	-	-	-5.2	-16.0	125.6	230.0	-87.3	-185.5
	3	92.1	160.0	-10.3	-16.0	203.3	230.0	-140.0	-185.5
	4	75.1	160.0	-5.8	-16.0	183.5	230.0	-159.6	-185.5
	5	56.4	184.0	-7.9	-18.4	189.7	264.5	-148.1	-213.3
	6	93.7	184.0	-3.7	-18.4	177.3	264.5	-171.2	-213.3
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.168	0.688	8.926	168.8	0.05	0.48
	2	-	0.322	0.546	0.471	19.902	135.0	0.15	0.32
	3	0.576	0.644	0.884	0.755	40.7	135.0	0.30	0.87
	4	0.469	0.365	0.798	0.860	40.7	135.0	0.30	0.83
	5	0.307	0.431	0.717	0.694	40.7	155.3	0.26	0.58
	6	0.509	0.203	0.670	0.802	40.7	155.3	0.26	0.71

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	126.7	400.0	-14.59	-24.0	292.0	380.0	-206.0	-380.0
	2	164.0	400.0	-10.39	-24.0	279.5	380.0	-229.1	-380.0
	3	143.7	400.0	-19.06	-24.0	311.8	380.0	-190.9	-380.0
	4	149.3	400.0	-14.86	-24.0	299.3	380.0	-214.0	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.820		< 1.0		∴ O.K.	

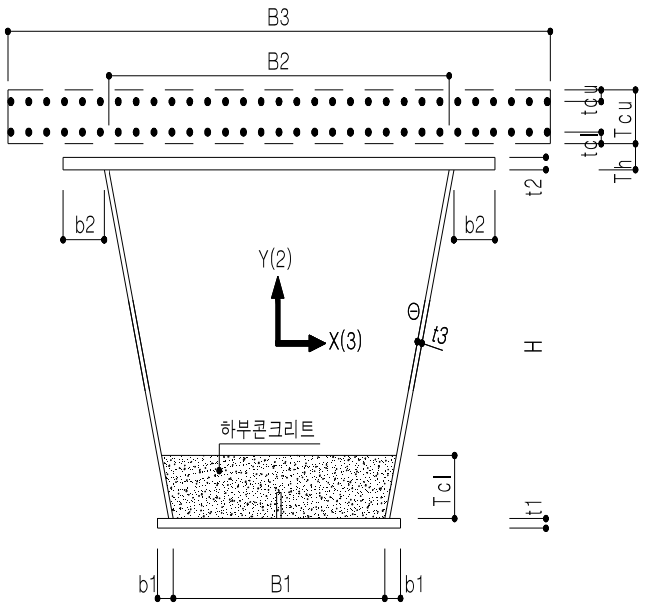
◎ 이중합성구간 < 단면 13 > 단면위치: 88,I지점 (외측거더) <폐합단면>

(1) 설계조건

상부바닥판, fck	27 MPa	크리프계수(Φ_1)	2
상부바닥판, Ec	27804 MPa	건조수축계수(Φ_2)	4
하부콘크리트, fck	40 MPa	온도변화(Δt)	10
하부콘크리트, Ec	30891 MPa	온도팽창율(α)	0.000012
사용강종	HSB500	건조수축율(εs)	0.00027
강재 탄성계수, Es	205,000	2차 부정정력 영향계수, k	-0.16736

※ 부호규약 : (+) 인장, (-) 압축

(2) 단면제원



※ 구조해석시 전단면, 응력검토시 유효폭 고려 Θ=0.000°

단면제원(mm)	
B1	2200
B2	2200
B3	4500
H	3109
t1	18
t2	18
t3	14
tr	0
Tcu	240
Th	26
Tcl	470
b1	100
b2	250
피복두께(mm)	
tcu	60
tcl	40

보강리브 제원(mm)				유효폭 제원 (mm)					
상부리브	120	12	2	상부플랜지	2666	상부바닥판	4471	n(상부)	7
하부리브	200	18	1	하부플랜지	2366	하부슬래브	2166	n'(하부)	7

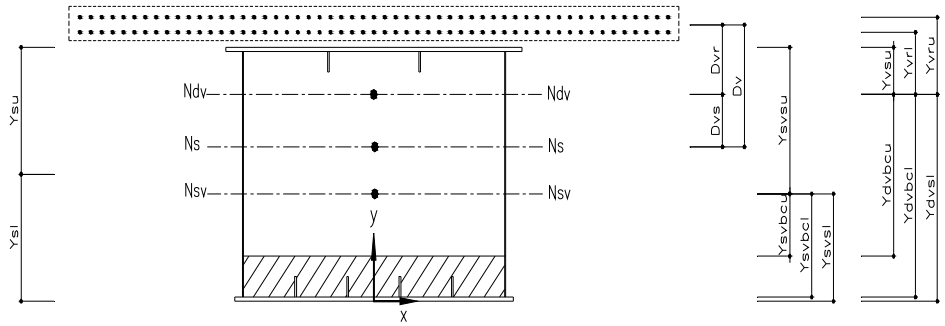
(3) 작용하중

구 분	합성전	단일합성	이중합성		지점침하	합 계
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	
모멘트, M (kN-m)	-8179.0	-15767.9	-9254.8	-12659.3	-327.9	-46188.9
전단력, S (kN)	739.5	1039.6	613.5	953.0	6.5	3352.1
비틀림, T (kN-m)	132.8	137.6	96.3	1228.3	8.9	1603.93

※ DL1 = 강재+하부콘크리트 자중, DL2 = 상부바닥판 자중, DL3 = 2차 고정하중

※ LL = 차량활하중 + 풍하중, SET = 지점침하

(4) 휨응력 산정



Ns: 합성전 도심, Nsv: 단일합성시 도심, Ndv:이중합성시 도심

1) 합성전 : (DL1)

구분	단면	As (mm²)	y (mm)	As·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Is (mm⁴)
상부플랜지	2666.1×18×1	47,989	3,136	1.505.E+08	1.296.E+06	1.113.E+11	1.113.E+11
상부리브	120×12×2	2,880	3,067	8.833.E+06	3.456.E+06	6.086.E+09	6.090.E+09
복부판	3,109.0×14×2	87,052	1,573	1.369.E+08	7.012.E+10	1.449.E+08	7.026.E+10
하부리브	200×18×1	3,600	118	4.248.E+05	1.200.E+07	8.049.E+09	8.061.E+09
하부플랜지	2366.1×18×1	42,589	9	3.833.E+05	1.150.E+06	1.096.E+11	1.096.E+11
계		184,110		2.970.E+08			3.053.E+11

- 도심 : ys = 297023835/184110 = 1613.3 mm
  Ysu = 1613.3 - 3145 = -1531.7 mm
  Ysl = 1613.3 mm
- 상하플랜지 응력 :
  · fsu = Md1 x Ysu / Is = -8,179.0x1000000 x (-1531.7) / 305300477195.3 = 41.034 MPa
  · fsl = Md1 x Ysl / Is = -8,179.0x1000000 x 1613.3/305300477195.3 = -43.220 MPa

2) 단일합성 : (DL2)

구분	단면	Asv (mm²)	y (mm)	Asv·y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Isv (mm⁴)
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.87.E+10		
환산 하부콘크리트		145435.2	253.0	3.68.E+07	2.68.E+09	8.40.E+10	8.67.E+10
STEEL		184110.0	1613.3	2.97.E+08	3.05.E+11	6.63.E+10	3.72.E+11
계		329545.2		3.34.E+08			4.58.E+11

- 도심 : ysv = 333819769/329545.2 = 1013.0 mm n' = 7
  Ysvbcu = 1013 - 488 = 525.0 mm Ysvsu = 1013-3145= -2132.0 mm
  Ysvbcl = 1013 - 18 = 995.0 mm Ysvsl = 1013.0 mm
  Dsvbc = 1013 - 253 = 760.0 mm
- 하부콘크리트 응력 :
  · fsvbcu = Md2xYsvbcu/(n'xIsv) = -15767.92x1000000x525/(7x458326964451.3) = -2.580 MPa
  · fsvbcl = Md2xYsvbcl/(n'xIsv) = -15767.92x1000000x995/(7x458326964451.3) = -4.890 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fvsu = Md2 x Ysvsu /Isv = -15767.92x1000000 x (-2132) / 458326964451.3 = 73.348 MPa
  · fvsl = Md2 x Ysvsl / Isv = -15767.92x1000000 x 1013/458326964451.3 = -34.850 MPa

3) 이중합성 : (DL3, LL, SET)

구분	단면	Asv (mm^2)	y (mm)	Asv·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad² (mm^4)	Isv (mm^4)
상부바닥판 철근	H19x70	20055.0					
환산바닥판 철근		20055.0	3263.0	6.544.E+07		9.021.E+10	9.021.E+10
단일합성시		329545.2	1013.0	3.338.E+08	4.583.E+11	5.492.E+09	4.638.E+11
계		349600.2		3.993.E+08			5.540.E+11

- 2차 모멘트 계수 : k = -0.167
- 도심 : Ydv = 399268753/349600.2 = 1142 mm
  Atc = 4470.6x240 = 1072939 mm^2
  Abc = 2166.1x470 = 1018046 mm^2
- 탄성계수비: ns = 205000/200000 = 1
  n = 7 n' = 7

Ydvru = 1142.1-3333 = -2190.9 mm Ddvr = 1142.1 - 3263 = -2120.9 mm
Ydvrcl = 1142.1-3193 = -2050.9 mm Ddvbc = 1142.1 - 253 = 1015.6 mm
Ydvbcu = 1142.1-488 = 654.1 mm Ddvs = 1142.1 - 1613.3 = -471.2 mm
Ydvbcl = 1142.1-18 = 1124.1 mm Ddv = 2120.9 + (-471.2) = 1649.7 mm
Ydvsu = 1142.1-3136 = -1993.9 mm
Ydvsl = 1142.1 mm

① 고정하중 (DL3) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)=-9,254.8x1000000x(-2190.9)/(1x554031169811.3) 36.598 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -9,254.8x1000000x654.1/(7x554031169811.3)= -1.561 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -9,254.8x1000000x1124.1/(7x554031169811.3)= -2.682 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -9254.753x1000000 x (-1993.9)/554031169811.3 = 33.307 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -9254.753x1000000 x 1142.1/554031169811.3 = -19.078 MPa

② 활하중 (LL) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -12659.3x1000000x(-2190.9)/(1x554031169811.3 50.061 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -12659.3x1000000x654.1/(7x554031169811.3)= -2.135 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -12659.3x1000000x1124.1/(7x554031169811.3)= -3.669 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu / Iv = -12659.3x1000000 x (-1993.9)/554031169811.3 = 45.559 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl / Iv = -12659.3x1000000 x 1142.1/554031169811.3 = -26.096 MPa

③ 지점침하 (SET) :

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :
  · fdvru = Md3 x Ydvru/(ns x Iv)= -327.9x1000000x(-2190.9)/(1x554031169811.3)= 1.297 MPa
  · fdvbcu = Md3 x Ydvbcu/(n' x Iv)= -327.9x1000000x654.1/(7x554031169811.3)= -0.055 MPa
  · fdvbcl = Md3 x Ydvbcl/(n' x Iv)= -327.9x1000000x1124.1/(7x554031169811.3)= -0.095 MPa
- 상하플랜지 응력 :
  · fdvsu = Md3 x Ydvsu/Iv= -327.9x1000000 x (-1993.9) / 554031169811.3= 1.180 MPa
  · fdvsl = Md3 x Ydvsl/Iv= -327.9x1000000 x 1142.1/554031169811.3= -0.676 MPa

4) 크리프 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.874.E+10	1.222.E+12	1.241.E+12
환산 하부콘크리트		113116.3	253.0	2.862.E+07	2.677.E+09	8.031.E+10	8.299.E+10
합성전		184110.0	1613.3	2.970.E+08	3.053.E+11	4.934.E+10	3.546.E+11
계		297226.3		3.256.E+08			4.376.E+11

- 탄성계수비:n1-60' = n'x (1 + Φ_1 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.469 / 2) = 9

Φ_1 '(60,30) = **0.469** (하부콘크리트의 바닥판양생시까지의 크리프계수)

- 도심 : ysv1 = 325643078.5/297226.3 = 1095.6 mm

Ysv1bcu = 1095.6 - 488 = 607.6 mm Ysv1su = 1095.6 - 3136 = -2040.4 mm

Ysv1bcl = 1095.6 - 18 = 1077.6 mm Ysv1sl = 1095.6 mm

Dsvbc1 = 1095.6 - 253 842.6 mm

① 1차고정하중 의한 크리프 효과:

· Nbc = Md2 / (n' x Idsv) x (-Dsvbc) x Abc

= -15767.92x1000000/(7x458326964451.3)x(760)x1018046.4 = - 3,802,613 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = -3802613x2x0.469/(2+0.469) = - 1,444,654 N

· Mv1 = Pbv1 x Dsvbc1

= -1444654.1x 842.6/1000000 = -1217.3 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fv1bcu = 1/n1-60' x (Pbv1/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcu / Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+ Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1444654/297226+(-0.167)x(-1217.3)x1000000x608/437631317862)-0.469/(1+0.469/2)x(-2.58)

= 0.471 MPa

· fv1bcl = 1/n1-60' x ((Ptv1+Pbv1)/Asv1+k x Mv1 x Ysv1bcl/Isv1)- Φ_1 (60,30)/(1+Φ_1 (60,30)/2) x fbc

= 1/9x(-1444654/297226+(-0.167)x(-1217.3)x1000000x1078/437631317862)-0.469/(1+0.469/2)x(-4.89)

= 1.373 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1su / Isv1

= -1444654.1 /297226.3+(-0.167)x(-1217.3)x1000000x(-2040.4)/437631317861.677

= -5.808 MPa

· fv1sl = +Pbc1 / Asv1 + k x Mv1 x Ysv1sl / Isv1

= -1444654.1 /297226.3+(-0.167)x(-1217.3)x1000000x1095.6/437631317861.677

= -4.352 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4470.6x240	1072938.6			5.150.E+09		
환산 상부바닥판		153276.9	3273.0	5.017.E+08	7.357.E+08	3.647.E+11	3.655.E+11
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.874.E+10		
환산 하부콘크리트		145435.2	253.0	3.680.E+07	2.677.E+09	3.174.E+11	3.201.E+11
합성전		184110.0	1613.3	2.970.E+08	3.053.E+11	2.525.E+09	3.078.E+11
계		482822.1		8.355.E+08			9.934.E+11

- 탄성계수비: n = 7 n' = 7

- 도심 : yv1 = 835495203/482822.1 = 1730.4 mm

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
상부바닥판	4470.6x240	1072938.6			5.150.E+09		
환산 상부바닥판		76638.5	3273.0	2.508.E+08	3.679.E+08	2.025.E+11	2.029.E+11
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.874.E+10	2.763.E+12	2.782.E+12
환산 하부콘크리트		84837.2	253.0	2.146.E+07	2.677.E+09	1.650.E+11	1.676.E+11
합성전		184110.0	1613.3	2.970.E+08	3.053.E+11	2.141.E+08	3.055.E+11
계		345585.7		5.693.E+08			6.760.E+11

- 탄성계수비: $n1 = n \times (1 + \Phi_1 / 2) = 7 \times (1 + 2 / 2) =$ 14

$n1' = n' \times (1 + \Phi_1' / 2) = 7 \times (1 + 1.53 / 2) =$ 12

$\Phi_1' = \Phi_1 - \Phi_1'(60,30) = 2.00 - 0.47 =$ 1.53

- 도심 : ydv1 = 569326191.6/345585.7 = 1647.4 mm

Ydv1tcu = 1647.4 - 3393 = -1745.6 mm

Ydv1tcl = 1647.4 - 3153 = -1505.6 mm

Ydv1bcu = 1647.4 - 488 = 1159.4 mm

Ydv1bcl = 1647.4 - 18 = 1629.4 mm

Ydv1su = 1647.4 - 3136 = -1488.6 mm

Ydv1sl = 1647.4 mm

Dvs1 = 1730.4 - 1613.3 = 117.1 mm

Dv1 = 1542.6 + 117.1 = 1659.7 mm

Ddvtc = 1730.4 - 3273 = -1542.6 mm

Ddvbc = 1730.4 - 253 = 1477.4 mm

Ddvtc1 = 1647.4 - 3273 = -1625.6 mm

Ddvbc1 = 1647.4 - 253 = 1394.4 mm

Av1 = As +Ac/n1 = 260748.5 mm^2

dc1 = dv x As / (Ac/n1+As)= 1171.886 mm

ds1 = dv - dc1 = 487.814 mm

② 2차고정하중 의한 크리프 효과:

- 2차 고정하중에 의한 바닥판 작용축력 :

· Ntc = Md3 / (n x Idv) x Ddvtc x Atc

= -9254.753x1000000/(7x993421069403.3)x(-1542.6)x1072938.6 = 2,202,732 N

· Nbc = Md3 / (n' x Idv) x (-Ddvbc) x Abc

= -9254.753x1000000/(7x993421069403.3)x(1477.4)x1018046.4 = - 2,001,701 N

- 합성단면에 발생하는 축력 및 휨모멘트 :

· Ptv1 = Ntc x 2 x Φ_1 /(2 + Φ_1) = 2202731.8x2x2/(2+2) = 2,202,732 N

· Pbv1 = Nbc x 2 x Φ_1'/(2 + Φ_1') = -2001700.5x2x1.53/(2+1.53) = - 1,735,185 N

· Mv1 = Ptv1 x Ddvtc1 + Pbv1 x Ddvbc1

= 2202731.8x (-1625.6) /1000000 + -1735185.1x 1394.4/1000000 = -6000.3 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv1ru = (Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydvru / (Idv1)

= (2202731.8 + -1735185.1)/345585.7+(-0.167)x(-6000.3)x1000000x(-2190.9)/676035907796

= -1.895 MPa

· fv1bcu = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcu / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2202731.8+-1735185)/345586+(-0.167)x(-6000.3)x1000000x1159/676035907796)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.682)

= 2.581 MPa

· fv1bcl = 1/n1' x ((Ptv1+Pbv1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1bcl / Idv1) - Φ_1 '/ (1 + Φ_1 '/2) xfbc

= 1/12x((2202731.8+-1735185)/345586+(-0.167)x(-6000.3)x1000000x1629/676035907796)-1.5/(1+1.5/2)x(-2.682)

= 2.639 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv1su = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1su / Idv1

= (2202731.8 + -1735185.1)/345585.7+(-0.167)x(-6000.3)x1000000x(-1488.6)/676035907795.556

= -0.854 MPa

· fv1sl = (Ptv1+Pbc1) / Adv1 + k x Mv1 x Ydv1sl / Idv1

= (2202731.8 + -1735185.1)/345585.7+(-0.167)x(-6000.3)x1000000x1647.4/676035907795.556

= 3.795 MPa

5) 건조수축 :

- 단일합성시

구분	단면	Av1 (mm^2)	y (mm)	Av1·y (mm^3)	Ix (mm^4)	Ad^2 (mm^4)	Iv1 (mm^4)
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.874.E+10	1.297.E+12	1.316.E+12
환산 하부콘크리트		101804.6	253.0	2.576.E+07	2.677.E+09	7.810.E+10	8.078.E+10
합성전		184110.0	1613.3	2.970.E+08	3.053.E+11	4.320.E+10	3.485.E+11
계		285914.6		3.228.E+08			4.293.E+11

- 탄성계수비:n2-60' = n'x (1 + Φ_2 (60,30)/ 2) = 7 x (1 + 0.938 / 2) = 10

Φ_2 ' = 2 x Φ_1 '(60,30) = **0.938**

건조수축변형률 εs (60,30) = 0.000012

- 도심 : ysv2 = 322781236.9/285914.6 = 1128.9 mm

Ysv2bcu = 1128.9 - 488 = 640.9 mm Ysv2su = 1128.9 - 3136 = -2007.1 mm

Ysv2bcl = 1128.9 - 18 = 1110.9 mm Ysv2sl = 1128.9 mm

Dsvbc1 = 1128.9 - 253 875.9 mm

Ec2' = Es / n2' = 205000/10 = 20500.0 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Pbv2 = Ec2'x εs (60,30) x Abc = -20500x0.000012x1018046.4 = - 250,439 N

Ddvbc = 1128.9 - 253 = 876 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Pbv2 x Ddvbc

= (-250439.4) x 875.9 / 1000000

= -219.4 kN-m

- 하부콘크리트 응력 :

· fsv2bcu = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcu / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-250439)/285915+(-0.167)x-219x1000000x641/429282488040)-20500x(-0.000012)

= 0.2 MPa

· fsv2bcl = 1/n2' x (Pbv2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2bcl / Isv2) - Ec2' x εs

= 1/10x(-250439)/285915+(-0.167)x-219x1000000x1111/429282488040)-20500x(-0.000012)

= 0.2 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2su / Isv2

= -250439.4 /285914.6+(-0.167)x-219.4x1000000x(-2007.1)/429282488040.373

= -1.047 MPa

· fv2sl = Pbc2 / Asv2 + k x Mv2 x Ysv2sl / Isv2

= -250439.4 /285914.6+(-0.167)x-219.4x1000000x1128.9/429282488040.373

= -0.780 MPa

- 이중합성시

구분	단면	Av1 (mm²)	y (mm)	Av1・y (mm³)	Ix (mm⁴)	Ad² (mm⁴)	Iv1 (mm⁴)
상부바닥판	4470.6x240	1072938.6			5.150.E+09		
환산상부바닥판	0.000	51092.3	3273.0	1.672.E+08	2.452.E+08	1.297.E+11	1.299.E+11
하부콘크리트	2166.1x470	1018046.4			1.874.E+10	2.873.E+12	2.891.E+12
환산 하부콘크리트		48478.4	253.0	1.227.E+07	8.924.E+08	9.869.E+10	9.958.E+10
합성전		184110.0	1613.3	2.970.E+08	3.053.E+11	8.142.E+08	3.061.E+11
계		283680.7	0.0	4.765.E+08			5.356.E+11

- 탄성계수비:n2 = n x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

n2' = n'x (1 + Φ_2 / 2) = 7 x (1 + 4 / 2) = 21

- 도심 : ydv2 = 476514842.9/283680.7 = 1679.80 mm

Ydv2bcu = 1679.8 - 488 = 1191.8 mm Ydv2su = 1679.8 - 3136 = -1456.2 mm

Ydv2bcl = 1679.8 - 18 = 1661.8 mm Ydv2sl = 1679.8 mm

Ec2 = Es / n2 = 205000/21 = 9761.9 MPa

Ec2' = Es / n2' = 205000/21 = 9761.9 MPa

- 합성단면에 발생하는 축력 :

Ptv2 = Ec2 x εs x Atc = -9761.9x0.00027x1072938.6 = - 2,827,958 N

Pbv2 = Ec2'x εs x Abc = -9761.9x0.00027x1018046.4 = - 2,683,278 N

Ddv = 1679.8 - 3273 = - 1,593 mm

Ddvbc = 1679.8 - 253 = 1,427 mm

Av2 = As + Acu/n2+ Acl/n2' = 184110 + 1072938.6 / 21+ 1018046.4 / 21 = 283,681 mm²

dc2 = dv・As / (Ac/n2 + As) = 1659.7 x 184110 / (1072938.6 / 21 + 184110) = 1,299 mm

ds2 = dv - dc2 = 1659.7 - 1299.2 = 361 mm

- 합성단면에 발생하는 휨모멘트 :

· Mv2 = Ptv2 x Ddv + Pbv2 x Ddvbc

= [-2827958.2 x (-1593.2) + (-2683278.1) x 1426.8] / 1000000

= 677.0 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv2ru = ((Ptv2+Pbv2) / Av + k x Mv2 x Ydvru / Iv)

= (-2827958.2 + (-2683278.1))/349600.2+(-0.167)x677x1000000x(-2190.9)/554031169811

= -15.317 MPa

· fv2bcu = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcu / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2827958-2683278)/283681+(-0.167)x677x1000000x1192/535629527856)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

· fv2bcl = 1/n2' x ((Ptv2+Pbv2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2bcl / Idv2) - Ec2' x εs

= 1/21x((-2827958-2683278)/283681+(-0.167)x677x1000000x1662/535629527856)-9762x(-0.00027)

= 1.7 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv2su = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2su / Idv2

= (-2827958.2 + (-2683278.1))/283680.7+(-0.167)x677x1000000x(-1456.2)/535629527855.667

= -19.120 MPa

· fv2sl = (Ptv2+Pbc2) / Adv2 + k x Mv2 x Ydv2sl / Idv2

= (-2827958.2 + (-2683278.1))/283680.7+(-0.167)x677x1000000x1679.8/535629527855.667

= -19.782 MPa

6) 온도변화 :

- 합성단면에 발생하는 축력 :

· Ptv3 = Es x α x Δt x Atc / n = 205000x0.000012x10x1072938.6/7 = 3,770,613 N

· Mv3 = Ptv3 x Ddvr = 3770612.8x-1542.6 / 1000000 = - 5,817 kN-m

- 상부철근 및 하부콘크리트 응력 :

· fv3ru = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvru / Iv - Es· εt

= 3770612.8/349600.2 + (-0.167)x(-5816.5)x(-2190.9) / 554031169811.3 - 205000 x 0.00012

= -17.656 MPa

· fv3bcu = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcu / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3770612.8/349600.2+(-0.167)x(-5816.5)x654.1/554031169811.3)-30891.1x0.000012x10

= -2.000 MPa

· fv3bcl = 1/n' x (Ptv3 / Av + k x Mv3 x Yv3bcl / Iv) - Ec' x α x Δt

= 1/7x(3770612.8/349600.2+(-0.167)x(-5816.5)x1000000x1124.1/554031169811.3)-30891.1x0.000012x10

= -1.900 MPa

- 상하플랜지 응력 :

· fv3su = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsu / Iv

= 3770612.8 /349600.2+(-0.167)x(-5816.5)x1000000x(-1993.9)/5540311698 7.290 MPa

· fv3sl = Ptv3 / Av + k x Mv3 x Ydvsl / Iv

= 3770612.8 /349600.2+(-0.167)x(-5816.5)x100000x1142.1/554031169811.3 12.788 MPa

(5) 전단 및 비틀림 응력산정

1) 합성전

· F = 6923178.0 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 739.55 x 1000 /87052 + 132.76x1000000 / (2 x 6923178x14) = 9.180 MPa

2) 단일합성시

· F = 7010369.5 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1039.57 x 1000 /87052 + 137.62x1000000 / (2 x 7010369.5x14) = 12.643 MPa

3) 이중합성시

· F = 7050443.6 mm²

· τ = S / Aw + T / (2 x F x t3)

= 1566.47 x 1000 /87052 + 1324.63x1000000 / (2 x 7050443.6x14) = 24.705 MPa

(6) 허용응력검토 (☞ 도.설.기 3.4.2)

1) 철근의 허용응력 : (SD400)

- 허용인장응력 : ∴ frta = 160.0 MPa
- 허용압축응력 : ∴ frca = 180.0 MPa

2) 하부콘크리트 콘크리트의 허용응력 :

구분	하중의 조합	허용응력 (MPa)
1	하부 슬래브로서의 작용	0.4fck
2	주하중+바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	1.항의 15% 증가

- 허용압축응력 :

∴ fcca = 0.4 x fck = - 0.4 x 40 = -16.0 MPa

- 허용인장응력 :

∴ fcta = 0.07 x fck = 0.07 x 40 = 2.8 MPa > 2.5 MPa

이므로, 2.5 MPa

3) 강재의 허용응력 : (HSB500)

구분	하중의 조합		증가율 (%)	
			정의 휨모멘트	부의 휨모멘트
1	크리프와 건조수축의 영향을 제외한 주하중		0	0
2	주하중	압축연	15	0
		인장연	0	0
3	주하중 + 바닥판콘크리트와 강재들보와의 온도차	압축연	30	15
		인장연	15	15

① 인장 상부플랜지의 허용응력 :

∴ fsua = 230.0 MPa

② 압축 하부플랜지의 합성전 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 2 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (80 x 1 x 2) = 13.8 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성전 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 50.0mm ⓑ b/(44xixn) = 25.0mm ⓒ b/(80xixn) = 13.8mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla1 = -[220,000x((txixn) / b)^2] = -58.9 MPa

③ 압축 하부플랜지의 합성후 허용응력 : (보강된 판)

- 최소두께 검토 :

b = 2200.0 mm (보강된 판의 폭) i = 1 (응력구배계수)

n = 4 (종방향 보강재에 의해서 구분되는 패널의 수)

t_min = 2200 / (44 x 1 x 4) = 12.5 mm < t = 18 mm ∴ O.K.

- 합성후 허용응력

ⓐ b/(22xixn) = 25.0mm ⓑ b/(44xixn) = 12.5mm ⓒ b/(80xixn) = 6.9mm

t = 18 mm 이므로, ∴ fsla2 = -[230 - 5.2 x (b/(txixn) - 22)] = -185.5 MPa

4) 복부판의 최소두께 검토 : (수평보강재 사용단수 : 2 단)

- 합성전 : t_min = b / (281 x 1.2) = 3109 / (281 x 1.2 = 9.220

여기서, √(fca/fc) = √(230/78.07) = 1.541 > 1.2 1.20 적용

- 합성후 : t_min = b / (281 x 1.199) = 3109 / (281 x 1 = 9.228

여기서, √(fca/fc) = √(185.511/129.052) 1.199 < 1.2 1.20 적용

∴ t_min = 9.228 < t = 14.0 mm ∴ O.K.

5) 허용응력 하중조합 :

휨응력조합	하중조합
1	합성전단계 : 강거더자중+하부콘크리트 자중
2	단일합성단계: 1 + 상부바닥판 자중
3	이중합성단계: 2 + (2차고정하중) + (활하중) + (지점침하)
4	이중합성단계: 3 + (크리프) + (건조수축)
5	이중합성단계: 4 + (온도차)
6	이중합성단계: 4 - (온도차)

6) 허용응력 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	허용응력	하연응력	허용응력	상연응력	허용응력	하연응력	허용응력
휨응력	1	-	-	-	-	41.0	287.5	-43.2	-73.6
	2	-	-	-4.9	-16.0	114.4	230.0	-78.1	-185.5
	3	88.0	160.0	-9.8	-16.0	187.6	230.0	-129.1	-185.5
	4	70.7	160.0	-5.4	-16.0	167.6	230.0	-149.4	-185.5
	5	53.1	184.0	-7.3	-18.4	174.9	264.5	-136.6	-213.3
	6	88.4	184.0	-3.5	-18.4	160.3	264.5	-162.2	-213.3
허용전단응력		(허용응력 할증되지 않은 값)				135.0			
최대 허용응력비		(f/fa)_max							
합성응력 검토		$(f/fa)^2 + (\tau/\tau a)^2$							

7) 합성응력검토

구분		상부바닥판	하부콘크리트	상부플랜지	하부플랜지	전단응력	허용전단응력	전단응력비	합성응력검토
휨응력	1	-	-	0.143	0.587	9.180	168.8	0.05	0.35
	2	-	0.306	0.497	0.421	21.823	135.0	0.16	0.27
	3	0.550	0.610	0.816	0.696	46.528	135.0	0.34	0.78
	4	0.442	0.339	0.729	0.805	46.528	135.0	0.34	0.77
	5	0.289	0.398	0.661	0.640	46.528	155.3	0.30	0.53
	6	0.480	0.192	0.606	0.760	46.528	155.3	0.30	0.67

(7) 항복에 대한 안전도 검사 (☞ 도.설.기 3.9.3.2)

1) 항복응력 :

- 철근 : fy = 400.0 MPa
- 하부콘크리트 : fcy = 3 / 5 x 40 = 24.0 MPa
- 강재 : (HSB500) fy = 380.0 MPa

2) 극한하중 하중조합 :

휨응력조합	계수하중 하중조합
1	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
2	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차 +1.0 x (건조수축+크리프)
3	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) + 1.0 x 온도차
4	1.3 x (고정하중) + 2.15 x (활하중) - 1.0 x 온도차

3) 극한하중 검토결과 : (단위: MPa)

구분		RE-BAR		CONCRETE		STEEL			
		상부바닥판		하부콘크리트		상부플랜지		하부플랜지	
		상연응력	항복응력	하연응력	항복응력	상연응력	항복응력	하연응력	항복응력
휨응력	1	120.3	400.0	-13.72	-24.0	270.4	380.0	-190.7	-380.0
	2	155.7	400.0	-9.92	-24.0	255.8	380.0	-216.3	-380.0
	3	137.6	400.0	-18.06	-24.0	290.4	380.0	-174.7	-380.0
	4	141.3	400.0	-14.26	-24.0	275.8	380.0	-200.3	-380.0
최대 항복응력비		(f/fy)_max		= 0.764		< 1.0		∴ O.K.	

5.4 응력검토 요약

< 지간중앙부 >

(단면) 1-1 (위치) 104,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	16.00	12.00	49.59	0.88	0.80	0.59
허용치	15.60	10.03	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.03	1.20	2.72	1.13	1.51	1.69
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 2-1 (위치) 103,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	22.00	12.00	39.06	0.77	0.66	0.73
허용치	15.60	9.20	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.41	1.30	3.46	1.29	1.81	1.36
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 3-1 (위치) 102,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	22.00	12.00	29.84	0.89	0.84	0.85
허용치	15.60	10.02	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.41	1.20	4.52	1.12	1.43	1.18
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 4-1 (위치) 99,J지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	26.00	12.00	10.13	0.90	0.81	0.85
허용치	15.60	10.12	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.67	1.19	13.33	1.11	1.48	1.17
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 5-1 (위치) 98,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	22.00	12.00	22.96	0.90	0.85	0.86
허용치	15.60	10.00	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.41	1.20	5.88	1.11	1.42	1.16
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 6-1 (위치) 96,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	18.00	12.00	37.00	0.90	0.89	0.88
허용치	15.60	9.99	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.15	1.20	3.65	1.11	1.35	1.13
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 17-1 (위치) 80,2/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	상부플랜지	복부판				
발생치	16.00	12.00	10.42	0.91	0.83	0.76
허용치	15.60	8.48	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.03	1.41	12.95	1.10	1.45	1.32
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

< 교번구간 >

(단면) 7-1 (위치) 93,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	12.00	14.00	48.61	0.81	0.75	0.60
허용치	10.00	9.34	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.20	1.50	2.78	1.24	1.60	1.67
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 8-1 (위치) 92,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	14.00	51.86	0.76	0.73	0.76
허용치	10.00	9.50	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.80	1.47	2.60	1.31	1.65	1.31
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 9-1 (위치) 92,I지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	16.00	47.79	0.83	0.82	0.80
허용치	10.00	10.60	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.80	1.51	2.82	1.20	1.47	1.25
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 14-1 (위치) 87,I지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	14.00	44.12	0.88	0.88	0.85
허용치	10.00	8.88	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.80	1.58	3.06	1.14	1.36	1.18
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 15-1 (위치) 86,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	12.00	50.26	0.86	0.87	0.84
허용치	10.00	7.95	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.80	1.51	2.69	1.17	1.37	1.19
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 16-1 (위치) 84,3/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	12.00	12.00	43.86	0.71	0.58	0.48
허용치	10.00	7.46	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.20	1.61	3.08	1.42	2.07	2.09
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

< 이중합성부 :폐합단면>

(단면) 10-1 (위치) 91,1/4지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	16.00	48.97	0.92	0.98	0.86
허용치	13.80	10.51	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.30	1.52	2.76	1.09	1.23	1.16
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 11-1 (위치) 17,J지점 (외측거더)

구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	22.00	16.00	54.30	0.93	1.02	0.88
허용치	13.80	11.37	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.59	1.41	2.49	1.08	1.17	1.14
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

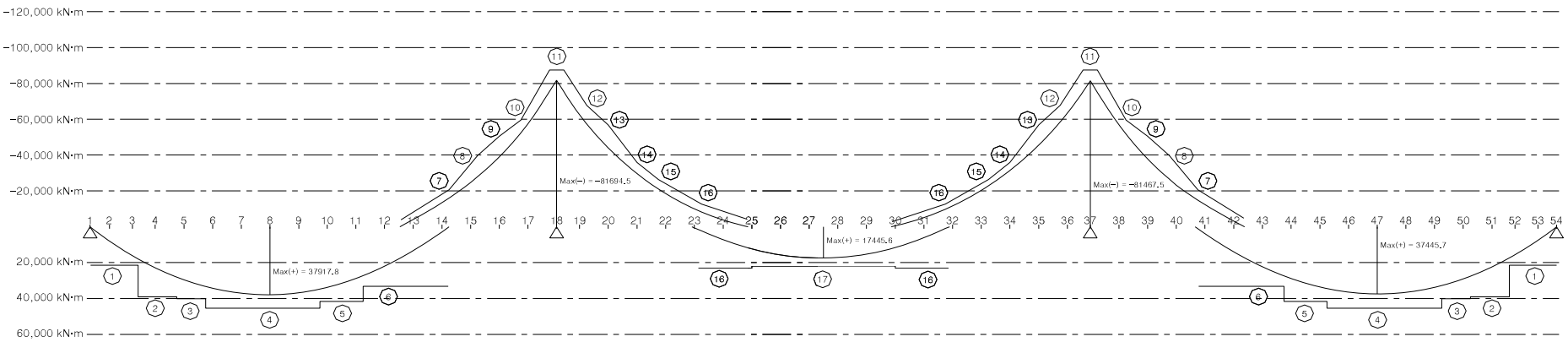
(단면) 12-1 (위치) 88,3/4지점 (외측거더)

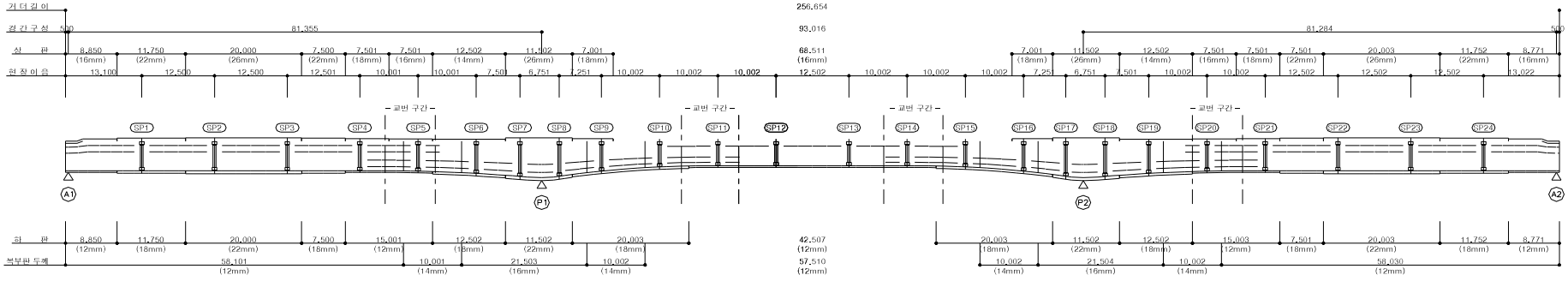
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	16.00	40.70	0.88	0.87	0.82
허용치	13.80	10.72	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.30	1.49	3.32	1.13	1.38	1.22
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

(단면) 13-1 (위치) 88,I지점 (외측거더)

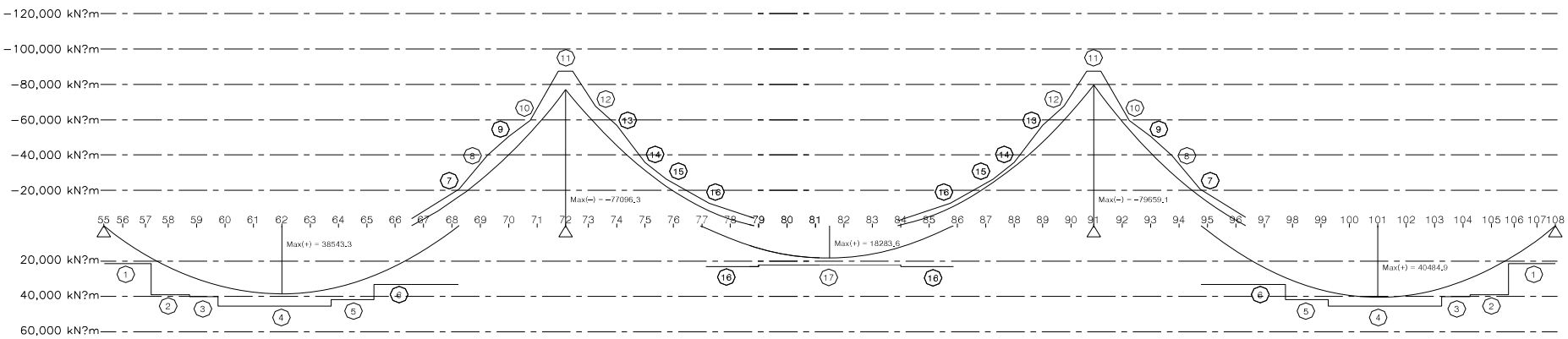
구 분	최소두께 (mm)		전단응력	허용응력비	합성응력비	항복응력비
	하부플랜지	복부판				
발생치	18.00	14.00	46.53	0.82	0.78	0.76
허용치	13.80	9.23	135.00	1.00	1.20	1.00
안전율	1.30	1.52	2.90	1.23	1.53	1.31
판정	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K	∴ O.K

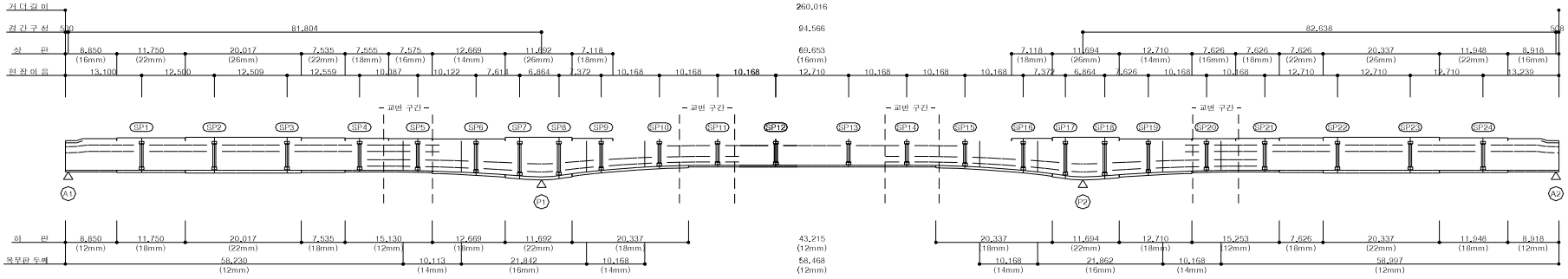
< 단면요약도 : Girder-1 >





< 단면요약도 : Girder-2 >





6. 이음부 설계

6.1 정모멘트구간 현장이음 설계

◎ **이음번호 < S1-1 , S24-1 > :** 103,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	5145.1	8755.1	5121.6	7544.2	93.2	12759.0	26659.2	-155.8	149.3
S(kN)	307.6	503.8	288.5	591.5	7.3	887.3	1698.7	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	-397.0	-626.1	-487.3	-1460.6	-6.0	-1953.9	-2977.0	HSB500	230
Ysl(mm)	1254.7	1254.7	2239.4				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	2.002E+11	2.002E+11	4.620E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

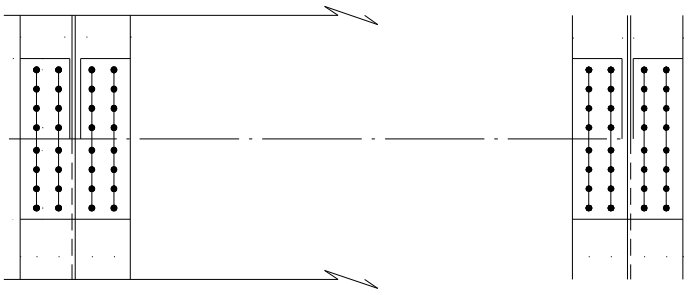
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 155.8 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	22	2	160	14	820	0	0	0	0	1	380	14	820	5	4	20



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{22 \times 500 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 16 EA ⇒ n = 20 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{22 \times 500 \times 172.5}{230.0} =$ 8250.0 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	160	×	14	×	820	=	4480.0 mm^2
0-PL	0	×	0	×	0	=	0.0 mm^2
1-PL	380	×	14	×	820	=	5320.0 mm^2
					Σ	=	9800.0 mm^2

> A_{req} = 8250.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{22 \times 500 \times 172.5}{9800.0} =$ 193.6 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 500 \times 172.5}{20\ EA} = 94875.0\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa\ O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{3.076E+05 \times 1.952E+07}{2.00154E+11} + \frac{5.038E+05 \times 1.952E+07}{2.00154E+11} \right) + \left(\frac{8.873E+05 \times 8.686E+06}{4.62010E+11} \right) \times \frac{125.0}{5\ EA} = 2395\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 500.0 × 22 × (1785.33 − 11.0) = 19517630 mm^3

  Qv1 = 500.0 × 22 × (1785.33 − 11.0) = 19517630 mm^3

  Qv2 = 500.0 × 22 × (800.63 − 11.0) = 8685930 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 2.00154E+11 mm^4 , Iv1 = 2.00154E+11 mm^4 , Iv2 = 4.62010E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (94875.0^2 + 2395.1^2) = 94905.2\ N/EA < \rho_{sa}$ O.K

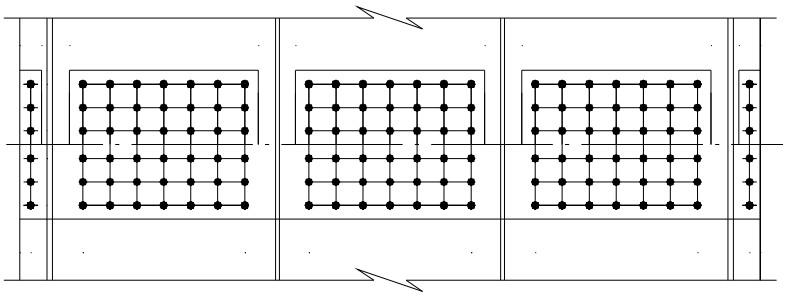
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 149.3 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	18	2	80	10	660	3	680	10	660	1	2400	10	660	4	17	68



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 60\ EA \Rightarrow n = 68\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{18 \times 2400 \times 172.5}{230.0} = 32400.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	×	10	×	660	=	1600.0 mm²
3-PL	680	×	10	×	660	=	20400.0 mm²
1-PL	2400	×	10	×	660	=	24000.0 mm²
						Σ =	46000.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 46000 − 25.0 × 10.0 × 17 열 × 2 EA

= 37500.0 mm² > A_{req} = 32400.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{18 \times 2400 \times 172.5}{37500.0} = 198.7$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2400.0 \times 172.5}{68 \ EA} = 109588.2 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2}\right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{3.076E+05 \times 5.381E+07}{2.00154E+11} + \frac{5.038E+05 \times 5.381E+07}{2.00154E+11}\right)$$

$$+ \left(\frac{8.873E+05 \times 9.635E+07}{4.62010E+11}\right) \times \frac{141.2}{4 \ EA} = 14230 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2400.0 × 18 × (1254.7 − 9.0) = 53812944 mm³

Qv1 = 2400.0 × 18 × (1254.7 − 9.0) = 53812944 mm³

Qv2 = 2400.0 × 18 × (2239.4 − 9.0) = 96351984 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.00154E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.00154E+11 mm⁴ , Iv2 = 4.62010E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 17 = 141.2 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (109588.2^2 + 14230.4^2) = 110508.4$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

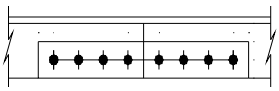
· 플랜지의 총단면적: As = 18 × 2400 = 43200.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 18 ×(2400 - 25 ×17) = 35550.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{43200.0 \times 172.5}{35550.0} = 209.6$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.5 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{230.0} =$ 1350.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1350.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{2100.00} =$ 147.9 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

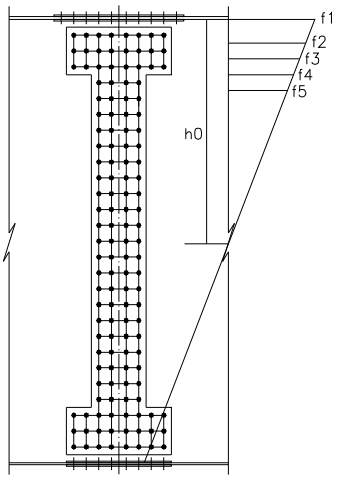
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3000	12	2200	4	280	10	2	2320	10	3	150	3	100	3	100	2	100	2	100	64

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1500 mm



f_1 = fs' = 172.500 MPa

f_2 = f_1 ·(ho - 150)/ho = 155.250 MPa

f_3 = f_1 ·(ho - 250)/ho = 143.750 MPa

f_4 = f_1 ·(ho - 350)/ho = 132.250 MPa

f_5 = f_1 ·(ho - 450)/ho = 120.750 MPa

f_6 = f_1 ·(ho - 550)/ho = 109.250 MPa

제1열 : $\frac{172.50 + 155.25}{2}$ × 150.0 × 12.0 / 3EA = 98325 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{155.25 + 143.75}{2}$ × 100.0 × 12.0 / 3EA = 59800 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{143.75 + 132.25}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 3EA = 55200$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{132.25 + 120.75}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 75900$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{120.75 + 109.25}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 69000$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{1698.7 \times 1000}{2} + \frac{2977.0 \times 1000000}{2 \times 2212.0} \right) / 64\ EA = 23786$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{98325^2 + 23786^2} = 101161.0$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1500.0 - 1254.7)^2 = 29166725120$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1254.7 - 1500.0)^2 = 29166725120$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (2239.4 - 1500.0)^2 = 46680047888$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 5145.1 \times \frac{2.917E+10}{2.002E+11} = 749.8$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 8755.1 \times \frac{2.917E+10}{2.002E+11} = 1275.8$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 12759.0 \times \frac{4.668E+10}{4.620E+11} = 1289.1$ kN·m

여기서,

Ms = 5145.1 kN·m, Mv1 = 8755.1 kN·m, Mv2 = 12759.0 kN·m

Is = 2.002E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.002E+11 mm⁴ , Iv2 = 4.620E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1300.0	14560000.00	18928000000.0	73173333.3
2-PL 2320 × 10	46400.0	-	-	-	20811946666.7
Σ	57600.0			18928000000.0	20885120000.0

I = Io + AY^2 = 20885120000 + 18928000000 = 39813120000 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 39813120000 + 57600.0 ×(1500.0 − 1254.7)² = 4.328E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 39813120000 + 57600.0 ×(1254.7 − 1500.0)² = 4.328E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 39813120000 + 57600.0 ×(2239.4 − 1500.0)² = 7.130E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1785.3 mm Ysl = 1254.7 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1785.3 mm Yvl = 1254.7 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 800.6 mm Yvl = 2239.4 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{749.754 \times 1000000}{43279880193} \times 1785.3$$

$$+ \frac{1275.804 \times 1000000}{43279880193} \times 1785.330 + \frac{1289.125 \times 1000000}{71301196621} \times 800.630$$

$$= 30.928 + 52.628 + 14.475 = 98.031 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{749.754 \times 1000000}{43279880193} \times 1254.7$$

$$+ \frac{1275.804 \times 1000000}{43279880193} \times 1254.670 + \frac{1289.125 \times 1000000}{71301196621} \times 2239.370$$

$$= 21.735 + 36.985 + 40.488 = 99.208 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S2-1 , S23-1 > :** 101,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	7725.7	12799.6	7447.8	11604.6	185.8	19238.2	39763.5	-202.2	192.0
S(kN)	92.3	130.7	75.3	412.4	7.3	494.9	717.9	사용강종	허용인장,f_{sa}
T(kN-m)	-200.9	-311.2	-203.0	-952.5	-6.0	-1161.5	-1673.6	HSB500	230
Ysl(mm)	1226.8	1226.8	2184.1				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	2.279E+11	2.279E+11	5.117E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

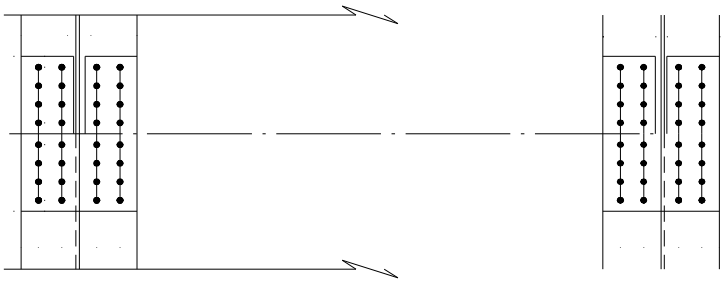
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 202.2 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 202.2 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	26	2	160	18	980	0	0	0	0	1	380	18	980	6	4	24



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{26 \times 500 \times 202.2}{126000.0} \fallingdotseq$ 21 EA ⇒ n = 24 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{26 \times 500 \times 202.2}{230.0} =$ 11428.4 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	160	×	18	×	980	=	5760.0 mm^2
0-PL	0	×	0	×	0	=	0.0 mm^2
1-PL	380	×	18	×	980	=	6840.0 mm^2
					Σ	=	12600.0 mm^2

> A_{req} = 11428.4 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{26 \times 500 \times 202.2}{12600.0} =$ 208.6 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{26 \times 500 \times 202.2}{24\ EA} = 109521.9\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left\{ \frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right\} \times \frac{p}{n} = \left\{ \frac{9.232E+04 \times 2.351E+07}{2.27936E+11} + \frac{1.307E+05 \times 2.351E+07}{2.27936E+11} \right\} + \left\{ \frac{4.949E+05 \times 1.106E+07}{5.11730E+11} \right\} \times \frac{125.0}{6\ EA} = 702\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 500.0 × 26 × (1821.16 − 13.0) = 23506093 mm^3

  Qv1 = 500.0 × 26 × (1821.16 − 13.0) = 23506093 mm^3

  Qv2 = 500.0 × 26 × (863.94 − 13.0) = 11062155 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 2.27936E+11 mm^4 , Iv1 = 2.27936E+11 mm^4 , Iv2 = 5.11730E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (109521.9^2 + 702.0^2) = 109524.1\ N/EA < \rho_{sa} \quad O.K$$

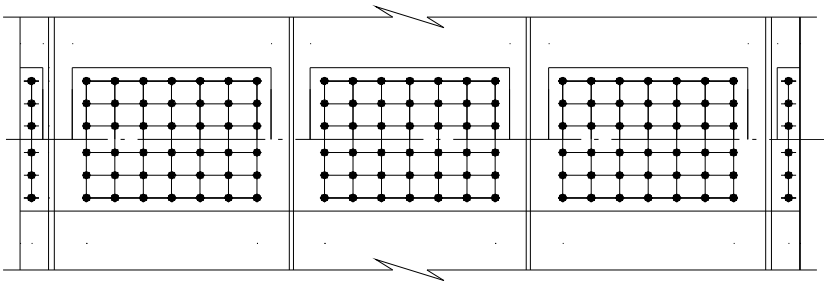
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 192.0 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 192.0 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	22	2	80	12	1300	3	680	12	1300	1	2400	12	1300	8	11	88



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{22 \times 2400 \times 192.0}{126000.0} \fallingdotseq 81\ EA \Rightarrow n = 88\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{22 \times 2400 \times 192.0}{230.0} = 44082.2 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 12	× 1300	=	1920.0	mm²
3-PL	680	× 12	× 1300	=	24480.0	mm²
1-PL	2400	× 12	× 1300	=	28800.0	mm²
				Σ =	55200.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 55200 − 25.0 × 12.0 × 11 열 × 2 EA

= 48600.0 mm² > A_{req} = 44082.2 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{22 \times 2400 \times 192.0}{48600.0} = 208.6$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$\rho_p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{22 \times 2400.0 \times 192.0}{88 \ EA} = 115214.8$ N/EA < ρ_{sa} = 126000 MPa O.K

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2}\right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{9.232E+04 \times 6.420E+07}{2.27936E+11} + \frac{1.307E+05 \times 6.420E+07}{2.27936E+11}\right)$$
$$+ \left(\frac{4.949E+05 \times 1.147E+08}{5.11730E+11}\right) \times \frac{218.2}{8 \ EA} = 4739 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2400.0 × 22 × (1226.8 − 11.0) = 64196299 mm³

Qv1 = 2400.0 × 22 × (1226.8 − 11.0) = 64196299 mm³

Qv2 = 2400.0 × 22 × (2184.1 − 11.0) = 114737832 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.27936E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.27936E+11 mm⁴ , Iv2 = 5.11730E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 11 = 218.2 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (115214.8^2 + 4739.3^2) = 115312.2$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

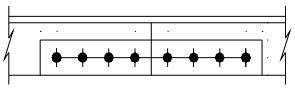
· 플랜지의 총단면적: As = 22 × 2400 = 52800.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 22 ×(2400 - 25 ×11) = 46750.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{52800.0 \times 192.0}{46750.0} = 216.9$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 192.0}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.7 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 192.0}{230.0}$ = 1502.8 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1502.8 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 192.0}{2100.00}$ = 164.6 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

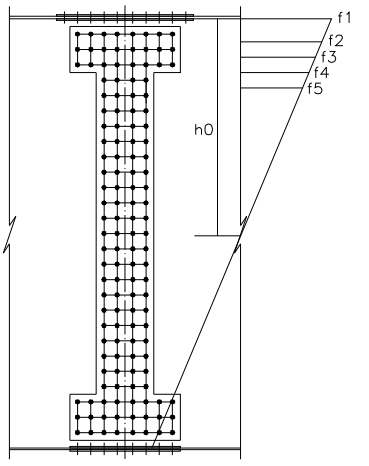
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3000	12	2200	4	280	10	2	2320	10	4	150	4	100	4	100	2	100	2	100	70

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1539 mm



f_1 = fs' = 202.194 MPa

f_2 = f_1 ·(ho − 150)/ho = 182.483 MPa

f_3 = f_1 ·(ho − 250)/ho = 169.343 MPa

f_4 = f_1 ·(ho − 350)/ho = 156.202 MPa

f_5 = f_1 ·(ho − 450)/ho = 143.061 MPa

f_6 = f_1 ·(ho − 550)/ho = 129.921 MPa

제1열 : $\frac{202.19 + 182.48}{2}$ × 150.0 × 12.0 / 4EA = 86552 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{182.48 + 169.34}{2}$ × 100.0 × 12.0 / 4EA = 52774 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{169.34 + 156.20}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 4EA = 48832$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{156.20 + 143.06}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 89779$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{143.06 + 129.92}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 81895$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{717.9 \times 1000}{2} + \frac{1673.6 \times 1000000}{2 \times 2212.0} \right) / 70\ EA = 10533$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{89779^2 + 10533^2} = 90394.6$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1500.0 - 1226.8)^2 = 29686189882$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1226.8 - 1500.0)^2 = 29686209549$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (2184.1 - 1500.0)^2 = 43846017272$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 7725.7 \times \frac{2.969E+10}{2.279E+11} = 1006.2$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 12799.6 \times \frac{2.969E+10}{2.279E+11} = 1667.0$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 19238.2 \times \frac{4.385E+10}{5.117E+11} = 1648.4$ kN·m

여기서,

Ms = 7725.7 kN·m, Mv1 = 12799.6 kN·m, Mv2 = 19238.2 kN·m

Is = 2.279E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.279E+11 mm⁴ , Iv2 = 5.117E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1300.0	14560000.00	18928000000.0	73173333.3
2-PL 2320 × 10	46400.0	-	-	-	20811946666.7
Σ	57600.0			18928000000.0	20885120000.0

I = Io + AY^2 = 20885120000 + 18928000000 = 39813120000 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 39813120000 + 57600.0 ×(1500.0 − 1226.8)² = 4.411E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 39813120000 + 57600.0 ×(1226.8 − 1500.0)² = 4.411E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 39813120000 + 57600.0 ×(2184.1 − 1500.0)² = 6.677E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1821.2 mm Ysl = 1226.8 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1821.2 mm Yvl = 1226.8 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 863.9 mm Yvl = 2184.1 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{1006.187 \times 1000000}{44111023811} \times 1821.2 + \frac{1667.010 \times 1000000}{44111055279} \times 1821.161 + \frac{1648.363 \times 1000000}{66766747635} \times 863.935$$

$$= 41.541 + 68.824 + 21.329 = 131.694 \text{ MPa} < f_{sa} \quad O.K$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{1006.187 \times 1000000}{44111023811} \times 1226.8 + \frac{1667.010 \times 1000000}{44111055279} \times 1226.839 + \frac{1648.363 \times 1000000}{66766747635} \times 2184.065$$

$$= 27.985 + 46.364 + 53.921 = 128.269 \text{ MPa} < f_{sa} \quad O.K$$

◎ **이음번호 < S3-1 , S22-1 > :** 98,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	7409.0	12074.2	7043.1	12817.7	278.2	20139.1	39622.3	-194.5	189.5
S(kN)	-142.1	-244.9	-139.6	-428.8	-5.4	-573.8	-960.8	사용강종	허용인장,f_{sa}
T(kN-m)	141.2	262.2	125.6	543.3	9.7	678.6	1082.0	HSB500	230
Ysl(mm)	1226.8	1226.8	2184.1				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	2.279E+11	2.279E+11	5.117E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

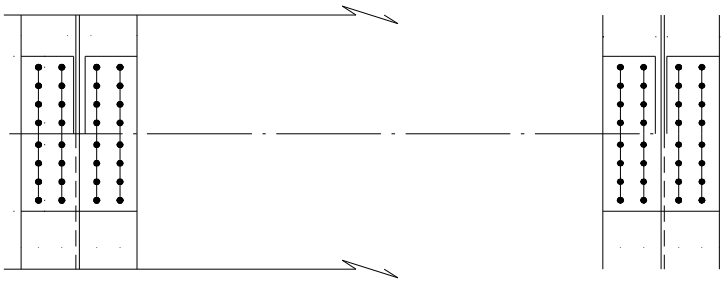
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 194.5 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 194.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	26	2	160	18	980	0	0	0	0	1	380	18	980	6	4	24



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{26 \times 500 \times 194.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 21 EA ⇒ n = 24 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{26 \times 500 \times 194.5}{230.0}$ = 10996.0 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	160	×	18	×	980	=	5760.0 mm^2
0-PL	0	×	0	×	0	=	0.0 mm^2
1-PL	380	×	18	×	980	=	6840.0 mm^2
					Σ	=	12600.0 mm^2

> A_{req} = 10996.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{26 \times 500 \times 194.5}{12600.0}$ = 200.7 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{26 \times 500 \times 194.5}{24\ EA} = 105378.3\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.421E+05 \times 2.351E+07}{2.27936E+11} + \frac{2.449E+05 \times 2.351E+07}{2.27936E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{5.738E+05 \times 1.106E+07}{5.11730E+11} \right) \times \frac{125.0}{6\ EA} = 1090\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 500.0 × 26 × (1821.16 − 13.0) = 23506093 mm^3

  Qv1 = 500.0 × 26 × (1821.16 − 13.0) = 23506093 mm^3

  Qv2 = 500.0 × 26 × (863.94 − 13.0) = 11062155 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 2.27936E+11 mm^4 , Iv1 = 2.27936E+11 mm^4 , Iv2 = 5.11730E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (105378.3^2 + 1089.8^2) = 105384.0\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} \quad O.K$$

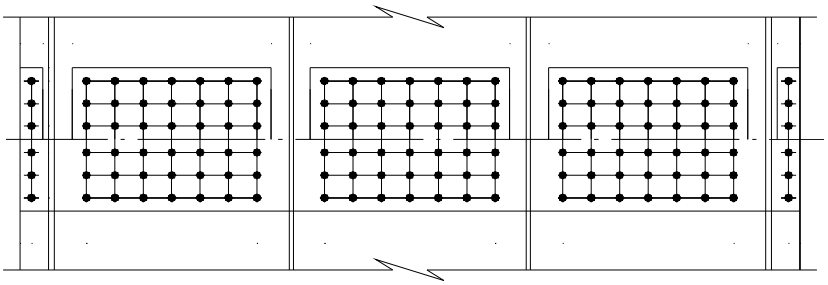
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 189.5 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 189.5 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	22	2	80	12	1300	3	680	12	1300	1	2400	12	1300	8	11	88



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{22 \times 2400 \times 189.5}{126000.0} \fallingdotseq 80\ EA \quad \Rightarrow \quad n = 88\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{22 \times 2400 \times 189.5}{230.0} = 43491.4 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 12	× 1300	=	1920.0	mm²
3-PL	680	× 12	× 1300	=	24480.0	mm²
1-PL	2400	× 12	× 1300	=	28800.0	mm²
				Σ =	55200.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 55200 − 25.0 × 12.0 × 11 열 × 2 EA

= 48600.0 mm² > A_{req} = 43491.4 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{22 \times 2400 \times 189.5}{48600.0} = 205.8$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2400.0 \times 189.5}{88 \ EA} = 113670.6$ N/EA < ρ_{sa} = 126000 MPa O.K

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2}\right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.421E+05 \times 6.420E+07}{2.27936E+11} + \frac{2.449E+05 \times 6.420E+07}{2.27936E+11}\right) + \left(\frac{5.738E+05 \times 1.147E+08}{5.11730E+11}\right) \times \frac{218.2}{8 \ EA} = 6481 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2400.0 × 22 × (1226.8 − 11.0) = 64196299 mm³

Qv1 = 2400.0 × 22 × (1226.8 − 11.0) = 64196299 mm³

Qv2 = 2400.0 × 22 × (2184.1 − 11.0) = 114737832 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.27936E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.27936E+11 mm⁴ , Iv2 = 5.11730E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 11 = 218.2 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (113670.6^2 + 6481.3^2) = 113855.3$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

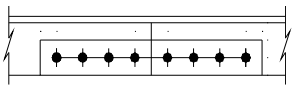
· 플랜지의 총단면적: As = 22 × 2400 = 52800.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 22 ×(2400 - 25 ×11) = 46750.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \frac{52800.0 \times 189.5}{46750.0} = 214.0$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 189.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.7 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 189.5}{230.0} =$ 1482.7 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1482.7 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 189.5}{2100.00} =$ 162.4 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

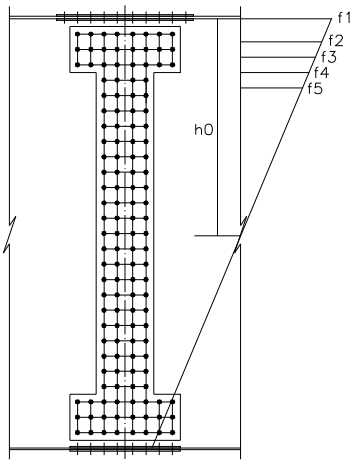
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3000	12	2200	4	280	10	2	2320	10	4	177	4	100	4	100	2	100	2	100	70

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1520 mm



f_1 = fs' = 194.545 MPa

f_2 = f_1 ·(ho - 177)/ho = 171.889 MPa

f_3 = f_1 ·(ho - 277)/ho = 159.089 MPa

f_4 = f_1 ·(ho - 377)/ho = 146.289 MPa

f_5 = f_1 ·(ho - 477)/ho = 133.489 MPa

f_6 = f_1 ·(ho - 577)/ho = 120.689 MPa

제1열 : $\frac{194.54 + 171.89}{2}$ × 177.0 × 12.0 / 4EA = 97288 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{171.89 + 159.09}{2}$ × 100.0 × 12.0 / 4EA = 49647 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{159.09 + 146.29}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 4EA = 45807$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{146.29 + 133.49}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 83933$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{133.49 + 120.69}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 76253$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{960.8 \times 1000}{2} + \frac{1082.0 \times 1000000}{2 \times 2212.0} \right) / 70 EA = 10357$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{97288^2 + 10357^2} = 97837.8$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1500.0 - 1226.8)^2 = 29686189882$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1226.8 - 1500.0)^2 = 29686209549$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (2184.1 - 1500.0)^2 = 43846017272$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 7409.0 \times \frac{2.969E+10}{2.279E+11} = 964.9$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 12074.2 \times \frac{2.969E+10}{2.279E+11} = 1572.5$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 20139.1 \times \frac{4.385E+10}{5.117E+11} = 1725.6$ kN·m

여기서,

Ms = 7409.0 kN·m, Mv1 = 12074.2 kN·m, Mv2 = 20139.1 kN·m

Is = 2.279E+11 mm⁴ , Iv1 = 2.279E+11 mm⁴ , Iv2 = 5.117E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1300.0	14560000.00	18928000000.0	73173333.3
2-PL 2320 × 10	46400.0	-	-	-	20811946666.7
Σ	57600.0			18928000000.0	20885120000.0

I = Io + AY^2 = 20885120000 + 18928000000 = 39813120000 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 39813120000 + 57600.0 ×(1500.0 − 1226.8)² = 4.411E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 39813120000 + 57600.0 ×(1226.8 − 1500.0)² = 4.411E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 39813120000 + 57600.0 ×(2184.1 − 1500.0)² = 6.677E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1821.2 mm Ysl = 1226.8 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1821.2 mm Yvl = 1226.8 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 863.9 mm Yvl = 2184.1 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$f_u = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1u} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2u} = \frac{964.939 \times 1000000}{44111023811} \times 1821.2$$

$$+ \frac{1572.535 \times 1000000}{44111055279} \times 1821.161 + \frac{1725.554 \times 1000000}{66766747635} \times 863.935$$

$$= 39.838 + 64.923 + 22.328 = 127.090 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1l} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2l} = \frac{964.939 \times 1000000}{44111023811} \times 1226.8$$

$$+ \frac{1572.535 \times 1000000}{44111055279} \times 1226.839 + \frac{1725.554 \times 1000000}{66766747635} \times 2184.065$$

$$= 26.837 + 43.736 + 56.446 = 127.020 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S4-1 , S21-1 > :** 96,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	4276.6	6582.7	3884.6	11192.1	368.7	15445.4	26304.8	-167.9	181.1
S(kN)	-346.7	-619.6	-357.3	-608.9	-5.2	-971.4	-1937.7	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	320.3	534.7	357.9	900.2	19.4	1277.6	2132.6	HSB500	230
Ysl(mm)	1337.6	1337.6	2338.2				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	1.639E+11	1.639E+11	3.844E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

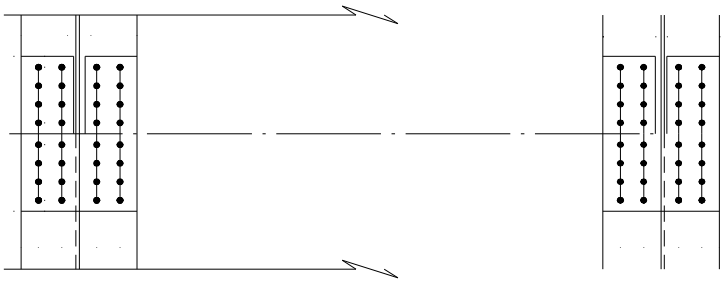
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 167.9 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	18	2	160	12	660	0	0	0	0	1	380	12	660	4	4	16



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 13 EA ⇒ n = 16 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{230.0} =$ 6750.0 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	160	×	12	×	660	=	3840.0 mm^2
0-PL	0	×	0	×	0	=	0.0 mm^2
1-PL	380	×	12	×	660	=	4560.0 mm^2
					Σ	=	8400.0 mm^2

> A_{req} = 6750.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{8400.0} =$ 184.8 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 500 \times 172.5}{16\ EA} = 97031.3\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa\ O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{3.467E+05 \times 1.515E+07}{1.63904E+11} + \frac{6.196E+05 \times 1.515E+07}{1.63904E+11} \right) + \left(\frac{9.714E+05 \times 6.145E+06}{3.84398E+11} \right) \times \frac{125.0}{4\ EA} = 3276\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 500.0 × 18 × (1692.35 − 9.0) = 15150177 mm^3

  Qv1 = 500.0 × 18 × (1692.35 − 9.0) = 15150177 mm^3

  Qv2 = 500.0 × 18 × (691.78 − 9.0) = 6145056 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 1.63904E+11 mm^4 , Iv1 = 1.63904E+11 mm^4 , Iv2 = 3.84398E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (97031.3^2 + 3276.3^2) = 97086.5\ N/EA < \rho_{sa}\ O.K$$

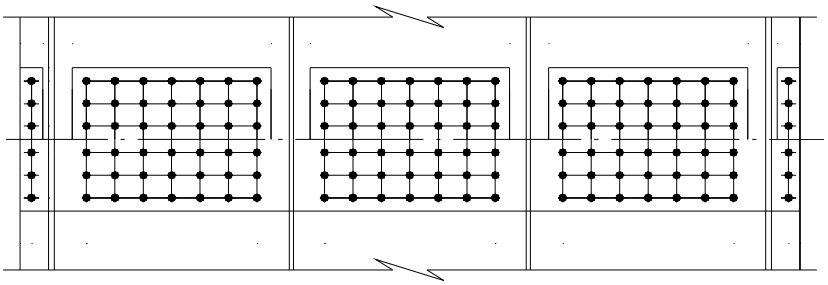
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 181.1 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 181.1 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	12	2	80	10	660	3	680	10	660	1	2400	10	660	4	14	56



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 2400 \times 181.1}{126000.0} \fallingdotseq 42\ EA \Rightarrow n = 56\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{12 \times 2400 \times 181.1}{230.0} = 22674.4 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 10	×	660	=	1600.0	mm²
3-PL	680	× 10	×	660	=	20400.0	mm²
1-PL	2400	× 10	×	660	=	24000.0	mm²
					Σ =	46000.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 46000 − 25.0 × 10.0 × 14 열 × 2 EA

= 39000.0 mm² > A_{req} = 22674.4 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{12 \times 2400 \times 181.1}{39000.0} = 133.7$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2400.0 \times 181.1}{56 \ EA} = 93127.0 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{3.467E+05 \times 3.835E+07}{1.63904E+11} + \frac{6.196E+05 \times 3.835E+07}{1.63904E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{9.714E+05 \times 6.717E+07}{3.84398E+11} \right) \times \frac{171.4}{4 \ EA} = 16964 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2400.0 × 12 × (1337.6 − 6.0) = 38351434 mm³

Qv1 = 2400.0 × 12 × (1337.6 − 6.0) = 38351434 mm³

Qv2 = 2400.0 × 12 × (2338.2 − 6.0) = 67167821 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.63904E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.63904E+11 mm⁴ , Iv2 = 3.84398E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 14 = 171.4 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (93127.0^2 + 16964.3^2) = 94659.5$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

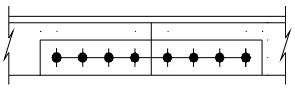
· 플랜지의 총단면적: As = 12 × 2400 = 28800.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 12 ×(2400 - 25 ×14) = 24600.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{28800.0 \times 181.1}{24600.0} = 212.0$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 181.1}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.6 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 181.1}{230.0} =$ 1417.1 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1417.1 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 181.1}{2100.00} =$ 155.3 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

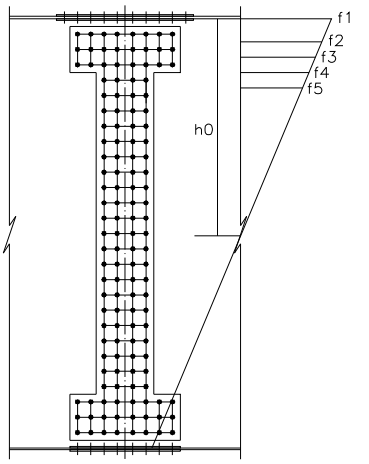
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3000	12	2200	4	280	10	2	2320	10	3	150	3	100	3	100	2	100	2	100	64

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1536 mm



f_1 = fs' = 181.080 MPa

f_2 = f_1 ·(ho − 150)/ho = 163.401 MPa

f_3 = f_1 ·(ho − 250)/ho = 151.615 MPa

f_4 = f_1 ·(ho − 350)/ho = 139.829 MPa

f_5 = f_1 ·(ho − 450)/ho = 128.043 MPa

f_6 = f_1 ·(ho − 550)/ho = 116.257 MPa

제1열 : $\frac{181.08 + 163.40}{2}$ × 150.0 × 12.0 / 3EA = 103344 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{163.40 + 151.62}{2}$ × 100.0 × 12.0 / 3EA = 63003 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{151.62 + 139.83}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 3EA = 58289$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{139.83 + 128.04}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 80362$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{128.04 + 116.26}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 73290$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{1937.7 \times 1000}{2} + \frac{2132.6 \times 1000000}{2 \times 2212.0} \right) / 64\ EA = 22670$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{103344^2 + 22670^2} = 105801.7$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1500.0 - 1337.7)^2 = 27948870810$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (1337.6 - 1500.0)^2 = 27948905878$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{12 \times 3000^3}{12} + 12.0 \times 3000 \times (2338.2 - 1500.0)^2 = 52293818256$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 4276.6 \times \frac{2.795E+10}{1.639E+11} = 729.3$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 6582.7 \times \frac{2.795E+10}{1.639E+11} = 1122.5$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 15445.4 \times \frac{5.229E+10}{3.844E+11} = 2101.2$ kN·m

여기서,

Ms = 4276.6 kN·m, Mv1 = 6582.7 kN·m, Mv2 = 15445.4 kN·m

Is = 1.639E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.639E+11 mm⁴ , Iv2 = 3.844E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1300.0	14560000.00	18928000000.0	73173333.3
2-PL 2320 × 10	46400.0	-	-	-	20811946666.7
Σ	57600.0			18928000000.0	20885120000.0

I = Io + AY^2 = 20885120000 + 18928000000 = 39813120000 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 39813120000 + 57600.0 ×(1500.0 − 1337.7)² = 4.133E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 39813120000 + 57600.0 ×(1337.6 − 1500.0)² = 4.133E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 39813120000 + 57600.0 ×(2338.2 − 1500.0)² = 8.028E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1692.4 mm Ysl = 1337.6 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1692.4 mm Yvl = 1337.6 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 691.8 mm Yvl = 2338.2 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$f_u = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1u} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2u} = \frac{729.253 \times 1000000}{41331313296} \times 1692.4$$

$$+ \frac{1122.490 \times 1000000}{41331369405} \times 1692.353 + \frac{2101.205 \times 1000000}{80283229209} \times 691.784$$

$$= 29.860 + 45.961 + 18.106 = 93.927 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1l} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2l} = \frac{729.253 \times 1000000}{41331313296} \times 1337.6$$

$$+ \frac{1122.490 \times 1000000}{41331369405} \times 1337.647 + \frac{2101.205 \times 1000000}{80283229209} \times 2338.216$$

$$= 23.602 + 36.328 + 61.197 = 121.127 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S11-1 , S14-1 > :** 77,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	659.6	1624.3	804.7	6001.7	260.2	7066.5	9350.4	-62.7	72.7
S(kN)	-204.7	-484.2	-277.1	-606.7	-11.0	-894.8	-1583.6	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	79.7	188.2	146.0	882.1	8.7	1036.8	1304.7	HSB500	230
Ysl(mm)	1043.2	1043.2	1963.8				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	1.066E+11	1.066E+11	2.711E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

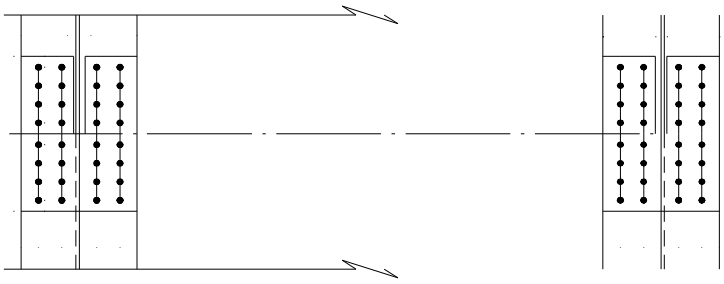
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 62.7 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	16	2	160	10	660	0	0	0	0	1	380	10	660	4	4	16



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{16 \times 500 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 11 EA ⇒ n = 16 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{16 \times 500 \times 172.5}{230.0} =$ 6000.0 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	160	× 10	×	660	=	3200.0	mm^2
0-PL	0	× 0	×	0	=	0.0	mm^2
1-PL	380	× 10	×	660	=	3800.0	mm^2
					Σ =	7000.0	mm^2

> A_{req} = 6000.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{16 \times 500 \times 172.5}{7000.0} =$ 197.1 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 500 \times 172.5}{16\ EA} = 86250.0\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{2.047E+05 \times 1.181E+07}{1.06597E+11} + \frac{4.842E+05 \times 1.181E+07}{1.06597E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{8.948E+05 \times 4.450E+06}{2.71144E+11} \right) \times \frac{125.0}{4\ EA} = 2845\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 500.0 × 16 × (1484.79 − 8.0) = 11814344 mm^3

  Qv1 = 500.0 × 16 × (1484.79 − 8.0) = 11814344 mm^3

  Qv2 = 500.0 × 16 × (564.25 − 8.0) = 4449984 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 1.06597E+11 mm^4 , Iv1 = 1.06597E+11 mm^4 , Iv2 = 2.71144E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (86250.0^2 + 2844.7^2) = 86296.9\ N/EA < \rho_{sa} \quad O.K$$

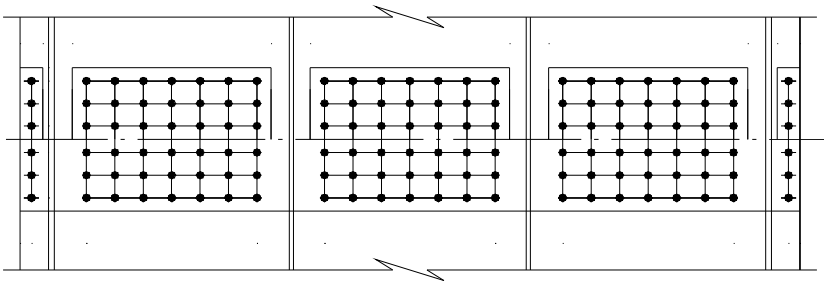
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 72.7 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	12	2	80	10	500	5	380	10	500	1	2400	10	500	3	17	51



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 2400 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 40\ EA \Rightarrow n = 51\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{12 \times 2400 \times 172.5}{230.0} = 21600.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	×	10	×	500	=	1600.0 mm²
5-PL	380	×	10	×	500	=	19000.0 mm²
1-PL	2400	×	10	×	500	=	24000.0 mm²
					Σ	=	44600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 44600 − 25.0 × 10.0 × 17 열 × 2 EA

= 36100.0 mm² > A_{req} = 21600.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{12 \times 2400 \times 172.5}{36100.0} = 137.6$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2400.0 \times 172.5}{51 \ EA} = 97411.8 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{2.047E+05 \times 2.987E+07}{1.06597E+11} + \frac{4.842E+05 \times 2.987E+07}{1.06597E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{8.948E+05 \times 5.638E+07}{2.71144E+11} \right) \times \frac{141.2}{3 \ EA} = 17840 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2400.0 × 12 × (1043.2 − 6.0) = 29871562 mm³

Qv1 = 2400.0 × 12 × (1043.2 − 6.0) = 29871562 mm³

Qv2 = 2400.0 × 12 × (1963.8 − 6.0) = 56383258 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.06597E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.06597E+11 mm⁴ , Iv2 = 2.71144E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 17 = 141.2 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (97411.8^2 + 17839.9^2) = 99031.9$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

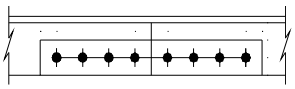
· 플랜지의 총단면적: As = 12 × 2400 = 28800.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 12 ×(2400 - 25 ×17) = 23700.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{28800.0 \times 172.5}{23700.0} = 209.6$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.5 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{230.0} =$ 1350.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1350.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{2100.00} =$ 147.9 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

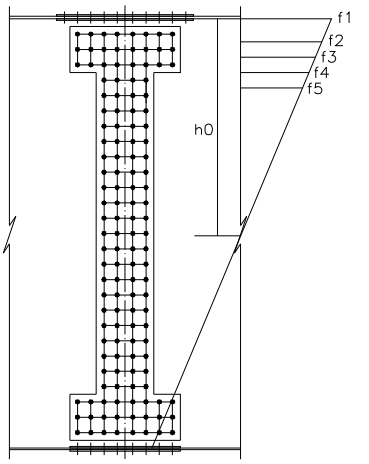
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
2500	12	2200	4	280	10	2	1820	10	3	150	3	100	3	100	2	100	2	100	54

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1250 mm



f_1 = fs' = 172.500 MPa

f_2 = f_1 ·(ho − 150)/ho = 151.800 MPa

f_3 = f_1 ·(ho − 250)/ho = 138.000 MPa

f_4 = f_1 ·(ho − 350)/ho = 124.200 MPa

f_5 = f_1 ·(ho − 450)/ho = 110.400 MPa

f_6 = f_1 ·(ho − 550)/ho = 96.600 MPa

제1열 : $\frac{172.50 + 151.80}{2}$ × 150.0 × 12.0 / 3EA = 97290 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{151.80 + 138.00}{2}$ × 100.0 × 12.0 / 3EA = 57960 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{138.00 + 124.20}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 3EA = 52440$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{124.20 + 110.40}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 70380$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{110.40 + 96.60}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 62100$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{1583.6 \times 1000}{2} + \frac{1304.7 \times 1000000}{2 \times 2212.0} \right) / 54\ EA = 20125$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{97290^2 + 20125^2} = 99349.6$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (1250.0 - 1043.2)^2 = 16907863123$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (1043.2 - 1250.0)^2 = 16907900345$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (1963.8 - 1250.0)^2 = 30908257525$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 659.6 \times \frac{1.691E+10}{1.066E+11} = 104.6$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 1624.3 \times \frac{1.691E+10}{1.066E+11} = 257.6$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 7066.5 \times \frac{3.091E+10}{2.711E+11} = 805.5$ kN·m

여기서,

Ms = 659.6 kN·m, Mv1 = 1624.3 kN·m, Mv2 = 7066.5 kN·m

Is = 1.066E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.066E+11 mm⁴ , Iv2 = 2.711E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1050.0	11760000.00	12348000000.0	73173333.3
2-PL 1820 × 10	36400.0	-	-	-	10047613333.3
Σ	47600.0			12348000000.0	10120786666.7

I = Io + AY^2 = 10120786667 + 12348000000 = 22468786667 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 22468786667 + 47600.0 ×(1250.0 − 1043.2)² = 2.450E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 22468786667 + 47600.0 ×(1043.2 − 1250.0)² = 2.450E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 22468786667 + 47600.0 ×(1963.8 − 1250.0)² = 4.672E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1484.8 mm Ysl = 1043.2 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1484.8 mm Yvl = 1043.2 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 564.2 mm Yvl = 1963.8 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{104.625 \times 1000000}{24504262822} \times 1484.8$$

$$+ \frac{257.636 \times 1000000}{24504321881} \times 1484.793 + \frac{805.529 \times 1000000}{46718221940} \times 564.248$$

$$= 6.340 + 15.611 + 9.729 = 31.679 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{104.625 \times 1000000}{24504262822} \times 1043.2$$

$$+ \frac{257.636 \times 1000000}{24504321881} \times 1043.207 + \frac{805.529 \times 1000000}{46718221940} \times 1963.752$$

$$= 4.454 + 10.968 + 33.860 = 49.282 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S12-1 , S13-1 > :** 79,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	2102.2	5026.5	2749.2	7952.9	148.8	10851.0	17979.7	-143.3	155.0
S(kN)	-75.3	-182.8	-104.5	-479.4	-11.0	-594.9	-853.0	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	32.1	71.5	67.5	589.4	2.7	659.6	763.2	HSB500	230
Ysl(mm)	1075.0	1075.0	1989.5				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	1.032E+11	1.032E+11	2.583E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

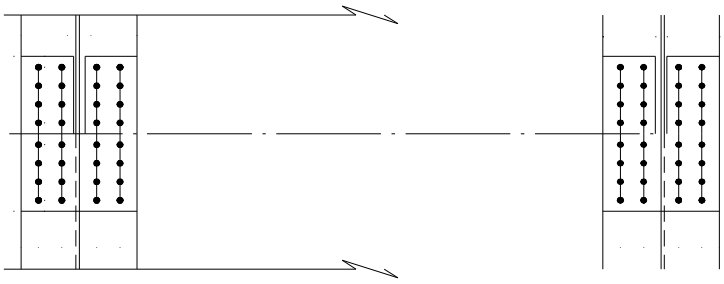
1) 압축부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 143.3 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	16	2	160	10	660	0	0	0	0	1	380	10	660	4	4	16



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{16 \times 500 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 11 EA ⇒ n = 16 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{16 \times 500 \times 172.5}{230.0} =$ 6000.0 mm^2

· 사용이음판:

2-PL	160	× 10	×	660	=	3200.0	mm^2
0-PL	0	× 0	×	0	=	0.0	mm^2
1-PL	380	× 10	×	660	=	3800.0	mm^2
					Σ =	7000.0	mm^2

> A_{req} = 6000.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{16 \times 500 \times 172.5}{7000.0} =$ 197.1 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{16 \times 500 \times 172.5}{16\ EA} = 86250.0\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{7.527E+04 \times 1.156E+07}{1.03190E+11} + \frac{1.828E+05 \times 1.156E+07}{1.03190E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{5.949E+05 \times 4.244E+06}{2.58284E+11} \right) \times \frac{125.0}{4\ EA} = 1209\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 500.0 × 16 × (1453.04 − 8.0) = 11560296 mm^3

  Qv1 = 500.0 × 16 × (1453.04 − 8.0) = 11560296 mm^3

  Qv2 = 500.0 × 16 × (538.53 − 8.0) = 4244216 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 1.03190E+11 mm^4 , Iv1 = 1.03190E+11 mm^4 , Iv2 = 2.58284E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (86250.0^2 + 1209.0^2) = 86258.5\ N/EA < \rho_{sa}$ O.K

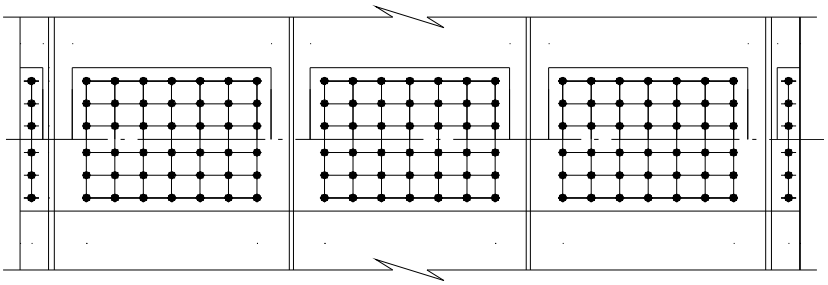
2) 인장부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지)

· fs = 155.0 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	12	2	80	10	500	3	680	10	500	1	2400	10	500	3	17	51



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 2400 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 40\ EA \Rightarrow n = 51\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{12 \times 2400 \times 172.5}{230.0} = 21600.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 10	×	500	=	1600.0	mm²
3-PL	680	× 10	×	500	=	20400.0	mm²
1-PL	2400	× 10	×	500	=	24000.0	mm²
					Σ =	46000.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 46000 − 25.0 × 10.0 × 17 열 × 2 EA

= 37500.0 mm² > A_{req} = 21600.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{12 \times 2400 \times 172.5}{37500.0} = 132.5$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2400.0 \times 172.5}{51\ EA} = 97411.8\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa\ O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2}\right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{7.527E+04 \times 3.079E+07}{1.03190E+11} + \frac{1.828E+05 \times 3.079E+07}{1.03190E+11}\right)$$

$$+ \left(\frac{5.949E+05 \times 5.712E+07}{2.58284E+11}\right) \times \frac{141.2}{3\ EA} = 9815\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2400.0 × 12 × (1075.0 − 6.0) = 30786134 mm³

Qv1 = 2400.0 × 12 × (1075.0 − 6.0) = 30786134 mm³

Qv2 = 2400.0 × 12 × (1989.5 − 6.0) = 57124022 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.03190E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.03190E+11 mm⁴ , Iv2 = 2.58284E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 17 = 141.2 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = (\rho p^2 + \rho h^2) = (97411.8^2 + 9815.2^2) = 97905.1$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

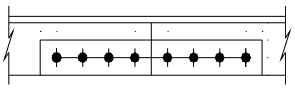
· 플랜지의 총단면적: As = 12 × 2400 = 28800.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 12 ×(2400 - 25 ×17) = 23700.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{28800.0 \times 172.5}{23700.0} = 209.6$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 인장부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.5 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{230.0} =$ 1350.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2600 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

= 2100.0 mm² > A_{req} = 1350.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{2100.00} =$ 147.9 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

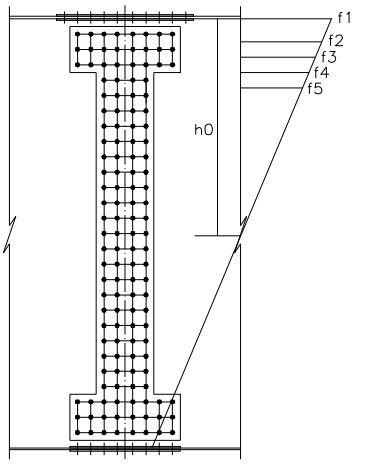
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
2500	12	2200	4	280	10	2	1820	10	3	150	3	100	3	100	2	100	2	100	54

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1250 mm



f_1 = fs' = 172.500 MPa

f_2 = f_1 ·(ho − 150)/ho = 151.800 MPa

f_3 = f_1 ·(ho − 250)/ho = 138.000 MPa

f_4 = f_1 ·(ho − 350)/ho = 124.200 MPa

f_5 = f_1 ·(ho − 450)/ho = 110.400 MPa

f_6 = f_1 ·(ho − 550)/ho = 96.600 MPa

제1열 : $\frac{172.50 + 151.80}{2}$ × 150.0 × 12.0 / 3EA = 97290 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{151.80 + 138.00}{2}$ × 100.0 × 12.0 / 3EA = 57960 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{138.00 + 124.20}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 3EA = 52440$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{124.20 + 110.40}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 70380$ N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{110.40 + 96.60}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 62100$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{853.0 \times 1000}{2} + \frac{763.2 \times 1000000}{2 \times 2212.0} \right) / 54 EA = 11093$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{97290^2 + 11093^2} = 97920.3$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (1250.0 - 1075.0)^2 = 16544170048$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (1075.0 - 1250.0)^2 = 16544138541$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{12 \times 2500^3}{12} + 12.0 \times 2500 \times (1989.5 - 1250.0)^2 = 32029609532$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 2102.2 \times \frac{1.654E+10}{1.032E+11} = 337.0$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 5026.5 \times \frac{1.654E+10}{1.032E+11} = 805.9$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 10851.0 \times \frac{3.203E+10}{2.583E+11} = 1345.6$ kN·m

여기서,

Ms = 2102.2 kN·m, Mv1 = 5026.5 kN·m, Mv2 = 10851.0 kN·m

Is = 1.032E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.032E+11 mm⁴ , Iv2 = 2.583E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1050.0	11760000.00	12348000000.0	73173333.3
2-PL 1820 × 10	36400.0	-	-	-	10047613333.3
Σ	47600.0			12348000000.0	10120786666.7

I = Io + AY^2 = 10120786667 + 12348000000 = 22468786667 mm^4

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 22468786667 + 47600.0 ×(1250.0 − 1075.0)² = 2.393E+10 mm^4

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 22468786667 + 47600.0 ×(1075.0 − 1250.0)² = 2.393E+10 mm^4

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 22468786667 + 47600.0 ×(1989.5 − 1250.0)² = 4.850E+10 mm^4

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1453.0 mm Ysl = 1075.0 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1453.0 mm Yvl = 1075.0 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 538.5 mm Yvl = 1989.5 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$f_u = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{su} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1u} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2u} = \frac{337.046 \times 1000000}{23927203143} \times 1453.0$$

$$+ \frac{805.888 \times 1000000}{23927153152} \times 1453.037 + \frac{1345.622 \times 1000000}{48497433791} \times 538.527$$

$$= 20.468 + 48.940 + 14.942 = 84.350 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$f_l = \frac{M_{sw}}{I_{sw}} \cdot Y_{sl} + \frac{M_{v1w}}{I_{v1w}} \cdot Y_{v1l} + \frac{M_{v2w}}{I_{v2w}} \cdot Y_{v2l} = \frac{337.046 \times 1000000}{23927203143} \times 1075.0$$

$$+ \frac{805.888 \times 1000000}{23927153152} \times 1074.963 + \frac{1345.622 \times 1000000}{48497433791} \times 1989.473$$

$$= 15.142 + 36.206 + 55.200 = 106.548 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

6.2 부모멘트구간 현장이음 설계

◎ **이음번호 < S5-1 , S20-1 > :** 94,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-108.0	-1419.2	-687.6	-8380.4	-324.1	-9392.1	-10919.2	74.0	-90.6
S(kN)	-508.8	-946.6	-536.0	-765.3	-4.7	-1305.9	-2761.4	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	371.1	580.7	442.9	1330.4	29.8	1803.0	2754.8	HSB500	230
Ysl(mm)	1316.3	1316.3	1558.4				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	1.792E+11	1.792E+11	2.408E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

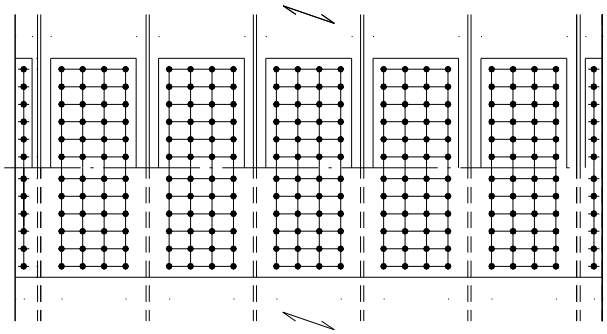
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 90.6 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	12	0	80	10	500	5	380	10	500	1	2100	10	500	3	15	45



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 2400 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 40 EA ⇒ n = 45 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 2400 \times 172.5}{230.0}$ = 21600.0 mm^2

· 사용이음판: 0-PL 80 × 10 × 500 = 0.0 mm^2

5-PL 380 × 10 × 500 = 19000.0 mm^2

1-PL 2100 × 10 × 500 = 21000.0 mm^2

Σ = 40000.0 mm^2 > A_{req} = 21600.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 2400 \times 172.5}{40000.0}$ = 124.2 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{12 \times 2400 \times 172.5}{45\ EA} = 110400.0\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{5.088E+05 \times 3.774E+07}{1.79205E+11} + \frac{9.466E+05 \times 3.774E+07}{1.79205E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{1.306E+06 \times 4.471E+07}{2.40793E+11} \right) \times \frac{160.0}{3\ EA} = 29279\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2400.0 × 12 × (1316.30 − 6.0) = 37736640 mm^3

  Qv1 = 2400.0 × 12 × (1316.30 − 6.0) = 37736640 mm^3

  Qv2 = 2400.0 × 12 × (1558.40 − 6.0) = 44709120 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 1.79205E+11 mm^4 , Iv1 = 1.79205E+11 mm^4 , Iv2 = 2.40793E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 15 = 160.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(110400.0^2 + 29278.5^2)} = 114216.4\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} \quad O.K$$

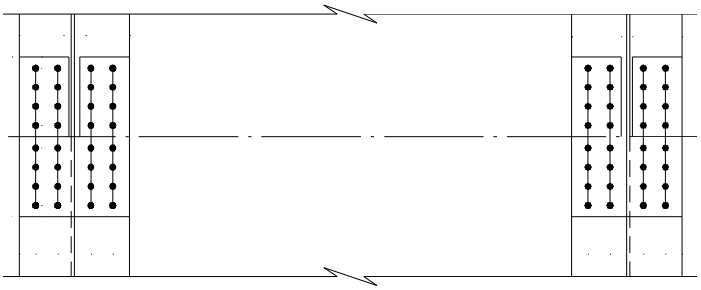
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 74.0 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	16	2	160	14	660	0	0	0	0	1	380	14	660	4	4	16



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{16 \times 500 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 11\ EA \quad \Rightarrow \quad n = 16\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{16 \times 500 \times 172.5}{230.0} = 6000.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	160	× 14	× 660	=	4480.0	mm²
0-PL	0	× 0	× 0	=	0.0	mm²
1-PL	380	× 14	× 660	=	5320.0	mm²
				Σ =	9800.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 9800 − 25.0 × 14.0 × 4 열 × 2 EA

= 7000.0 mm² > A_{req} = 6000.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{16 \times 500 \times 172.5}{7000.0} = 197.1$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$\rho_p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{16 \times 500.0 \times 172.5}{16 \ EA} = 86250.0$ N/EA < ρ_{sa} = 126000 MPa O.K

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{5.088E+05 \times 1.399E+07}{1.79205E+11} + \frac{9.466E+05 \times 1.399E+07}{1.79205E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{1.306E+06 \times 1.205E+07}{2.40793E+11} \right) \times \frac{125.0}{4 \ EA} = 5593 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 500.0 × 16 × (1756.7 − 8.0) = 13989600 mm³

Qv1 = 500.0 × 16 × (1756.7 − 8.0) = 13989600 mm³

Qv2 = 500.0 × 16 × (1514.6 − 8.0) = 12052800 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.79205E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.79205E+11 mm⁴ , Iv2 = 2.40793E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 4 = 125.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(86250.0^2 + 5593.4^2)} = 86431.2$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

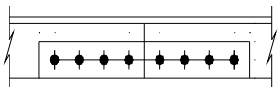
· 플랜지의 총단면적: As = 16 × 500 = 8000.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 16 ×(500 - 25 ×4) = 6400.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{8000.0 \times 172.5}{6400.0} = 215.6$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 :　　(하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
150	12	2	130	10	500	3	1	3



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.5 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{230.0} =$ 1350.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 130 × 10 × 500 = 2600.0 mm²

= 2600.0 mm² > A_{req} = 1350.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 150 \times 172.5}{2600.00} =$ 119.5 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

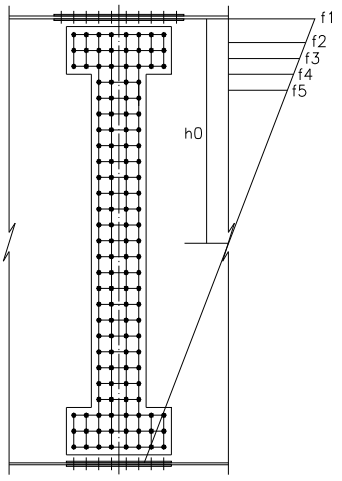
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3045	14	2200	4	280	10	2	2365	10	4	150	4	100	4	100	2	100	2	100	70

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1523 mm



$f_1 = fs' =$ 172.500 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (ho - 150)/ho =$ 155.505 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (ho - 250)/ho =$ 144.175 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (ho - 350)/ho =$ 132.845 MPa

$f_5 = f_1 \cdot (ho - 450)/ho =$ 121.515 MPa

$f_6 = f_1 \cdot (ho - 550)/ho =$ 110.185 MPa

제1열 : $\frac{172.50 + 155.51}{2} \times 150.0 \times 14.0 / 4EA =$ 86101 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{155.51 + 144.18}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 4EA =$ 52444 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{144.18 + 132.85}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 4EA =$ 48479 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{132.85 + 121.52}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA =$ 89026 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{121.52 + 110.19}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 2EA = 81095$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{2761.4 \times 1000}{2} + \frac{2754.8 \times 1000000}{2 \times 2214.0} \right) / 70 EA = 28612$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{89026^2 + 28612^2} = 93510.8$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{14 \times 3045^3}{12} + 14.0 \times 3045 \times (1522.5 - 1316.3)^2 = 34751429910$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{14 \times 3045^3}{12} + 14.0 \times 3045 \times (1316.3 - 1522.5)^2 = 34751429910$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{14 \times 3045^3}{12} + 14.0 \times 3045 \times (1558.4 - 1522.5)^2 = 32993810783$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 108.0 \times \frac{3.475E+10}{1.792E+11} = 20.9$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 1419.2 \times \frac{3.475E+10}{1.792E+11} = 275.2$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 9392.1 \times \frac{3.299E+10}{2.408E+11} = 1286.9$ kN·m

여기서,

Ms = 108.0 kN·m, Mv1 = 1419.2 kN·m, Mv2 = 9392.1 kN·m

Is = 1.792E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.792E+11 mm⁴ , Iv2 = 2.408E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY² (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1322.5	14812000.00	19588870000.0	73173333.3
2-PL 2365 × 10	47300.0	-	-	-	22046628541.7
Σ	58500.0			19588870000.0	22119801875.0

I = Io + AY² = 22119801875 + 19588870000 = 41708671875 mm⁴

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 41708671875 + 58500.0 ×(1522.5 − 1316.3)² = 4.420E+10 mm⁴

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 41708671875 + 58500.0 ×(1316.3 − 1522.5)² = 4.420E+10 mm⁴

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 41708671875 + 58500.0 ×(1558.4 − 1522.5)² = 4.178E+10 mm⁴

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1756.7 mm Ysl = 1316.3 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1756.7 mm Yvl = 1316.3 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1514.6 mm Yvl = 1558.4 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{20.935 \times 1000000}{44196000615} \times 1756.7$$

$$+ \frac{275.207 \times 1000000}{44196000615} \times 1756.700 + \frac{1286.919 \times 1000000}{41784067260} \times 1514.600$$

$$= 0.832 + 10.939 + 46.649 = 58.420 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{20.935 \times 1000000}{44196000615} \times 1316.3$$

$$+ \frac{275.207 \times 1000000}{44196000615} \times 1316.300 + \frac{1286.919 \times 1000000}{41784067260} \times 1558.400$$

$$= 0.624 + 8.197 + 47.998 = 56.818 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S6-1 , S19-1 > :** 92,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-6188.7	-12448.6	-6970.5	-11873.3	-366.1	-19209.8	-37847.1	175.1	-165.3
S(kN)	-701.7	-1170.3	-692.5	-922.1	-3.9	-1618.6	-3490.5	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	407.3	590.7	412.4	1804.6	41.9	2258.9	3256.9	HSB500	230
Ysl(mm)	1501.1	1501.1	1674.6				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	3.427E+11	3.427E+11	4.090E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

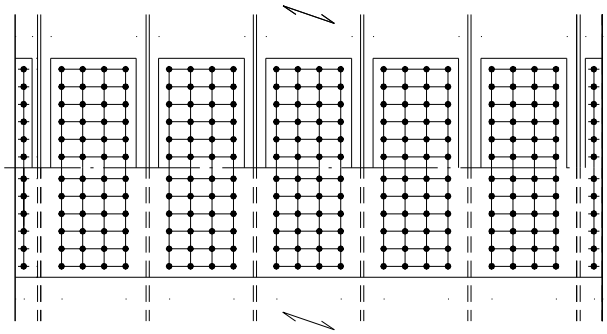
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 165.3 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	18	0	80	10	660	5	330	10	660	1	2100	10	660	4	18	72



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 60 EA ⇒ n = 72 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{230.0} =$ 32400.0 mm^2

· 사용이음판: 0-PL 80 × 10 × 660 = 0.0 mm^2

5-PL 330 × 10 × 660 = 16500.0 mm^2

1-PL 2100 × 10 × 660 = 21000.0 mm^2

Σ = 37500.0 mm^2 > A_{req} = 32400.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{37500.0} =$ 198.7 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{72\ EA} = 103500.0\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{7.017E+05 \times 6.446E+07}{3.42744E+11} + \frac{1.170E+06 \times 6.446E+07}{3.42744E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{1.619E+06 \times 7.195E+07}{4.08997E+11} \right) \times \frac{133.3}{4\ EA} = 21227\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2400.0 × 18 × (1501.10 − 9.0) = 64458720 mm^3

  Qv1 = 2400.0 × 18 × (1501.10 − 9.0) = 64458720 mm^3

  Qv2 = 2400.0 × 18 × (1674.60 − 9.0) = 71953920 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 3.42744E+11 mm^4 , Iv1 = 3.42744E+11 mm^4 , Iv2 = 4.08997E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 18 = 133.3 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(103500.0^2 + 21226.6^2)} = 105654.2\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} \quad O.K$$

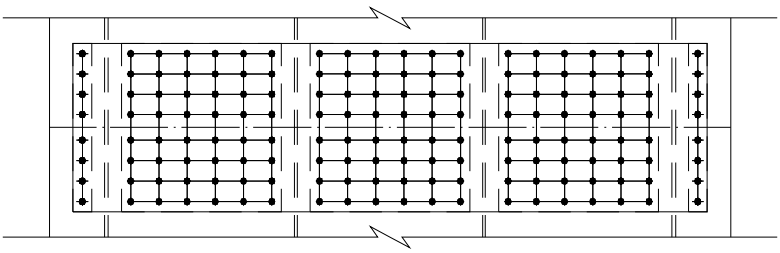
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 175.1 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 175.1 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2700	14	2	80	10	500	3	630	10	500	1	2500	10	500	3	20	60



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{14 \times 2700 \times 175.1}{126000.0} \fallingdotseq 53\ EA \quad \Rightarrow \quad n = 60\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{14 \times 2700 \times 175.1}{230.0} = 28772.9 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 10	×	500	=	1600.0	mm²
3-PL	630	× 10	×	500	=	18900.0	mm²
1-PL	2500	× 10	×	500	=	25000.0	mm²
					Σ =	45500.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 45500 − 25.0 × 10.0 × 20 열 × 2 EA

= 35500.0 mm² > A_{req} = 28772.9 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{14 \times 2700 \times 175.1}{35500.0} = 186.4$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{14 \times 2700.0 \times 175.1}{60 \ EA} = 110296.0 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{7.017E+05 \times 6.807E+07}{3.42744E+11} + \frac{1.170E+06 \times 6.807E+07}{3.42744E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{1.619E+06 \times 6.152E+07}{4.08997E+11} \right) \times \frac{135.0}{3 \ EA} = 27686 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 14 × (1807.9 − 7.0) = 68074020 mm³

Qv1 = 2700.0 × 14 × (1807.9 − 7.0) = 68074020 mm³

Qv2 = 2700.0 × 14 × (1634.4 − 7.0) = 61515720 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 3.42744E+11 mm⁴ , Iv1 = 3.42744E+11 mm⁴ , Iv2 = 4.08997E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 20 = 135.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(110296.0^2 + 27685.7^2)} = 113717.7$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

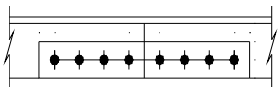
· 플랜지의 총단면적: As = 14 × 2700 = 37800.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 14 ×(2700 - 25 ×20) = 30800.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{37800.0 \times 175.1}{30800.0} = 214.9$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 :　　(하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
200	18	2	180	10	500	3	2	6



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \dfrac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \dfrac{18 \times 200 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 4.9 EA ⇒ n = 6 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{18 \times 200 \times 172.5}{230.0} =$ 2700.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 180 × 10 × 500 = 3600.0 mm²

= 3600.0 mm² > A_{req} = 2700.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{18 \times 200 \times 172.5}{3600.00} =$ 172.5 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

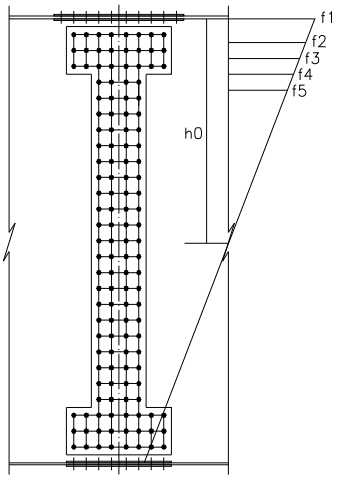
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3277	16	2200	4	280	10	2	2597	10	4	150	4	100	4	100	3	100	3	100	102

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1651 mm



$f_1 = fs' =$ 175.073 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (ho - 150)/ho =$ 159.163 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (ho - 250)/ho =$ 148.557 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (ho - 350)/ho =$ 137.950 MPa

$f_5 = f_1 \cdot (ho - 450)/ho =$ 127.344 MPa

$f_6 = f_1 \cdot (ho - 550)/ho =$ 116.738 MPa

제1열 : $\dfrac{175.07 + 159.16}{2} \times 150.0 \times 16.0 / 4EA =$ 100271 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\dfrac{159.16 + 148.56}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 4EA =$ 61544 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\dfrac{148.56 + 137.95}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 4EA =$ 57301 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\dfrac{137.95 + 127.34}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 3EA =$ 70745 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{127.34 + 116.74}{2} \times 100.0 \times 16.0 / 3EA = 65089$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{3490.5 \times 1000}{2} + \frac{3256.9 \times 1000000}{2 \times 2216.0} \right) / 102 EA = 24315$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{100271^2 + 24315^2} = 103176.8$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$I_{sw}' = \frac{16 \times 3277^3}{12} + 16.0 \times 3277 \times (1638.5 - 1501.1)^2 = 47910937722$ mm⁴

$I_{v1w}' = \frac{16 \times 3277^3}{12} + 16.0 \times 3277 \times (1501.1 - 1638.5)^2 = 47910937722$ mm⁴

$I_{v2w}' = \frac{16 \times 3277^3}{12} + 16.0 \times 3277 \times (1674.6 - 1638.5)^2 = 46989416484$ mm⁴

여기서,

- I_{sw}' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- I_{v1w}': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- I_{v2w}': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$M_{sw} = M_s \cdot \frac{I_{sw}'}{I_s} = 6188.7 \times \frac{4.791E+10}{3.427E+11} = 865.1$ kN·m

$M_{v1w} = M_{v1} \cdot \frac{I_{sv1}'}{I_{v1}} = 12448.6 \times \frac{4.791E+10}{3.427E+11} = 1740.1$ kN·m

$M_{v2w} = M_{v2} \cdot \frac{I_{sv2}'}{I_{v2}} = 19209.8 \times \frac{4.699E+10}{4.090E+11} = 2207.0$ kN·m

여기서,

M_s = 6188.7 kN·m, M_{v1} = 12448.6 kN·m, M_{v2} = 19209.8 kN·m

I_s = 3.427E+11 mm⁴ , I_{v1} = 3.427E+11 mm⁴ , I_{v2} = 4.090E+11 mm⁴

- M_{sw} : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- M_{v1w} : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- M_{v2w} : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	I_o (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1438.5	16111200.00	23175961200.0	73173333.3
2-PL 2597 × 10	51940.0	-	-	-	29192050288.3
Σ	63140.0			23175961200.0	29265223621.7

$I = I_o + AY^2 = 29265223622 + 23175961200 = 52441184822$ mm⁴

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 52441184822 + 63140.0 ×(1638.5 − 1501.1)² = 5.363E+10 mm⁴

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 52441184822 + 63140.0 ×(1501.1 − 1638.5)² = 5.363E+10 mm⁴

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 52441184822 + 63140.0 ×(1674.6 − 1638.5)² = 5.252E+10 mm⁴

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1807.9 mm Ysl = 1501.1 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1807.9 mm Yvl = 1501.1 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1634.4 mm Yvl = 1674.6 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{865.088 \times 1000000}{53633189728} \times 1807.9$$

$$+ \frac{1740.144 \times 1000000}{53633189728} \times 1807.900 + \frac{2207.009 \times 1000000}{52523469501} \times 1634.400$$

$$= 29.161 + 58.658 + 68.677 = 156.495 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{865.088 \times 1000000}{53633189728} \times 1501.1$$

$$+ \frac{1740.144 \times 1000000}{53633189728} \times 1501.100 + \frac{2207.009 \times 1000000}{52523469501} \times 1674.600$$

$$= 24.212 + 48.704 + 70.366 = 143.282 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S7-1 , S18-1 > :** 90,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-12680.4	-21459.7	-12462.2	-17059.0	-377.8	-29899.0	-64039.0	170.7	-137.1
S(kN)	-1038.0	-1229.5	-734.4	-1211.0	-8.5	-1953.9	-4221.4	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	288.8	467.3	223.6	1989.9	27.1	2240.6	2996.7	HSB500	230
Ysl(mm)	1928.4	1337.1	1458.4				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	5.311E+11	7.761E+11	8.833E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

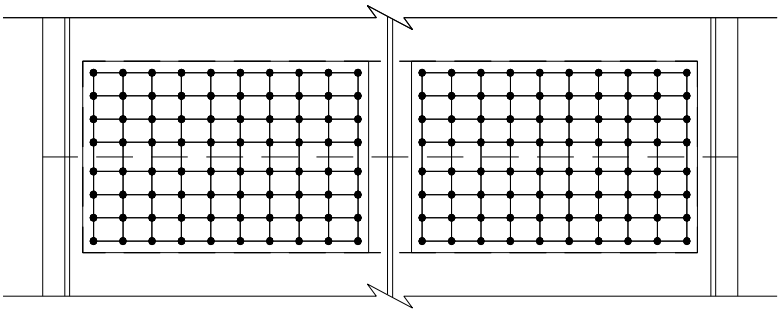
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 137.1 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	22	0	80	12	660	2	960	12	660	1	2100	12	660	4	20	80



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{22 \times 2400 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 73 EA ⇒ n = 80 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{22 \times 2400 \times 172.5}{230.0} =$ 39600.0 mm^2

· 사용이음판: 0-PL 80 × 12 × 660 = 0.0 mm^2

2-PL 960 × 12 × 660 = 23040.0 mm^2

1-PL 2100 × 12 × 660 = 25200.0 mm^2

Σ = 48240.0 mm^2 > A_{req} = 39600.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{22 \times 2400 \times 172.5}{48240.0} =$ 188.8 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2400 \times 172.5}{80\ EA} = 113850.0\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.038E+06 \times 1.012E+08}{5.31052E+11} + \frac{1.229E+06 \times 7.002E+07}{7.76102E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{1.954E+06 \times 7.642E+07}{8.83299E+11} \right) \times \frac{120.0}{4\ EA} = 14336\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2400.0 × 22 × (1928.40 − 11.0) = 101238720 mm^3

  Qv1 = 2400.0 × 22 × (1337.10 − 11.0) = 70018080 mm^3

  Qv2 = 2400.0 × 22 × (1458.40 − 11.0) = 76422720 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 5.31052E+11 mm^4 , Iv1 = 7.76102E+11 mm^4 , Iv2 = 8.83299E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 20 = 120.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(113850.0^2 + 14335.8^2)} = 114749.0\ N/EA \quad < \quad \rho_{sa} \quad O.K$$

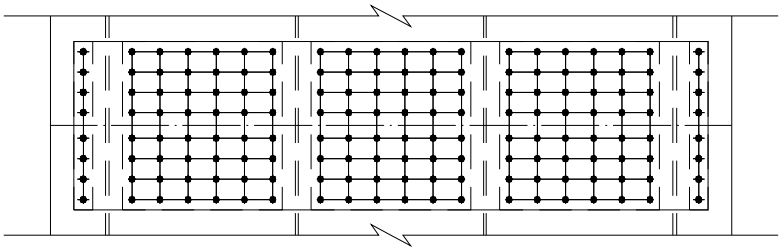
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 170.7 MPa

· $fs_{_min}$ = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2700	26	2	80	16	1300	3	680	16	1300	1	2500	16	1300	8	14	112



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{26 \times 2700 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 97\ EA \quad \Rightarrow \quad n = 112\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{26 \times 2700 \times 172.5}{230.0} = 52650.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 16	× 1300	=	2560.0	mm²
3-PL	680	× 16	× 1300	=	32640.0	mm²
1-PL	2500	× 16	× 1300	=	40000.0	mm²
				Σ =	75200.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 75200 − 25.0 × 16.0 × 14 열 × 2 EA

= 64000.0 mm² > A_{req} = 52650.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{26 \times 2700 \times 172.5}{64000.0} = 189.2$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$\rho_p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{26 \times 2700.0 \times 172.5}{112 \ EA} = 108120.5$ N/EA < ρ_{sa} = 126000 MPa O.K

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.038E+06 \times 1.181E+08}{5.31052E+11} + \frac{1.229E+06 \times 1.596E+08}{7.76102E+11} \right.$$

$$\left. + \left(\frac{1.954E+06 \times 1.511E+08}{8.83299E+11} \right) \right) \times \frac{192.9}{8.0 \ EA} = 19720 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 26 × (1695.6 − 13.0) = 118118520 mm³

Qv1 = 2700.0 × 26 × (2286.9 − 13.0) = 159627780 mm³

Qv2 = 2700.0 × 26 × (2165.6 − 13.0) = 151112520 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 5.31052E+11 mm⁴ , Iv1 = 7.76102E+11 mm⁴ , Iv2 = 8.83299E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 14 = 192.9 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(108120.5^2 + 19720.4^2)} = 109904.3$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

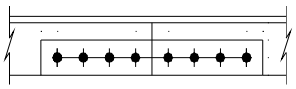
· 플랜지의 총단면적: As = 26 × 2700 = 70200.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 26 ×(2700 - 25 ×14) = 61100.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{70200.0 \times 172.5}{61100.0} = 198.2$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
220	20	2	200	10	660	4	2	8



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{20 \times 220 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 6.0 EA ⇒ n = 8 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{20 \times 220 \times 172.5}{230.0} =$ 3300.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 200 × 10 × 660 = 4000.0 mm²

= 4000.0 mm² > A_{req} = 3300.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{20 \times 220 \times 172.5}{4000.00} =$ 189.8 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

(4) 인장부 RIB의 이음 : (상부 RIB)

제 원		상면 이음판				상면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
120	12	2	100	10	500	3	1	3

① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 120 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.0 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 120 \times 172.5}{230.0} =$ 1080.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 100 × 10 × 500 = 2000.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2000 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

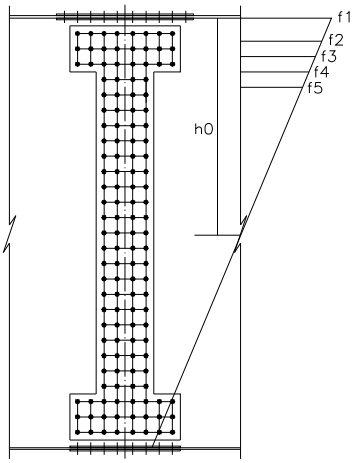
= 1500.0 mm² > A_{req} = 1080.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 120 \times 172.5}{1500.00} =$ 165.6 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3576	16	2200	4	280	10	2	2896	10	4	150	4	100	4	100	3	100	3	100	111

① BOLT의 응력계산 :



· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1788 mm

f_1 = fs' = 172.500 MPa

f_2 = f_1 ·(ho - 150)/ho = 158.029 MPa

f_3 = f_1 ·(ho - 250)/ho = 148.381 MPa

f_4 = f_1 ·(ho - 350)/ho = 138.733 MPa

f_5 = f_1 ·(ho - 450)/ho = 129.086 MPa

f_6 = f_1 ·(ho - 550)/ho = 119.438 MPa

제1열 : $\frac{172.50 + 158.03}{2}$ × 150.0 × 16.0 / 4EA = 99159 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{158.03 + 148.38}{2}$ × 100.0 × 16.0 / 4EA = 61282 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{148.38 + 138.73}{2}$ × 100.0 × 16.0 / 4EA = 57423 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{138.73 + 129.09}{2}$ × 100.0 × 16.0 / 3EA = 71418 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{129.09 + 119.44}{2}$ × 100.0 × 16.0 / 3EA = 66273 N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{4221.4 \times 1000}{2} + \frac{2996.7 \times 1000000}{2 \times 2216.0} \right)$ / 111 EA = 25107 N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{99159^2 + 25107^2} = 102287.9$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$I_{sw}' = \frac{16 \times 3576^3}{12} + 16.0 \times 3576 \times (1788.0 - 1928.4)^2 = 62099966915$ mm⁴

$I_{v1w}' = \frac{16 \times 3576^3}{12} + 16.0 \times 3576 \times (1337.1 - 1788.0)^2 = 72604747273$ mm⁴

$I_{v2w}' = \frac{16 \times 3576^3}{12} + 16.0 \times 3576 \times (1458.4 - 1788.0)^2 = 67187842499$ mm⁴

여기서,

- I_{sw}' : 강재보단면의 단면2차모멘트 - I_{v1w}': 단일합성단면의 단면2차모멘트

- I_{v2w}': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 12680.4 \times \frac{6.210E+10}{5.311E+11} = 1482.8 \quad kN \cdot m$$

$$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 21459.7 \times \frac{7.260E+10}{7.761E+11} = 2007.6 \quad kN \cdot m$$

$$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 29899.0 \times \frac{6.719E+10}{8.833E+11} = 2274.3 \quad kN \cdot m$$

여기서,

Ms = 12680.4 kN·m, Mv1 = 21459.7 kN·m, Mv2 = 29899.0 kN·m

Is = 5.311E+11 mm^4, Iv1 = 7.761E+11 mm^4, Iv2 = 8.833E+11 mm^4

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1588.0	17785600.00	28243532800.0	73173333.3
2-PL 2896 × 10	57920.0	-	-	-	40480365226.7
Σ	69120.0			28243532800.0	40553538560.0

$I = Io + AY^2 = 40553538560 + 28243532800 = 68797071360 \quad mm^4$

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Isw = 68797071360 + 69120.0 \times (1788.0 - 1928.4)^2 = 7.016E+10 \quad mm^4$

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Iv1w = 68797071360 + 69120.0 \times (1337.1 - 1788.0)^2 = 8.285E+10 \quad mm^4$

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Iv2w = 68797071360 + 69120.0 \times (1458.4 - 1788.0)^2 = 7.631E+10 \quad mm^4$

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1695.6 mm Ysl = 1928.4 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 2286.9 mm Yvl = 1337.1 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 2165.6 mm Yvl = 1458.4 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{1482.815 \times 1000000}{70159575859} \times 1695.6$$
$$+ \frac{2007.563 \times 1000000}{82849914547} \times 2286.900 + \frac{2274.253 \times 1000000}{76306002739} \times 2165.600$$
$$= 35.836 + 55.415 + 64.544 = 155.795 \quad MPa < f_{sa} \quad O.K$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{1482.815 \times 1000000}{70159575859} \times 1928.4$$
$$+ \frac{2007.563 \times 1000000}{82849914547} \times 1337.100 + \frac{2274.253 \times 1000000}{76306002739} \times 1458.400$$
$$= 40.757 + 32.400 + 43.467 = 116.623 \quad MPa < f_{sa} \quad O.K$$

◎ **이음번호 < S8-1 , S17-1 > :** 89,1/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-13610.8	-22613.0	-13264.4	-17706.3	-361.5	-31332.1	-67556.0	182.7	-146.7
S(kN)	1041.6	1184.6	670.4	1208.9	6.9	1886.2	4112.4	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	228.2	386.0	179.7	1525.9	4.9	1710.6	2324.7	HSB500	230
Ysl(mm)	1912.8	1323.5	1444.3				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	5.187E+11	7.587E+11	8.644E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

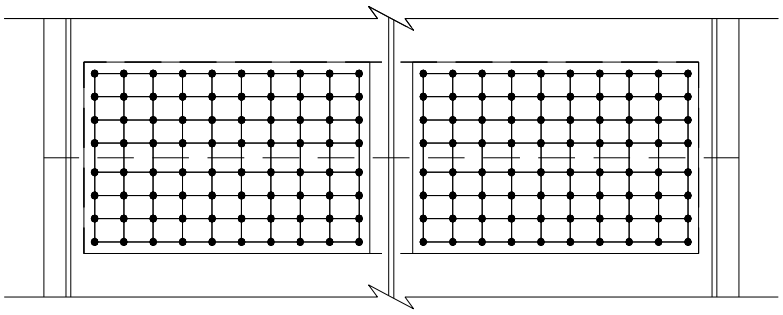
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 146.7 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	22	0	80	12	660	2	960	12	660	1	2100	12	660	4	20	80



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{22 \times 2400 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 73 EA ⇒ n = 80 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{22 \times 2400 \times 172.5}{230.0} =$ 39600.0 mm^2

· 사용이음판: 0-PL 80 × 12 × 660 = 0.0 mm^2

2-PL 960 × 12 × 660 = 23040.0 mm^2

1-PL 2100 × 12 × 660 = 25200.0 mm^2

Σ = 48240.0 mm^2 > A_{req} = 39600.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{22 \times 2400 \times 172.5}{48240.0} =$ 188.8 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{22 \times 2400 \times 172.5}{80\ EA} = 113850.0\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.042E+06 \times 1.004E+08}{5.18730E+11} + \frac{1.185E+06 \times 6.930E+07}{7.58730E+11} \right.$$

$$\left. + \left(\frac{1.886E+06 \times 7.568E+07}{8.64434E+11} \right) \right) \times \frac{120.0}{4\ EA} = 14249\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2400.0 × 22 × (1912.80 − 11.0) = 100415040 mm^3

  Qv1 = 2400.0 × 22 × (1323.50 − 11.0) = 69300000 mm^3

  Qv2 = 2400.0 × 22 × (1444.30 − 11.0) = 75678240 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 5.18730E+11 mm^4 , Iv1 = 7.58730E+11 mm^4 , Iv2 = 8.64434E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 20 = 120.0 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(113850.0^2 + 14248.5^2)} = 114738.1\ N/EA < \rho_{sa} \quad O.K$$

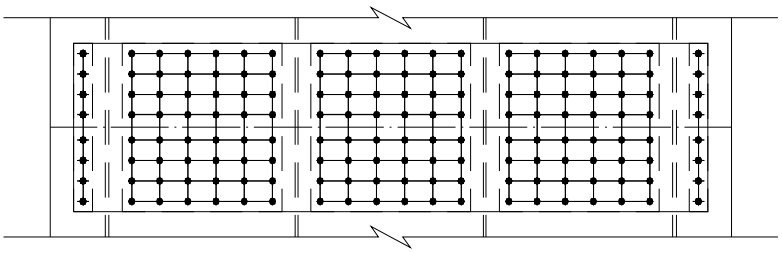
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 182.7 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 182.7 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2700	26	2	80	16	1300	3	680	16	1300	1	2500	16	1300	8	14	112



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{26 \times 2700 \times 182.7}{126000.0} \fallingdotseq 102\ EA \Rightarrow n = 112\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{26 \times 2700 \times 182.7}{230.0} = 55750.4 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 16	× 1300	=	2560.0	mm²
3-PL	680	× 16	× 1300	=	32640.0	mm²
1-PL	2500	× 16	× 1300	=	40000.0	mm²
				Σ =	75200.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 75200 − 25.0 × 16.0 × 14 열 × 2 EA

= 64000.0 mm² > A_{req} = 55750.4 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{26 \times 2700 \times 182.7}{64000.0} = 200.4$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$\rho_p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{26 \times 2700.0 \times 182.7}{112 \ EA} = 114487.4$ N/EA < ρ_{sa} = 126000 MPa O.K

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{1.042E+06 \times 1.171E+08}{5.18730E+11} + \frac{1.185E+06 \times 1.585E+08}{7.58730E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{1.886E+06 \times 1.500E+08}{8.64434E+11} \right) \times \frac{192.9}{8.0 \ EA} = 19524 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 26 × (1681.2 − 13.0) = 117107640 mm³

Qv1 = 2700.0 × 26 × (2270.5 − 13.0) = 158476500 mm³

Qv2 = 2700.0 × 26 × (2149.7 − 13.0) = 149996340 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 5.18730E+11 mm⁴ , Iv1 = 7.58730E+11 mm⁴ , Iv2 = 8.64434E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 14 = 192.9 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(114487.4^2 + 19523.5^2)} = 116140.2$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

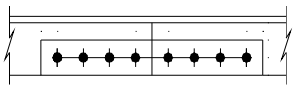
· 플랜지의 총단면적: As = 26 × 2700 = 70200.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 26 ×(2700 - 25 ×14) = 61100.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{70200.0 \times 182.7}{61100.0} = 209.9$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
220	20	2	200	10	660	4	2	8



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{20 \times 220 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 6.0 EA ⇒ n = 8 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{20 \times 220 \times 172.5}{230.0} =$ 3300.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 200 × 10 × 660 = 4000.0 mm²

= 4000.0 mm² > A_{req} = 3300.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{20 \times 220 \times 172.5}{4000.00} =$ 189.8 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

(4) 인장부 RIB의 이음 : (상부 RIB)

제 원		상면 이음판				상면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
120	12	2	100	10	500	3	1	3

① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{12 \times 120 \times 182.7}{126000.0} \fallingdotseq$ 2.1 EA ⇒ n = 3 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{12 \times 120 \times 182.7}{230.0} =$ 1143.6 mm²

· 사용이음판: 2-PL 100 × 10 × 500 = 2000.0 mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 2000 − 25.0 × 10 × 1 열 × 2 EA

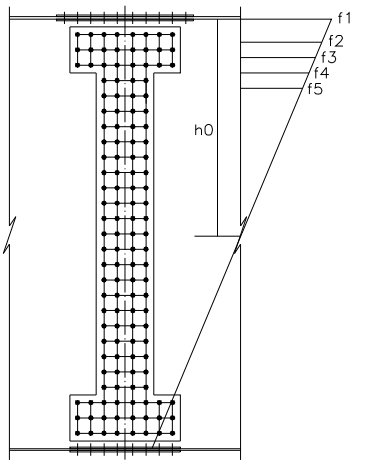
= 1500.0 mm² > A_{req} = 1143.6 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{12 \times 120 \times 182.7}{1500.00} =$ 175.4 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3546	16	2200	4	280	10	2	2866	10	4	150	4	100	4	100	3	100	3	100	108

① BOLT의 응력계산 :



· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1824 mm

f_1 = fs' = 182.658 MPa

f_2 = f_1 ·(ho - 150)/ho = 167.634 MPa

f_3 = f_1 ·(ho - 250)/ho = 157.619 MPa

f_4 = f_1 ·(ho - 350)/ho = 147.603 MPa

f_5 = f_1 ·(ho - 450)/ho = 137.587 MPa

f_6 = f_1 ·(ho - 550)/ho = 127.571 MPa

제1열 : $\frac{182.66 + 167.63}{2}$ × 150.0 × 16.0 / 4EA = 105088 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\frac{167.63 + 157.62}{2}$ × 100.0 × 16.0 / 4EA = 65051 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\frac{157.62 + 147.60}{2}$ × 100.0 × 16.0 / 4EA = 61044 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\frac{147.60 + 137.59}{2}$ × 100.0 × 16.0 / 3EA = 76051 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{137.59 + 127.57}{2}$ × 100.0 × 16.0 / 3EA = 70709 N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{4112.4 \times 1000}{2} + \frac{2324.7 \times 1000000}{2 \times 2216.0} \right)$ / 108 EA = 23896 N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{105088^2 + 23896^2}$ = 107770.1 N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$I_{sw}' = \frac{16 \times 3546^3}{12} + 16.0 \times 3546 \times (1773.0 - 1912.8)^2$ = 60559271101 mm⁴

$I_{v1w}' = \frac{16 \times 3546^3}{12} + 16.0 \times 3546 \times (1323.5 - 1773.0)^2$ = 70913943432 mm⁴

$I_{v2w}' = \frac{16 \times 3546^3}{12} + 16.0 \times 3546 \times (1444.3 - 1773.0)^2$ = 65580387244 mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트 - Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트

- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 13610.8 \times \frac{6.056E+10}{5.187E+11} = 1589.0 \quad kN \cdot m$$

$$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 22613.0 \times \frac{7.091E+10}{7.587E+11} = 2113.5 \quad kN \cdot m$$

$$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 31332.1 \times \frac{6.558E+10}{8.644E+11} = 2377.0 \quad kN \cdot m$$

여기서,

Ms = 13610.8 kN·m, Mv1 = 22613.0 kN·m, Mv2 = 31332.1 kN·m

Is = 5.187E+11 mm^4, Iv1 = 7.587E+11 mm^4, Iv2 = 8.644E+11 mm^4

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY^2 (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1573.0	17617600.00	27712484800.0	73173333.3
2-PL 2866 × 10	57320.0	-	-	-	39235329826.7
Σ	68520.0			27712484800.0	39308503160.0

$I = Io + AY^2 = 39308503160 + 27712484800 = 67020987960 \quad mm^4$

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Isw = 67020987960 + 68520.0 \times (1773.0 - 1912.8)^2 = 6.836E+10 \quad mm^4$

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Iv1w = 67020987960 + 68520.0 \times (1323.5 - 1773.0)^2 = 8.087E+10 \quad mm^4$

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  $Iv2w = 67020987960 + 68520.0 \times (1444.3 - 1773.0)^2 = 7.442E+10 \quad mm^4$

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1681.2 mm Ysl = 1912.8 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 2270.5 mm Yvl = 1323.5 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 2149.7 mm Yvl = 1444.3 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{1588.998 \times 1000000}{68360145581} \times 1681.2$$
$$+ \frac{2113.505 \times 1000000}{80865471090} \times 2270.500 + \frac{2377.016 \times 1000000}{74424141599} \times 2149.700$$
$$= 39.079 + 59.342 + 68.659 = 167.079 \quad MPa < f_{sa} \quad O.K$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{1588.998 \times 1000000}{68360145581} \times 1912.8$$
$$+ \frac{2113.505 \times 1000000}{80865471090} \times 1323.500 + \frac{2377.016 \times 1000000}{74424141599} \times 1444.300$$
$$= 44.462 + 34.591 + 46.129 = 125.182 \quad MPa < f_{sa} \quad O.K$$

◎ **이음번호 < S9-1 , S16-1 > :** 87,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-7283.8	-14416.6	-8460.5	-11795.1	-316.2	-20571.8	-42272.2	176.1	-149.2
S(kN)	676.8	1045.7	614.0	925.0	9.4	1548.5	3271.0	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	15.9	2.3	-84.1	-1427.3	-25.3	-1536.7	-1518.5	HSB500	230
Ysl(mm)	1573.2	1065.2	1201.8				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	2.887E+11	4.179E+11	5.002E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

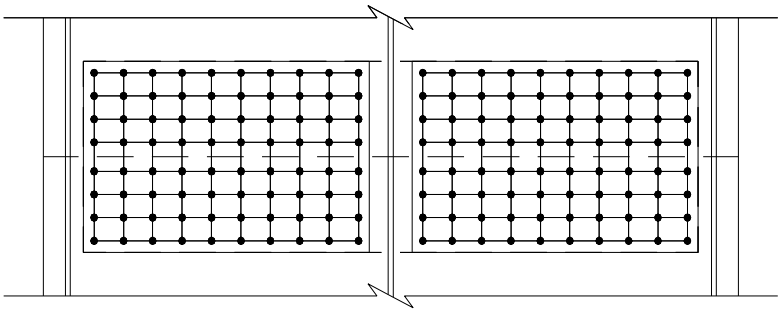
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 149.2 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	18	0	80	10	660	2	960	10	660	1	2100	10	660	4	18	72



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 60 EA ⇒ n = 72 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{230.0} =$ 32400.0 mm^2

· 사용이음판: 0-PL 80 × 10 × 660 = 0.0 mm^2

2-PL 960 × 10 × 660 = 19200.0 mm^2

1-PL 2100 × 10 × 660 = 21000.0 mm^2

Σ = 40200.0 mm^2 > A_{req} = 32400.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{40200.0} =$ 185.4 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{72\ EA} = 103500.0\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa\ O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{6.768E+05 \times 6.757E+07}{2.88715E+11} + \frac{1.046E+06 \times 4.563E+07}{4.17852E+11} \right) + \left(\frac{1.548E+06 \times 5.153E+07}{5.00158E+11} \right) \times \frac{133.3}{4\ EA} = 14404\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2400.0 × 18 × (1573.20 − 9.0) = 67573440 mm^3

  Qv1 = 2400.0 × 18 × (1065.20 − 9.0) = 45627840 mm^3

  Qv2 = 2400.0 × 18 × (1201.80 − 9.0) = 51528960 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 2.88715E+11 mm^4 , Iv1 = 4.17852E+11 mm^4 , Iv2 = 5.00158E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 18 = 133.3 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(103500.0^2 + 14404.2^2)} = 104497.5\ N/EA < \rho_{sa}\ O.K$$

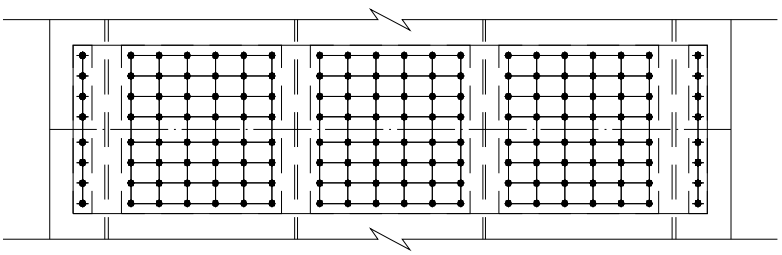
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 176.1 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 176.1 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2700	18	2	80	12	980	3	680	12	980	1	2500	12	980	6	14	84



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 2700 \times 176.1}{126000.0} \fallingdotseq 68\ EA \Rightarrow n = 84\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{18 \times 2700 \times 176.1}{230.0} = 37213.7 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	80	× 12	×	980	=	1920.0	mm^2
3-PL	680	× 12	×	980	=	24480.0	mm^2
1-PL	2500	× 12	×	980	=	30000.0	mm^2
					Σ =	56400.0	mm^2

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 56400 − 25.0 × 12.0 × 14 열 × 2 EA

= 48000.0 mm^2 > A_{req} = 37213.7 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{18 \times 2700 \times 176.1}{48000.0} = 178.3$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2700.0 \times 176.1}{84 \ EA} = 101894.5 \ N/EA < \rho_{sa} = 126000 \ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{6.768E+05 \times 7.211E+07}{2.88715E+11} + \frac{1.046E+06 \times 9.680E+07}{4.17852E+11} \right.$$

$$\left. + \left(\frac{1.548E+06 \times 9.016E+07}{5.00158E+11} \right) \right) \times \frac{192.9}{6 \ EA} = 22193 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 2700.0 × 18 × (1492.8 − 9.0) = 72112680 mm^3

Qv1 = 2700.0 × 18 × (2000.8 − 9.0) = 96801480 mm^3

Qv2 = 2700.0 × 18 × (1864.2 − 9.0) = 90162720 mm^3

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 2.88715E+11 mm^4 , Iv1 = 4.17852E+11 mm^4 , Iv2 = 5.00158E+11 mm^4)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2700 / 14 = 192.9 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(101894.5^2 + 22192.8^2)} = 104283.4 \ N/EA < \rho_{sa} \quad O.K$$

④ 모재의 응력검토 :

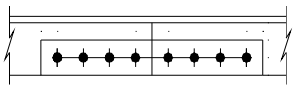
· 플랜지의 총단면적: As = 18 × 2700 = 48600.0 mm^2

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 18 ×(2700 - 25 ×14) = 42300.0 mm^2

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{48600.0 \times 176.1}{42300.0} = 202.3$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 :　　(하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
200	18	2	180	10	500	3	2	6



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \dfrac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \dfrac{18 \times 200 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 4.9 EA ⇒ n = 6 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{18 \times 200 \times 172.5}{230.0} =$ 2700.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 180 × 10 × 500 = 3600.0 mm²

= 3600.0 mm² > A_{req} = 2700.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{18 \times 200 \times 172.5}{3600.00} =$ 172.5 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

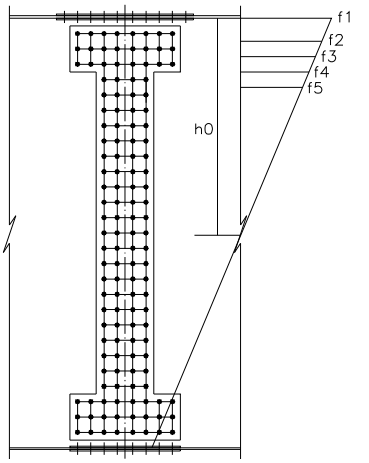
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
3030	14	2200	4	280	10	2	2350	10	4	150	4	100	4	100	3	100	3	100	93

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1531 mm



$f_1 = fs' =$ 176.114 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (ho - 150)/ho =$ 158.856 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (ho - 250)/ho =$ 147.350 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (ho - 350)/ho =$ 135.845 MPa

$f_5 = f_1 \cdot (ho - 450)/ho =$ 124.340 MPa

$f_6 = f_1 \cdot (ho - 550)/ho =$ 112.834 MPa

제1열 : $\dfrac{176.11 + 158.86}{2} \times 150.0 \times 14.0 / 4EA =$ 87930 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\dfrac{158.86 + 147.35}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 4EA =$ 53586 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\dfrac{147.35 + 135.85}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 4EA =$ 49559 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\dfrac{135.85 + 124.34}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 3EA =$ 60710 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{124.34 + 112.83}{2} \times 100.0 \times 14.0 / 3EA = 55341$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{3271.0 \times 1000}{2} + \frac{1518.5 \times 1000000}{2 \times 2214.0} \right) / 93 EA = 21273$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{87930^2 + 21273^2} = 90466.4$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$Isw' = \frac{14 \times 3030^3}{12} + 14.0 \times 3030 \times (1515.0 - 1573.2)^2 = 32598168221$ mm⁴

$Iv1w' = \frac{14 \times 3030^3}{12} + 14.0 \times 3030 \times (1065.2 - 1515.0)^2 = 41036897597$ mm⁴

$Iv2w' = \frac{14 \times 3030^3}{12} + 14.0 \times 3030 \times (1201.8 - 1515.0)^2 = 36615639161$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 7283.8 \times \frac{3.260E+10}{2.887E+11} = 822.4$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 14416.6 \times \frac{4.104E+10}{4.179E+11} = 1415.8$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 20571.8 \times \frac{3.662E+10}{5.002E+11} = 1506.0$ kN·m

여기서,

Ms = 7283.8 kN·m, Mv1 = 14416.6 kN·m, Mv2 = 20571.8 kN·m

Is = 2.887E+11 mm⁴ , Iv1 = 4.179E+11 mm⁴ , Iv2 = 5.002E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY² (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1315.0	14728000.00	19367320000.0	73173333.3
2-PL 2350 × 10	47000.0	-	-	-	21629791666.7
Σ	58200.0			19367320000.0	21702965000.0

I = Io + AY² = 21702965000 + 19367320000 = 41070285000 mm⁴

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 41070285000 + 58200.0 ×(1515.0 − 1573.2)² = 4.127E+10 mm⁴

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 41070285000 + 58200.0 ×(1065.2 − 1515.0)² = 5.285E+10 mm⁴

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 41070285000 + 58200.0 ×(1201.8 − 1515.0)² = 4.678E+10 mm⁴

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1492.8 mm Ysl = 1573.2 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 2000.8 mm Yvl = 1065.2 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1864.2 mm Yvl = 1201.8 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{822.400 \times 1000000}{41267422368} \times 1492.8$$

$$+ \frac{1415.840 \times 1000000}{52845311328} \times 2000.800 + \frac{1506.020 \times 1000000}{46779369768} \times 1864.200$$

$$= 29.749 + 53.606 + 60.016 = 143.371 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{822.400 \times 1000000}{41267422368} \times 1573.2$$

$$+ \frac{1415.840 \times 1000000}{52845311328} \times 1065.200 + \frac{1506.020 \times 1000000}{46779369768} \times 1201.800$$

$$= 31.352 + 28.539 + 38.691 = 98.581 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

◎ **이음번호 < S10-1 , S15-1 > :** 85,3/4지점 (외측거더)

< 설계조건 >

구 분	합성전	단일합성	이중합성				합 계	상부FL.응력	하부FL.응력
	DL1	DL2	DL3	LL	SET	소 계		fu (MPa)	fl (MPa)
M(kN-m)	-2325.0	-5064.3	-3028.4	-6623.9	-213.9	-9866.2	-17255.5	166.1	-129.4
S(kN)	357.4	789.4	453.5	759.3	10.8	1223.6	2370.4	사용강종	허용인장, f_{sa}
T(kN-m)	-68.2	-171.2	-181.3	-1179.2	-17.2	-1377.7	-1617.2	HSB500	230
Ysl(mm)	930.7	930.7	1168.1				사용볼트	M 22 F 13 T (H.T.B)	
Is(mm^4)	1.372E+11	1.372E+11	1.955E+11				ρ_{sa} (N)	63000 × 2 면 = 126000	

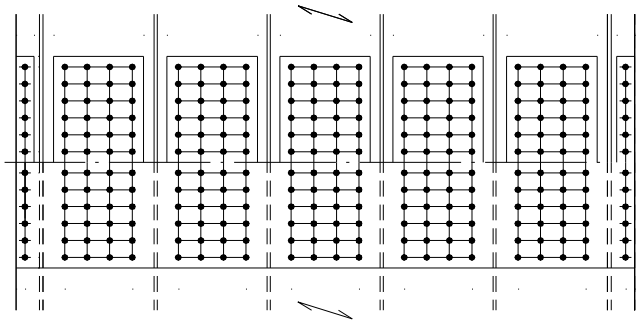
1) 압축부 플랜지의 이음 : (하부 플랜지) (☞ 도.설.해 3.5.3.6)

· fs = 129.4 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다. (☞ 도.설 3.5.1.1)

제 원		상면-측면 이음판				상면-중앙 이음판				하면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
2400	18	2	80	10	660	5	380	10	660	1	2400	10	660	4	17	68



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 60 EA ⇒ n = 68 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{230.0}$ = 32400.0 mm^2

· 사용이음판: 2-PL 80 × 10 × 660 = 1600.0 mm^2

5-PL 380 × 10 × 660 = 19000.0 mm^2

1-PL 2400 × 10 × 660 = 24000.0 mm^2

Σ = 44600.0 mm^2 > A_{req} = 32400.0 mm^2 O.K

· 이음판응력: $fs = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{44600.0}$ = 167.1 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$$\rho_p = \frac{P}{n} = \frac{18 \times 2400 \times 172.5}{68\ EA} = 109588.2\ N/EA < \rho_{sa} = 126000\ MPa \quad O.K$$

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss\ Qs}{Is} + \frac{Sv1\ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2\ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{3.574E+05 \times 3.982E+07}{1.37248E+11} + \frac{7.894E+05 \times 3.982E+07}{1.37248E+11} \right)$$

$$+ \left(\frac{1.224E+06 \times 5.007E+07}{1.95531E+11} \right) \times \frac{141.2}{4\ EA} = 22802\ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

  Qs = 2400.0 × 18 × (930.70 − 9.0) = 39817440 mm^3

  Qv1 = 2400.0 × 18 × (930.70 − 9.0) = 39817440 mm^3

  Qv2 = 2400.0 × 18 × (1168.10 − 9.0) = 50073120 mm^3
- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

  (Is = 1.37248E+11 mm^4 , Iv1 = 1.37248E+11 mm^4 , Iv2 = 1.95531E+11 mm^4)
- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 2400 / 17 = 141.2 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(109588.2^2 + 22801.9^2)} = 111935.3\ N/EA < \rho_{sa} \quad O.K$$

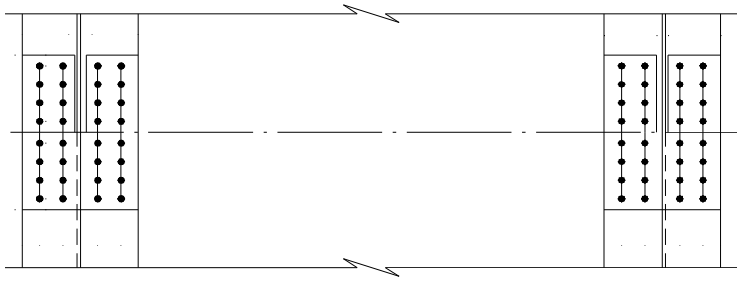
2) 인장부 플랜지의 이음 : (상부 플랜지)

· fs = 166.1 MPa

· fs_{min} = 0.75 × 230 = 172.5 MPa (☞ 도.설 3.5.1.1)

∴ 이음부의 설계응력 (fs')은 172.5 MPa 을적용한다.

제 원		하면-측면 이음판				하면-중앙 이음판				상면 이음판				볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
500	16	2	120	16	820	0	0	0	0	1	380	16	820	5	3	15



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \frac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \frac{16 \times 500 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq 11\ EA \Rightarrow n = 15\ EA$ 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{16 \times 500 \times 172.5}{230.0} = 6000.0 \ mm^2$

· 사용이음판:

2-PL	120	× 16 ×	820	=	3840.0	mm²
0-PL	0	× 0 ×	0	=	0.0	mm²
1-PL	380	× 16 ×	820	=	6080.0	mm²
				Σ =	9920.0	mm²

- 이음판의 순단면적 : (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 9920 − 25.0 × 16.0 × 3 열 × 2 EA

= 7520.0 mm² > A_{req} = 6000.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{16 \times 500 \times 172.5}{7520.0} = 183.5$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

③ BOLT의 응력검토 :

· 직응력:

$\rho_p = \dfrac{P}{n} = \dfrac{16 \times 500.0 \times 172.5}{15 \ EA} = 92000.0$ N/EA < ρ_{sa} = 126000 MPa O.K

· 휨 전단응력:

$$\rho_h = \left(\frac{Ss \ Qs}{Is} + \frac{Sv1 \ Qv1}{Iv1} + \frac{Sv2 \ Qv2}{Iv2} \right) \times \frac{p}{n} = \left(\frac{3.574E+05 \times 1.359E+07}{1.37248E+11} + \frac{7.894E+05 \times 1.359E+07}{1.37248E+11} \right) + \left(\frac{1.224E+06 \times 1.170E+07}{1.95531E+11} \right) \times \frac{166.7}{5 \ EA} = 6226 \ N/EA$$

여기서,

- Ss : 합성전 전단력, Sv1 : 단일합성 전단력, Sv2 : 이중합성 전단력
- Qs,Qv1,Qv2 : 합성전, 단일 합성 및 이중합성후의 중립축에 대한 접합선외측의 단면1차모멘트

Qs = 500.0 × 16 × (1707.3 − 8.0) = 13594400 mm³

Qv1 = 500.0 × 16 × (1707.3 − 8.0) = 13594400 mm³

Qv2 = 500.0 × 16 × (1469.9 − 8.0) = 11695200 mm³

- Is,Iv : 합성전 및 합성후의 중립축에대한 총단면의 단면2차모멘트

(Is = 1.37248E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.37248E+11 mm⁴ , Iv2 = 1.95531E+11 mm⁴)

- p : 접합선방향 BOLT 평균 핏치(mm) = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 = 500 / 3 = 166.7 mm
- n : 접합선직각의 BOLT의 갯수

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho h^2)} = \sqrt{(92000.0^2 + 6225.9^2)} = 92210.5$ N/EA < ρ_{sa} O.K

④ 모재의 응력검토 :

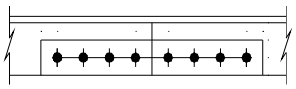
· 플랜지의 총단면적: As = 16 × 500 = 8000.0 mm²

· 볼트 구멍을 공제한 플랜지의 순단면적: Asn = 16 ×(500 - 25 ×3) = 6800.0 mm²

· 모재의 응력: $fs = \dfrac{8000.0 \times 172.5}{6800.0} = 202.9$ MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

3) 압축부 RIB의 이음 : (하부 RIB)

제 원		하면 이음판				하면 볼트 개수		
폭	두께	개수	폭	두께	길이	종	횡	총수
200	18	2	180	10	500	3	2	6



① 필요 BOLT수의 결정 :

· $n_{req} = \dfrac{As \cdot fs'}{\rho_{sa}} = \dfrac{18 \times 200 \times 172.5}{126000.0} \fallingdotseq$ 4.9 EA ⇒ n = 6 EA 사용 O.K

② 이음판의 결정 :

· 필요단면적: $A_{req} = \dfrac{18 \times 200 \times 172.5}{230.0}$ = 2700.0 mm²

· 사용이음판: 2-PL 180 × 10 × 500 = 3600.0 mm²

= 3600.0 mm² > A_{req} = 2700.0 mm² O.K

· 이음판응력: $fs = \dfrac{18 \times 200 \times 172.5}{3600.00}$ = 172.5 MPa < f_{sa} = 230 MPa O.K

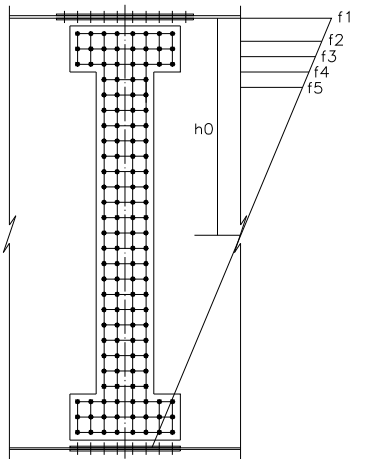
4) WEB 연결부의 계산 :

제 원			상하 이음판			중앙 이음판			볼트 개수 및 간격										
폭	두께	간격	개수	폭	두께	개수	폭	두께	1열	간격	2열	간격	3열	간격	4열	간격	5열	간격	총수
2604	12	2200	4	280	10	2	1924	10	3	150	3	100	3	100	2	100	2	100	56

① BOLT의 응력계산 :

· 휨에의한 BOLT의 응력:

- 중립축에서 연단까지의 거리: ho = 1302 mm



$f_1 = fs' =$ 172.500 MPa

$f_2 = f_1 \cdot (ho - 150)/ho =$ 152.627 MPa

$f_3 = f_1 \cdot (ho - 250)/ho =$ 139.378 MPa

$f_4 = f_1 \cdot (ho - 350)/ho =$ 126.129 MPa

$f_5 = f_1 \cdot (ho - 450)/ho =$ 112.880 MPa

$f_6 = f_1 \cdot (ho - 550)/ho =$ 99.631 MPa

제1열 : $\dfrac{172.50 + 152.63}{2} \times 150.0 \times 12.0 / 3EA$ = 97538 N/EA < ρ_{sa} O.K

제2열 : $\dfrac{152.63 + 139.38}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 3EA$ = 58401 N/EA < ρ_{sa} O.K

제3열 : $\dfrac{139.38 + 126.13}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 3EA$ = 53101 N/EA < ρ_{sa} O.K

제4열 : $\dfrac{126.13 + 112.88}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA$ = 71703 N/EA < ρ_{sa} O.K

제5열 : $\frac{112.88 + 99.63}{2} \times 100.0 \times 12.0 / 2EA = 63753$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 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

$\rho s = \left(\frac{2370.4 \times 1000}{2} + \frac{1617.2 \times 1000000}{2 \times 2212.0} \right) / 56 EA = 27692$ N/EA < ρ_{sa} O.K

· 합성응력의 검토:

$\rho = \sqrt{(\rho p^2 + \rho s^2)} = \sqrt{97538^2 + 27692^2} = 101393.0$ N/EA < ρ_{sa} O.K

② 이음판의 응력계산

· 복부판의 단면2차모멘트:

$I_{sw}' = \frac{12 \times 2604^3}{12} + 12.0 \times 2604 \times (1302.0 - 930.7)^2 = 21965209449$ mm⁴

$I_{v1w}' = \frac{12 \times 2604^3}{12} + 12.0 \times 2604 \times (930.7 - 1302.0)^2 = 21965209449$ mm⁴

$I_{v2w}' = \frac{12 \times 2604^3}{12} + 12.0 \times 2604 \times (1168.1 - 1302.0)^2 = 18217496818$ mm⁴

여기서,

- Isw' : 강재보단면의 단면2차모멘트
- Iv1w': 단일합성단면의 단면2차모멘트
- Iv2w': 이중합성단면의 단면2차모멘트

· 복부판에 작용하는 모멘트:

$Msw = Ms \cdot \frac{Isw'}{Is} = 2325.0 \times \frac{2.197E+10}{1.372E+11} = 372.1$ kN·m

$Mv1w = Mv1 \cdot \frac{Isv1'}{Iv1} = 5064.3 \times \frac{2.197E+10}{1.372E+11} = 810.5$ kN·m

$Mv2w = Mv2 \cdot \frac{Isv2'}{Iv2} = 9866.2 \times \frac{1.822E+10}{1.955E+11} = 919.2$ kN·m

여기서,

Ms = 2325.0 kN·m, Mv1 = 5064.3 kN·m, Mv2 = 9866.2 kN·m

Is = 1.372E+11 mm⁴ , Iv1 = 1.372E+11 mm⁴ , Iv2 = 1.955E+11 mm⁴

- Msw : 복부판에 작용하는 합성전 사하중에 의한 모멘트
- Mv1w : 복부판에 작용하는 단일합성후 하중에 의한 모멘트
- Mv2w : 복부판에 작용하는 이중합성후 하중에 의한 모멘트

· 이음판의 단면2차모멘트:

이음판 구분	A (mm^2)	Y (mm)	AY (mm^3)	AY² (mm^4)	Io (mm^4)
4-PL 280 × 10	11200.0	1102.0	12342400.00	13601324800.0	73173333.3
2-PL 1924 × 10	38480.0	-	-	-	11870361706.7
Σ	49680.0			13601324800.0	11943535040.0

I = Io + AY² = 11943535040 + 13601324800 = 25544859840 mm⁴

- Isw : 강재보단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Isw = 25544859840 + 49680.0 ×(1302.0 − 930.7)² = 3.239E+10 mm⁴

- Iv1w : 단일합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv1w = 25544859840 + 49680.0 ×(930.7 − 1302.0)² = 3.239E+10 mm⁴

- Iv2w : 이중합성단면의 중립축에 대한 이음판의 총단면2차모멘트

  Iv2w = 25544859840 + 49680.0 ×(1168.1 − 1302.0)² = 2.644E+10 mm⁴

· 이음판의응력:

- Ysu,Ysl : 강재보단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Ysu = 1707.3 mm Ysl = 930.7 mm

- Yv1u,Yv1l : 단일합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1707.3 mm Yvl = 930.7 mm

- Yv2u,Yv2l : 이중합성단면의 중립축에서 이음판 상,하연까지의 거리

  Yvu = 1469.9 mm Yvl = 1168.1 mm

- fu : 이음판의 상연응력

$$fu = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysu + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1u + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2u = \frac{372.097 \times 1000000}{32393927959} \times 1707.3$$

$$+ \frac{810.490 \times 1000000}{32393927959} \times 1707.300 + \frac{919.229 \times 1000000}{26435582993} \times 1469.900$$

$$= 19.611 + 42.716 + 51.112 = 113.439 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

- fl : 이음판의 하연응력

$$fl = \frac{Msw}{Isw} \cdot Ysl + \frac{Mv1w}{Iv1w} \cdot Yv1l + \frac{Mv2w}{Iv2w} \cdot Yv2l = \frac{372.097 \times 1000000}{32393927959} \times 930.7$$

$$+ \frac{810.490 \times 1000000}{32393927959} \times 930.700 + \frac{919.229 \times 1000000}{26435582993} \times 1168.100$$

$$= 10.691 + 23.286 + 40.618 = 74.594 \text{ MPa} < f_{sa} \quad \text{O.K}$$

6.3 용접부 검토

주요부재의 응력을 전달하는 필렛용접의 치수는 다음의 제한내에 있는 것을 표준으로 한다.

다만, 최소 모재의 두께가 8mm이상인 경우는 필렛용접 치수를 6mm이상으로 한다. (☞ 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)

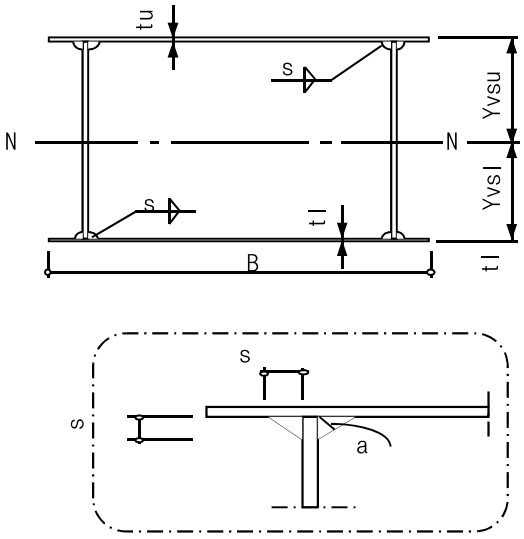
6.3.1 플랜지와 복부판의 용접부 검토

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
단면1	16	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면2	22	18	12	6.6	12	8	OK	6.0	12	6	OK
단면3	22	18	12	6.6	12	8	OK	6.0	12	6	OK
단면4	26	22	12	7.2	12	8	OK	6.6	12	8	OK
단면5	22	18	12	6.6	12	8	OK	6.0	12	6	OK
단면6	18	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면7	16	12	14	6.0	14	6	OK	6.0	12	6	OK
단면8	14	18	14	6.0	14	6	OK	6.0	14	6	OK
단면9	14	18	16	6.0	14	6	OK	6.0	16	6	OK
단면10	14	18	16	6.0	14	6	OK	6.0	16	6	OK
단면11	26	22	16	7.2	16	8	OK	6.6	16	8	OK
단면12	18	18	16	6.0	16	6	OK	6.0	16	6	OK
단면13	18	18	14	6.0	14	6	OK	6.0	14	6	OK
단면14	16	18	14	6.0	14	6	OK	6.0	14	6	OK
단면15	16	18	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면16	16	12	12	6.0	12	6	OK	6.0	12	6	OK
단면17	16	12	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) · y(mm)

y = Yvsu(I) - tu(I)/2

Iv : 총단면의 중립축에 관한 단면 2차 모멘트 (mm^4)

Σa : 필렛 용접의 목두께의 합 (mm) = 4EA ×s $\sqrt{2}$

s : 필렛 용접 치수 (mm)

① 응력 검토 결과:

- 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
단면1	2021.6	16	500	8000	672	5.314E+06	3.899E+11	6	17	1.6	135	OK
단면2	1493.7	22	500	11000	776	8.415E+06	4.693E+11	8	23	1.2	135	OK
단면3	1108.0	22	500	11000	776	8.415E+06	4.693E+11	8	23	0.9	135	OK
단면4	-485.8	26	500	13000	838	1.072E+07	5.195E+11	8	23	-0.4	135	OK
단면5	-1167.6	22	500	11000	776	8.415E+06	4.693E+11	8	23	-0.9	135	OK
단면6	-1728.0	18	500	9000	668	5.934E+06	3.908E+11	6	17	-1.5	135	OK
단면7	-2991.6	16	500	8000	1525	1.214E+07	2.501E+11	6	17	-8.6	135	OK
단면8	-3220.0	14	500	7000	1674	1.167E+07	3.497E+11	6	17	-6.3	135	OK
단면9	-3635.4	14	250	3500	1647	5.739E+06	4.219E+11	6	17	-2.9	135	OK
단면10	-3869.4	14	250	3500	2279	7.951E+06	6.739E+11	6	17	-2.7	135	OK
단면11	5584.5	26	250	6500	2339	1.512E+07	9.911E+11	8	23	3.8	135	OK
단면12	3822.2	18	250	4500	2238	1.003E+07	7.318E+11	6	17	3.1	135	OK
단면13	3352.1	18	250	4500	1994	8.932E+06	5.540E+11	6	17	3.2	135	OK
단면14	2840.4	16	500	8000	1452	1.155E+07	2.757E+11	6	17	7.0	135	OK
단면15	2529.0	16	500	8000	1470	1.170E+07	2.167E+11	6	17	8.0	135	OK
단면16	1983.6	16	500	8000	1234	9.810E+06	1.533E+11	6	17	7.5	135	OK
단면17	420.8	16	500	8000	515	4.058E+06	2.635E+11	6	17	0.4	135	OK

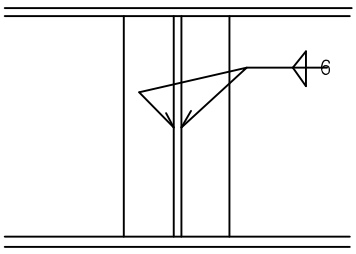
② 하부 플랜지와 복부판

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
단면1	2021.6	12	2200	26400	2342	6.166E+07	3.899E+11	6	17	18.8	135	OK
단면2	1493.7	18	2200	39600	2244	8.850E+07	4.693E+11	6	17	16.6	135	OK
단면3	1108.0	18	2200	39600	2244	8.850E+07	4.693E+11	6	17	12.3	135	OK
단면4	-485.8	22	2200	48400	2186	1.053E+08	5.195E+11	8	23	-4.4	135	OK
단면5	-1167.6	18	2200	39600	2244	8.850E+07	4.693E+11	6	17	-13.0	135	OK
단면6	-1728.0	12	2200	26400	2347	6.179E+07	3.908E+11	6	17	-16.1	135	OK
단면7	-2991.6	12	2200	26400	1577	4.147E+07	2.501E+11	6	17	-29.2	135	OK
단면8	-3220.0	18	2200	39600	1544	6.079E+07	3.497E+11	6	17	-33.0	135	OK
단면9	-3635.4	18	2200	39600	1689	6.654E+07	4.219E+11	6	17	-33.8	135	OK
단면10	-3869.4	18	2200	39600	1203	4.730E+07	6.739E+11	6	17	-16.0	135	OK
단면11	5584.5	22	2200	48400	1385	6.652E+07	9.911E+11	8	23	16.6	135	OK
단면12	3822.2	18	2200	39600	1248	4.906E+07	7.318E+11	6	17	15.1	135	OK
단면13	3352.1	18	2200	39600	1133	4.451E+07	5.540E+11	6	17	15.9	135	OK
단면14	2840.4	18	2200	39600	1398	5.501E+07	2.757E+11	6	17	33.4	135	OK
단면15	2529.0	18	2200	39600	1227	4.822E+07	2.167E+11	6	17	33.2	135	OK
단면16	1983.6	12	2200	26400	1294	3.400E+07	1.533E+11	6	17	25.9	135	OK
단면17	420.8	12	2200	26400	1999	5.261E+07	2.635E+11	6	17	5.0	135	OK

6.3.2 지점부 보강재 용접부 검토

1) 교대부 (A1)

- Rmax = 3451.6 kN



필렛용접 치수 : s = 6.0 mm

사용 보강재 : 4 PL - 240 × 20 × 3000

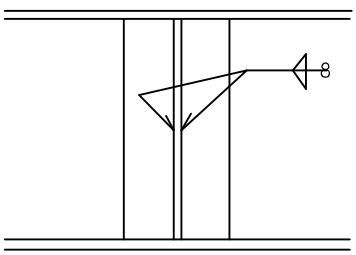
용접 목두께 : a = s / √2 = 4.24 mm

$$\upsilon = \frac{P}{\Sigma a \cdot l} = \frac{3451.643 \times 10^{3}}{8\ EA \times 4.24 \times 3000}$$

= 33.898 MPa ≤ υa = 135 MPa O.K

2) 교각부 (P1)

- Rmax = 11120.6 kN



필렛용접 치수 : s = 8.0 mm

사용 보강재 : 6 PL - 350 × 36 × 3700

용접 목두께 : a = s / √2 = 5.66 mm

$$\upsilon = \frac{P}{\Sigma a \cdot l} = \frac{11120.598 \times 10^{3}}{12\ EA \times 5.66 \times 3700}$$

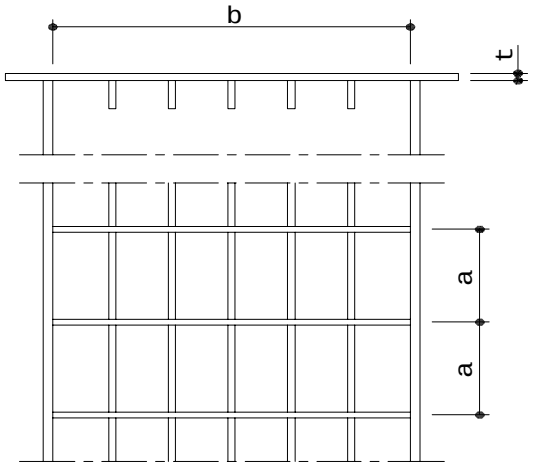
= 44.276 MPa ≤ υa = 135 MPa O.K

7. 보강재 설계

7.1 플랜지 보강재 설계

◎ 검토단면 **단면11 :** 단면위치 : 17,J지점 (이중합성구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Panne l의 수 : n = 2
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 5000.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2200.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 22 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 220 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 20 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 220 / 16 = 13.75 mm < 20 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2200 ×22) / (10 ×2) = 2420.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 220 ×20 = 4400.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 20 × 220³ = 7.099.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}}$ = 70986667 / (2200 × 22³ / 10.92) = 33.091

- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 2.863

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 2.273 < α_0 = 2.863

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t}$ = 4400 / (2200 × 22) = 0.091

- 응력 구배 계수:

i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

= 0.65 (0/2)² + 0.13 (0/2) + 1.0 = 1.00

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

여기서, f_1, f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2200}{22 \times 1 \times 2} = 50.000$ mm > t = 22 이고, $\alpha \le \alpha_o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 29.834$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 6.400.E+07 < $I_1 =$ 7.099.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (220) / 10.1 = 21.8 mm

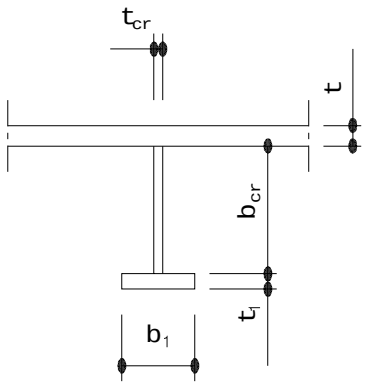
b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsca = 24000 x (t / b)^2 = 24000x(20/220)^2 = 198.3 MPa

fsca = 198.3 MPa > fsc = 60.9 MPa O.K

fsc : 하부콘크리트 타설시 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향리브의 설계 (SM400 사용)



- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 300 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 0 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 0 mm

① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)}$ = b t^3 / 10.92 · {(1 + n γ1*) / 4α^3 } = 2.771.E+06 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

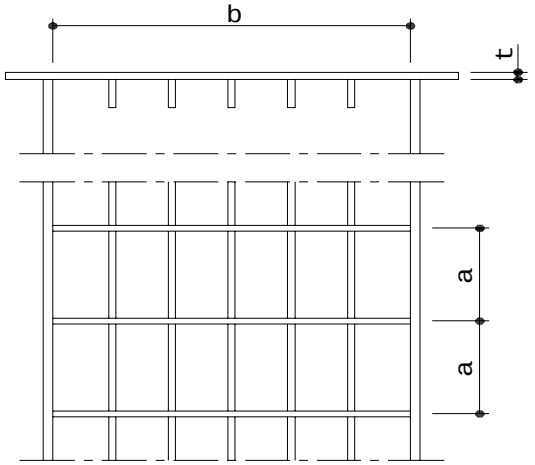
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

= 1/3 × 12 × 300^3 + 0.0 × 0.0^3 /12 + 0.0 × 300.0^2

= 1.080.E+08 mm^4 > $I_{t(req)}$ = 2.771.E+06 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면10 :** 단면위치 : 91,1/4지점 (이중합성구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Pannel의 수 : n = 2
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 5000.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2200.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 18 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 200 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 18 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 200 / 16 = 12.5 mm < 18 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2200 ×18) / (10 ×2) = 1980.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 200 ×18 = 3600.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 18 × 200³ = 4.800.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \dfrac{I_1}{\dfrac{bt^3}{10.92}}$ = 48000000 / (2200 × 18³ / 10.92) = 40.853
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 3.016

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 2.273 < α_0 = 3.016

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \dfrac{A_1}{b \cdot t}$ = 3600 / (2200 × 18) = 0.091

- 응력 구배 계수:

i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

= 0.65 (0/2)² + 0.13 (0/2) + 1.0 = 1.00

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

여기서, f_1, f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2200}{22 \times 1 \times 2} = 50.000$ mm > t = 18 이고, $\alpha \leq \alpha o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 29.834$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 3.505.E+07 < $I_1 =$ 4.800.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (200) / 10.1 = 19.8 mm

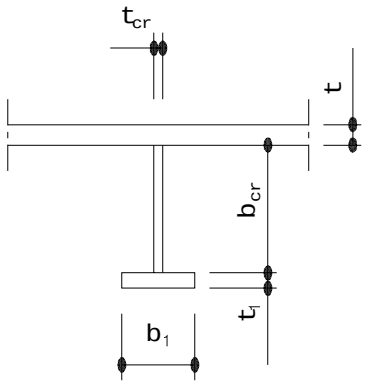
b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ $fsca = 24000 \times (t / b)^2 = 24000 \times (18/200)^2 =$ 194.4 MPa

fsca = 194.4 MPa > fsc = 46.7 MPa O.K

fsc : 하부콘크리트 타설시 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향리브의 설계 (SM400 사용)



- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 280 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 0 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 0 mm

① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)} = b\ t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n\gamma 1^*) / 4\alpha^3\} =$ 1.517.E+06 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

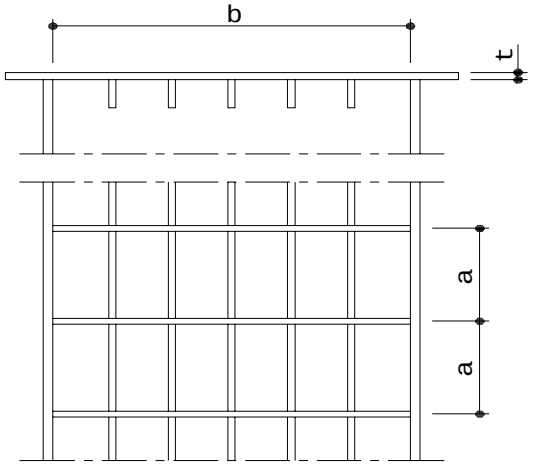
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

$= 1/3 \times 12 \times 280^3 + 0.0 \times 0.0^3/12 + 0.0 \times 280.0^2$

$=$ 8.781.E+07 mm^4 > $I_{t(req)} =$ 1.517.E+06 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면12 :** 단면위치 : 88,3/4지점 (이중합성구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Pannel의 수 : n = 2
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 5000.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2200.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 18 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 200 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 18 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 200 / 16 = 12.5 mm < 18 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2200 ×18) / (10 ×2) = 1980.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 200 ×18 = 3600.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 18 × 200³ = 4.800.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}}$ = 48000000 / (2200 × 18³ / 10.92) = 40.853
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 3.016

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 2.273 < α_0 = 3.016

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t}$ = 3600 / (2200 × 18) = 0.091

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/2)² + 0.13 (0/2) + 1.0 = 1.00

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

  여기서, f_1, f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2200}{22 \times 1 \times 2} = 50.000$ mm > t = 18 이고, $\alpha \le \alpha o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 29.834$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 3.505.E+07 < $I_1 =$ 4.800.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (200) / 10.1 = 19.8 mm

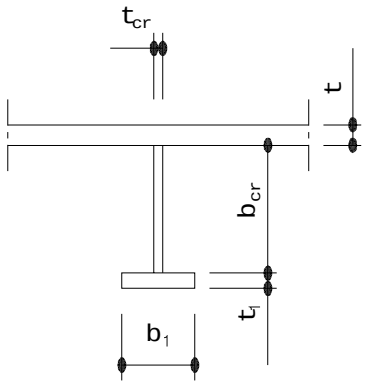
b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsca = 24000 x (t / b)² = 24000x(18/200)² = 194.4 MPa

fsca = 194.4 MPa > fsc = 50.6 MPa O.K

fsc : 하부콘크리트 타설시 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향리브의 설계 (SM400 사용)



- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 280 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 0 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 0 mm

① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)} = b\ t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n\gamma 1^*) / 4\alpha^3\} =$ 1.517.E+06 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

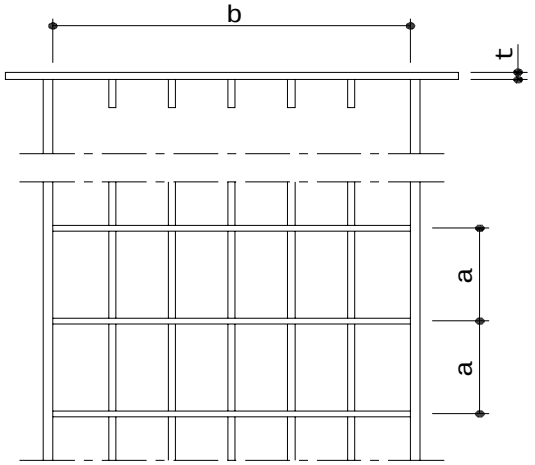
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

= 1/3 × 12 × 280³ + 0.0 × 0.0³ /12 + 0.0 × 280.0²

= 8.781.E+07 mm^4 > $I_{t(req)}$ = 1.517.E+06 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면9 :** 단면위치 : 92,I지점 (교번구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Panne l의 수 : n = 5
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 2500.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2200.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 18 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 200 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 18 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 200 / 16 = 12.5 mm < 18 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2200 ×18) / (10 ×5) = 792.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 200 ×18 = 3600.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 18 × 200³ = 4.800.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \dfrac{I_1}{\dfrac{bt^3}{10.92}}$ = 48000000 / (2200 × 18³ / 10.92) = 40.853
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 3.785

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 1.136 < α_0 = 3.785

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \dfrac{A_1}{b \cdot t}$ = 3600 / (2200 × 18) = 0.091

- 응력 구배 계수:

i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

= 0.65 (0/5)² + 0.13 (0/5) + 1.0 = 1.00

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

여기서, f_1, f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2200}{22 \times 1 \times 5} = 20.000$ mm > t = 18 이고, $\alpha \le \alpha o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 36.492$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 4.288.E+07 < $I_1 =$ 4.800.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (200) / 10.1 = 19.8 mm

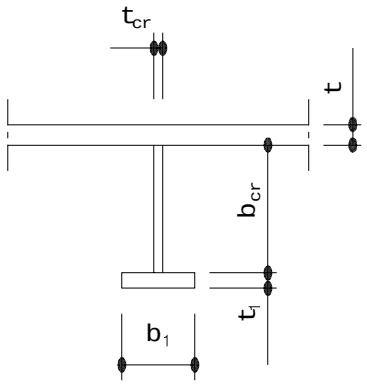
b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsca = 24000 x (t / b)² = 24000x(18/200)² = 194.4 MPa

fsca = 194.4 MPa > fsc = 179.2 MPa O.K

fsc : 사용하중상태의 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향리브의 설계 (SM400 사용)



- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 280 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm

① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)} = b\ t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n\gamma 1^*) / 4\alpha^3\} =$ 3.676.E+07 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

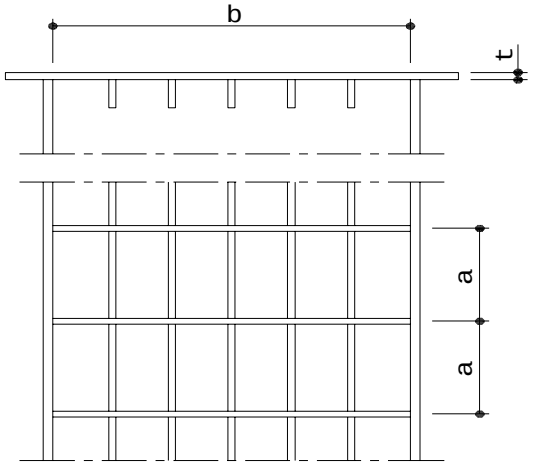
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

$= 1/3 \times 12 \times 280^3 + 100.0 \times 10.0^3/12 + 1000.0 \times 285.0^2$

= 1.690.E+08 mm^4 > $I_{t(req)} =$ 3.676.E+07 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면14 :** 단면위치 : 87,I지점 (교번구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Panne l의 수 : n = 5
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 2500.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2200.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 18 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 200 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 18 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 200 / 16 = 12.5 mm < 18 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2200 ×18) / (10 ×5) = 792.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 200 ×18 = 3600.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 18 × 200³ = 4.800.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}}$ = 48000000 / (2200 × 18³ / 10.92) = 40.853
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 3.785

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 1.136 < α_0 = 3.785

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t}$ = 3600 / (2200 × 18) = 0.091

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/5)² + 0.13 (0/5) + 1.0 = 1.00

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

  여기서, f_1, f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22 \quad i \cdot n} = \frac{2200}{22 \times 1 \times 5} = 20.000$ mm > t = 18 이고, $\alpha \leq \alpha o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 36.492$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 4.288.E+07 < $I_1 =$ 4.800.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (200) / 10.1 = 19.8 mm

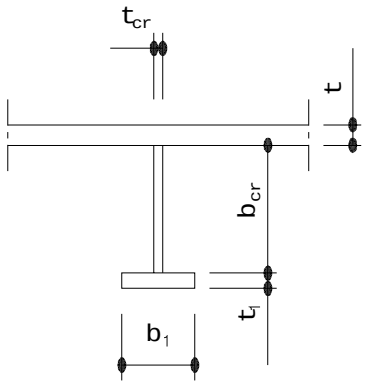
b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ fsca = 24000 x (t / b)² = 24000x(18/200)² = 194.4 MPa

fsca = 194.4 MPa > fsc = 175.1 MPa O.K

fsc : 사용하중상태의 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향리브의 설계 (SM400 사용)



- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 280 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm

① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)} = b\,t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n\gamma 1^*) / 4\alpha^3\} =$ 3.676.E+07 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

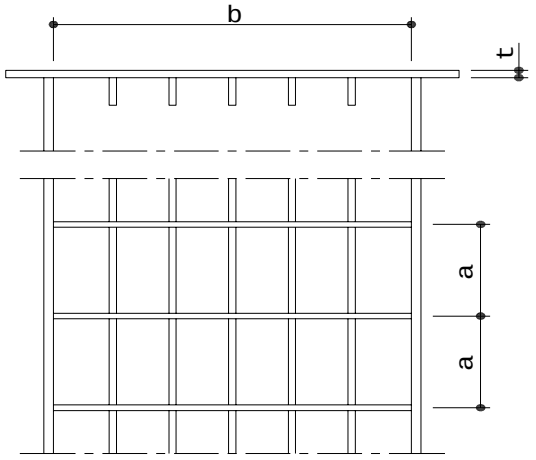
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

$= 1/3 \times 12 \times 280^3 + 100.0 \times 10.0^3/12 + 1000.0 \times 285.0^2$

= 1.690.E+08 mm^4 > $I_{t(req)} =$ 3.676.E+07 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면8 :** 단면위치 : 92,3/4지점 (교번구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Pannel의 수 : n = 5
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 2500.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2200.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 18 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 200 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 18 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 200 / 16 = 12.5 mm < 18 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2200 ×18) / (10 ×5) = 792.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 200 ×18 = 3600.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 18 × 200³ = 4.800.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}}$ = 48000000 / (2200 × 18³ / 10.92) = 40.853

- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 3.785

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 1.136 < α_0 = 3.785

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t}$ = 3600 / (2200 × 18) = 0.091

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/5)² + 0.13 (0/5) + 1.0 = 1.00

  ∵ ϕ = (f_1-f_2)/f_1 ≒ 0

  여기서, f_1,f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2200}{22 \times 1 \times 5} = 20.000$ mm > t = 18 이고, $\alpha \le \alpha o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 36.492$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 4.288.E+07 < $I_1 =$ 4.800.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (200) / 10.1 = 19.8 mm

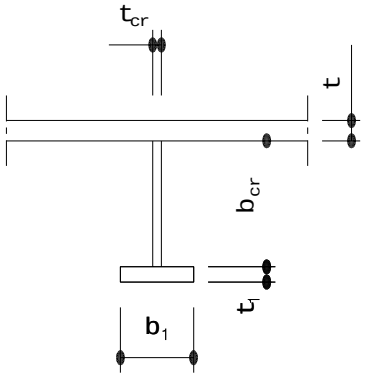
b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

∴ $fsca = 24000 \times (t / b)^2 = 24000 \times (18/200)^2 =$ 194.4 MPa

fsca = 194.4 MPa > fsc = 147.4 MPa O.K

fsc : 사용하중상태의 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향 리브의 설계 (SM400 사용)



- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 280 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm

① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)} = b\ t^3 / 10.92 \cdot \{(1 + n\gamma 1^*) / 4\alpha^3\} =$ 3.676.E+07 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

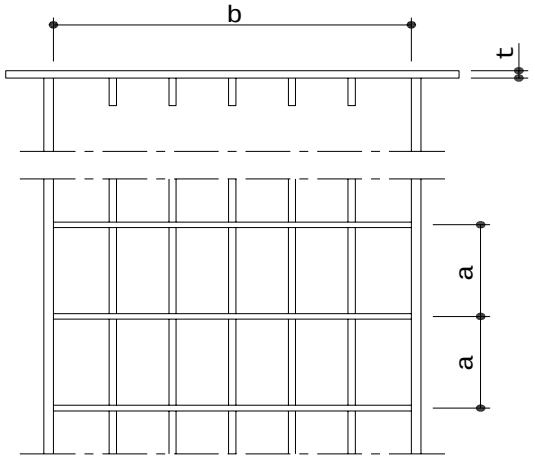
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

$= 1/3 \times 12 \times 280^3 + 100.0 \times 10.0^3/12 + 1000.0 \times 285.0^2$

= 1.690.E+08 mm^4 > $I_{t(req)} =$ 3.676.E+07 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면15 :** 단면위치 : 86,1/4지점 (교번구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Pannel의 수 : n = 5
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 2500.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2200.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 18 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 200 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 18 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 200 / 16 = 12.5 mm < 18 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2200 ×18) / (10 ×5) = 792.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 200 ×18 = 3600.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 18 × 200³ = 4.800.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}}$ = 48000000 / (2200 × 18³ / 10.92) = 40.853
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 3.785

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 1.136 < α_0 = 3.785

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t}$ = 3600 / (2200 × 18) = 0.091

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/5)² + 0.13 (0/5) + 1.0 = 1.00

  ∵ ϕ = (f_1-f_2)/f_1 ≒ 0

  여기서, f_1,f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2200}{22 \times 1 \times 5} = 20.000$ mm > t = 18 이고, $\alpha \le \alpha_o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 36.492$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 4.288.E+07 < $I_1 =$ 4.800.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (200) / 10.1 = 19.8 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

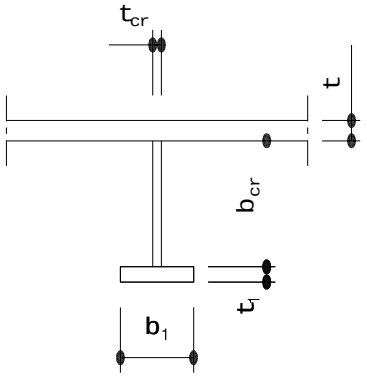
∴ fsca = 24000 x (t / b)^2 = 24000x(18/200)^2 = 194.4 MPa

fsca = 194.4 MPa > fsc = 146.1 MPa O.K

fsc : 사용하중상태의 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향 리브의 설계 (SM400 사용)

- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 280 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm



① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)}$ = b t^3 / 10.92 · {(1 + n γ1*) / 4α^3 } = 3.676.E+07 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

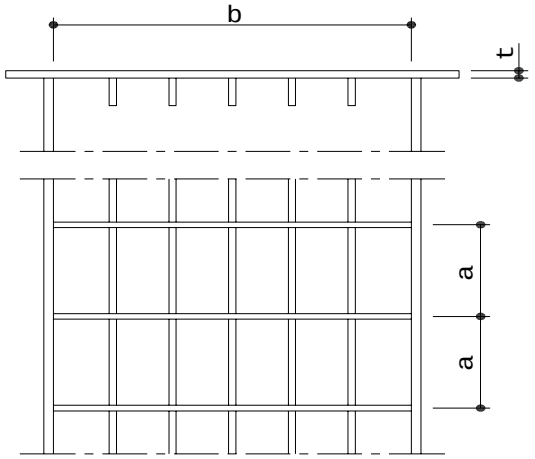
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

= 1/3 × 12 × 280^3 + 100.0 × 10.0^3 /12 + 1000.0 × 285.0^2

= 1.690.E+08 mm^4 > $I_{t(req)}$ = 3.676.E+07 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면7 :** 단면위치 : 93,3/4지점 (교번구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Pannel의 수 : n = 5
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 2500.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2200.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 12 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 150 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 12 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 150 / 16 = 9.38 mm < 12 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2200 ×12) / (10 ×5) = 528.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 150 ×12 = 1800.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 12 × 150³ = 1.350.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}}$ = 13500000 / (2200 × 12³ / 10.92) = 38.778
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 3.736

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 1.136 < α_0 = 3.736

- 종방향 리브 1개의 단면적비 : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t}$ = 1800 / (2200 × 12) = 0.068

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/5)² + 0.13 (0/5) + 1.0 = 1.00

  ∵ ϕ = (f_1-f_2)/f_1 ≒ 0

  여기서, f_1,f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2200}{22 \times 1 \times 5} = 20.000$ mm > t = 12 이고, $\alpha \le \alpha_o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 33.559$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 1.168.E+07 < $I_1 =$ 1.350.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (150) / 10.1 = 14.9 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

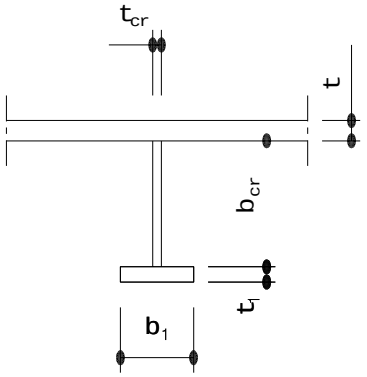
∴ fsca = 24000 x (t / b)^2 = 24000x(12/150)^2 = 153.6 MPa

fsca = 153.6 MPa > fsc = 121.2 MPa O.K

fsc : 사용하중상태의 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향 리브의 설계 (SM400 사용)

- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 250 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm



① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)}$ = b t^3 / 10.92 · {(1 + n γ1*) / 4α^3 } = 1.002.E+07 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

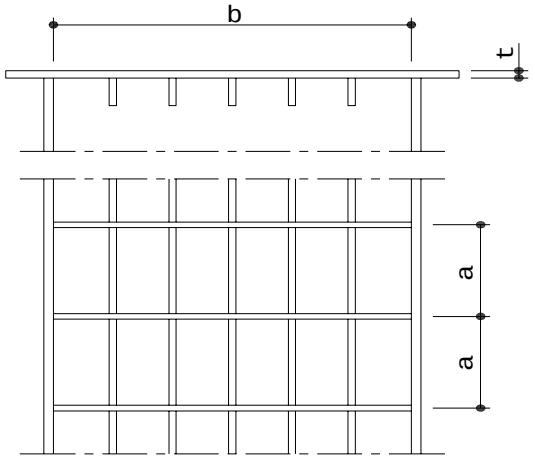
$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

= 1/3 × 12 × 250^3 + 100.0 × 10.0^3 /12 + 1000.0 × 255.0^2

= 1.275.E+08 mm^4 > $I_{t(req)}$ = 1.002.E+07 mm^4 O.K

◎ **검토단면** **단면16 :** 단면위치 : 84,3/4지점 (교번구간)

1) 종방향리브의 설계 (HSB500 사용) (☞ 도.설 3.4.2.4)



- 종방향 보강재에 의해 구분되는 Pannel의 수 : n = 5
- 횡방향 보강재의 간격 : a = 2500.0 mm
- 플랜지의 고정연 사이의 거리 : b = 2200.0 mm
- 플랜지의 두께 : t = 12 mm
- 사용 리브의 폭 : b_{vr} = 150 mm
- 사용 리브의 두께 : t_{vr} = 12 mm
- 리브의 최소두께 : b_{vr} / 16 = 150 / 16 = 9.38 mm < 12 mm 사용 O.K
- 리브 1개의 필요단면적 : $A_{1(req)}$ = bt/10n = (2200 ×12) / (10 ×5) = 528.0 mm²
- 사용 리브의 단면적 : A_1 = 150 ×12 = 1800.0 mm² ≥ $A_{1(req)}$ O.K

- 종방향 리브 1개의 단면2차모멘트 : I_1 = ⅓ × 12 × 150³ = 1.350.E+07 mm⁴

- 종방향 리브의 강비 : $\gamma_1 = \frac{I_1}{\frac{bt^3}{10.92}}$ = 13500000 / (2200 × 12³ / 10.92) = 38.778
- 한계 형상비 : $\alpha_0 = \sqrt[4]{1+n\gamma_1}$ = 3.736

- 보강판의 형상비 : $\alpha = a/b$ = 1.136 < α_0 = 3.736

- 종방향 리브 1개의 단면적ㅂ : $\delta_1 = \frac{A_1}{b \cdot t}$ = 1800 / (2200 × 12) = 0.068

- 응력 구배 계수:

  i = 0.65 (ϕ /n)² + 0.13 (ϕ /n) + 1.0

  = 0.65 (0/5)² + 0.13 (0/5) + 1.0 = 1.00

  ∵ ϕ = (f_1-f_2)/f_1 ≒ 0

  여기서, f_1,f_2 : 각각 보강된 판의 양연응력으로서 $f_1 \geq f_2$ 이며 압축응력을 정(+)으로 한다

① 종방향 리브의 소요강비 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.4)

$to = \frac{b}{22\ i \cdot n} = \frac{2200}{22 \times 1 \times 5} = 20.000$ mm > t = 12 이고, $\alpha \le \alpha_o$ 이므로

$\gamma 1^* = 4\alpha^2 n (1+n\delta_1) - (\alpha^2+1)^2 / n$

$= 33.559$

$I_{1(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma_1^* =$ 1.168.E+07 < $I_1 =$ 1.350.E+07 mm^4 O.K

② 종방향 리브의 압축응력 검토 : (☞ 도.설 3.4.2.2)

bvr /10.1 = (150) / 10.1 = 14.9 mm

b/16 ≤ t < b/10.1 이므로 허용응력은 다음과 같다.

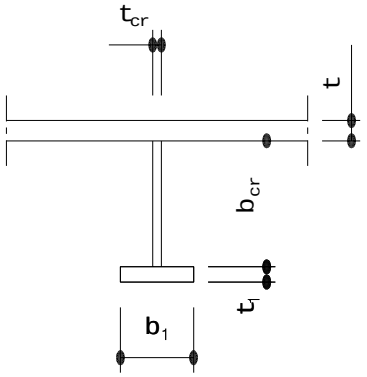
∴ fsca = 24000 x (t / b)^2 = 24000x(12/150)^2 = 153.6 MPa

fsca = 153.6 MPa > fsc = 92.6 MPa O.K

fsc : 사용하중상태의 하부플랜지 발생응력

2) 횡방향 리브의 설계 (SM400 사용)

- 횡방향 리브의 폭 : b_{cr} = 250 mm
- 횡방향 리브의 두께 : t_{cr} = 12 mm
- 횡방향 리브 보강재의 폭 : b1 = 100 mm
- 횡방향 리브 보강재의 두께 : t1 = 10 mm



① 리브의 필요 단면2차모멘트 :

$I_{t(req)}$ = b t^3 / 10.92 · {(1 + n γ1*) / 4α^3 } = 1.002.E+07 mm^4

② 리브의 사용 단면2차모멘트 :

$I_{t(use)} = t_{cr} \cdot b_{cr}^3/3 + b_1 \cdot t_1^3/12 + A_1 \cdot y^2$

= 1/3 × 12 × 250^3 + 100.0 × 10.0^3 /12 + 1000.0 × 255.0^2

= 1.275.E+08 mm^4 > $I_{t(req)}$ = 1.002.E+07 mm^4 O.K

7.2 복부판 보강재 설계

◎ 검토단면 **단면11 :** 단면위치 : 17,J지점 (이중합성구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -159.8 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 54.3 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3100 mm
- 복부판의 두께 : t = 16 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 3100 = 0.806 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.528 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (3100/2500)^2 =$ 12.301

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (3100 \times 16^3 / 10.92) \times 12.301 = 14{,}303{,}405\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 3100/30 + 50 = 153.3 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3100 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 160.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 10.000 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

$\gamma = 30.0 \times (a/b) = 30.0 \times (2500/3100) =$ 24.194

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (3100 \times 16^3 / 10.92) \times 24.194 = 2.81E{+}07\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 160³ × 2 = 3.28E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 350 mm 및 900 mm

설치위치 에서의 복부높이 b는 하부콘크리트 두께 600 mm 를 제외한 높이 임.

◎ 검토단면　　단면10 : 단면위치 :　　91,1/4지점　　(이중합성구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수　　: n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력　　: f = -134.4 MPa
- 복부판의 전단응력　　: υ = 49.0 MPa
- 사용 수직보강재의 폭　　: b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께　　: t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2976 mm
- 복부판의 두께　　: t = 16 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2976 = 0.840 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.379 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (2976/2500)^2 =$ 11.336

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (2976 \times 16^3 / 10.92) \times 11.336 = 12{,}654{,}065\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2976/30 + 50 = 149.2 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2976 mm
- 사용 수평보강재의 폭　　: b_{hs} = 160.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께　　: t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 10.000 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/2976) = 25.202

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (2976 \times 16^3 / 10.92) \times 25.202 = 2.81E+07\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 160³ × 2 = 3.28E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 348.04 mm 및 894.96 mm

설치위치 에서의 복부높이 b는 하부콘크리트 두께 490 mm 를 제외한 높이 임.

◎ 검토단면　　단면12 : 단면위치 :　　88,3/4지점　　(이중합성구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수　　: n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력　　: f = -139.8 MPa
- 복부판의 전단응력　　: υ = 40.7 MPa
- 사용 수직보강재의 폭　　: b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께　　: t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2938 mm
- 복부판의 두께　　: t = 16 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2938 = 0.851 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.26 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

γ = $8.0(b/a)^2$ = 8.0 (2938/2500)² = 11.049

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(2938 ×16³ / 10.92) ×11.049 = 12,176,208 mm⁴}$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2938/30 + 50 = 147.9 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2938 mm
- 사용 수평보강재의 폭　　: b_{hs} = 160.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께　　: t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 10.000 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/2938) = 25.528

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(2938 ×16³ / 10.92) ×25.528 = 2.81E+07 mm⁴}$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 160³ × 2 = 3.28E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 337.12 mm 및 866.88 mm

설치위치 에서의 복부높이 b는 하부콘크리트 두께 530 mm 를 제외한 높이 임.

◎ 검토단면　　단면9 : 단면위치 :　　92,I지점　　(교번구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수　　: n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력　　: f = -161.7 MPa
- 복부판의 전단응력　　: υ = 47.8 MPa
- 사용 수직보강재의 폭　　: b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께　　: t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 3320 mm
- 복부판의 두께　　: t = 16 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 3320 = 0.753 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.505 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (3320/2500)^2 =$ 14.109

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(3320 } \times 16^3 \text{ / 10.92) } \times 14.109 = 17{,}569{,}995 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 3320/30 + 50 = 160.7 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 3320 mm
- 사용 수평보강재의 폭　　: b_{hs} = 160.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께　　: t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 10.000 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/3320) = 22.59

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(3320 } \times 16^3 \text{ / 10.92) } \times 22.59 = 2.81E+07 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 160³ × 2 = 3.28E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 464.8 mm 및 1195.2 mm

◎ 검토단면　　단면13 : 단면위치 :　　88,I지점　　(이중합성구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수　　: n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력　　: f = -128.9 MPa
- 복부판의 전단응력　　: υ = 46.5 MPa
- 사용 수직보강재의 폭　　: b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께　　: t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2639 mm
- 복부판의 두께　　: t = 14 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2639 = 0.947 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.41 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (2639/2500)^2 = 8.914$

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (2639 \times 14^3 / 10.92) \times 8.914 = 5{,}911{,}171\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2639/30 + 50 = 138.0 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2639 mm
- 사용 수평보강재의 폭　　: b_{hs} = 150.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께　　: t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 9.380 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/2639) = 28.42

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = (2639 \times 14^3 / 10.92) \times 28.42 = 1.88E+07\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 150³ × 2 = 2.70E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 303.66 mm 및 780.84 mm

설치위치 에서의 복부높이 b는 하부콘크리트 두께 470 mm 를 제외한 높이 임.

◎ **검토단면** **단면8 :** 단면위치 : 92,3/4지점 (교번구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -128.4 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 51.9 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3202 mm
- 복부판의 두께 : t = 14 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 3202 = 0.781 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.9 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (3202/2500)^2 =$ 13

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(3202 } \times 14^3 \text{ / 10.92) } \times 13.124 = 10{,}559{,}638 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 3202/30 + 50 = 156.7 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3202 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 150.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 9.380 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/3202) = 23

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(3202 } \times 14^3 \text{ / 10.92) } \times 23.423 = 1.88\text{E+07 mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 150³ × 2 = 2.70E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 448.28 mm 및 1152.72 mm

◎ 검토단면　　단면14 : 단면위치 :　　87,I지점　　(교번구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수　　: n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력　　: f = -151.9 MPa
- 복부판의 전단응력　　: υ = 44.1 MPa
- 사용 수직보강재의 폭　　: b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께　　: t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2833 mm
- 복부판의 두께　　: t = 14 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2833 = 0.882 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.5 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (2833/2500)^2 =$ 10

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \quad (2833 \times 14^3 / 10.92) \times 10.273 = 7{,}313{,}164 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2833/30 + 50 = 144.4 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2833 mm
- 사용 수평보강재의 폭　　: b_{hs} = 150.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께　　: t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 9.380 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/2833) = 26

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \quad (2833 \times 14^3 / 10.92) \times 26.474 = 1.88E+07 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 150³ × 2 = 2.70E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 396.62 mm 및 1019.88 mm

◎ **검토단면** **단면7 :** 단면위치 : 93,3/4지점 (교번구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수 : n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력 : f = -99.5 MPa
- 복부판의 전단응력 : υ = 48.6 MPa
- 사용 수직보강재의 폭 : b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께 : t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3088 mm
- 복부판의 두께 : t = 14 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 3088 = 0.810 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.7 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (3088/2500)^2 =$ 12

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(3088 ×14³ / 10.92) ×12.206 = 9,471,355 mm⁴}$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 3088/30 + 50 = 152.9 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격 : a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격 : b = 3088 mm
- 사용 수평보강재의 폭 : b_{hs} = 150.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께 : t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 9.380 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/3088) = 24

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \text{(3088 ×14³ / 10.92) ×24.288 = 1.88E+07 mm⁴}$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 150³ × 2 = 2.70E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 432.32 mm 및 1111.68 mm

◎ 검토단면　　단면15 : 단면위치 :　　86,1/4지점　　(교번구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수　　: n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력　　: f = -119.5 MPa
- 복부판의 전단응력　　: υ = 50.3 MPa
- 사용 수직보강재의 폭　　: b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께　　: t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2680 mm
- 복부판의 두께　　: t = 12 mm

① 수직보강재의 간격검토 : (☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2680 = 0.933 ≤ 1.5 O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.9 < 1 O.K

② 수직보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.5.2)

$\gamma = 8.0(b/a)^2 = 8.0\ (2680/2500)^2 = 9.2$

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \ (\ 2680 \times 12^3 / 10.92\ ) \times 9.193 = 3{,}898{,}640\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= 42,666,667 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2680/30 + 50 = 139.3 mm < b_{vs} = 200.0 mm O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2680 mm
- 사용 수평보강재의 폭　　: b_{hs} = 150.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께　　: t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 9.380 mm O.K

① 수평보강재의 강도검토 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/2680) = 28

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \ (\ 2680 \times 12^3 / 10.92\ ) \times 27.985 = 1.19E+07\ mm^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 150³ × 2 = 2.70E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$ O.K

② 수평보강재의 설치위치 : (☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 375.2 mm 및 964.8 mm

◎ 검토단면　　단면4 : 단면위치 :　　99,J지점　　(정모멘트구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수　　: n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력　　: f = -252.3 MPa
- 복부판의 전단응력　　: υ = 10.1 MPa
- 사용 수직보강재의 폭　　: b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께　　: t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 3000 mm
- 복부판의 두께　　: t = 12 mm

① 수직보강재의 간격검토 :　　(☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 3000 = 0.833 ≤ 3.0　　O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.3 < 1　　O.K

② 수직보강재의 강도검토 :　　(☞ 도.설 3.8.5.2)

γ = $8.0(b/a)^2$ = 8.0 (3000/2500)² = 11.52

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \quad (3000 \times 12^3 / 10.92) \times 11.52 = 5{,}468{,}835 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= #### mm⁴ > $I_{(req)}$　　O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 3000/30 + 50 = 150.0 mm < b_{vs} = 200.0 mm　　O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm　　O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 3000 mm
- 사용 수평보강재의 폭　　: b_{hs} = 150.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께　　: t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 9.380 mm　O.K

① 수평보강재의 강도검토 :　　(☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/3000) = 25

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \quad (3000 \times 12^3 / 10.92) \times 25 = 1.19E+07 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 150³ × 2 = 2.70E+07 mm⁴ > $I_{(req)}$　　O.K

② 수평보강재의 설치위치 :　　(☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 420 mm 및 1080 mm

◎ 검토단면　　단면17 : 단면위치 :　　80,2/4지점　　(정모멘트구간)

1) 수직보강재의 설계 (SM400 사용)

- 수평보강재 사용 단수　　: n = 2
- 복부판의 연섬유 압축응력　　: f = -168.9 MPa
- 복부판의 전단응력　　: υ = 10.4 MPa
- 사용 수직보강재의 폭　　: b_{vs} = 200 mm
- 사용 수직보강재의 두께　　: t_{vs} = 16 mm
- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2500 mm
- 복부판의 두께　　: t = 12 mm

① 수직보강재의 간격검토 :　　(☞ 도.설 3.8.5.1)

a / b = 2500 / 2500 = 1.000 ≤ 3.0　　O.K

수평보강재 2 단을 사용하고 a/b > 0.64 이므로

$(b/100t)^4 [(f/3150)^2 + \{ \upsilon / 197+61(b/a)^2 \}^2]$ = 0.085 < 1　　O.K

② 수직보강재의 강도검토 :　　(☞ 도.설 3.8.5.2)

γ = $8.0(b/a)^2$ = 8.0 (2500/2500)² = 8

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \quad (2500 \times 12^3 / 10.92) \times 8 = 3{,}164{,}835 \text{ mm}^4$$

$I_{(used)}$ = ⅓ × 16 × 200³

= ####　　mm⁴　　> $I_{(req)}$　　O.K

③ 수직보강재의 최소폭 검토 :

b_{min} = 2500/30 + 50 = 133.3 mm < b_{vs} = 200.0 mm　　O.K

④ 수직보강재의 최소두께 검토 :

t_{min} = 200 / 13 = 15.4 mm < t_{vs} = 16.0 mm　　O.K

2) 수평보강재의 설계 (HSB500 사용)

- 수직보강재의 간격　　: a = 2500 mm
- 상하 양플랜지의 순간격　　: b = 2500 mm
- 사용 수평보강재의 폭　　: b_{hs} = 150.0 mm
- 사용 수평보강재의 두께　　: t_{hs} = 12.0 mm > tmin = b / 16 = 9.380 mm　O.K

① 수평보강재의 강도검토 :　　(☞ 도.설 3.8.6.2)

γ = 30.0 × (a/b) = 30.0 × (2500/2500) = 30

$$I_{(req)} = \frac{bt^3}{10.92}\gamma = \quad (2500 \times 12^3 / 10.92) \times 30 = 1.19E+07 \text{ mm}^4$$

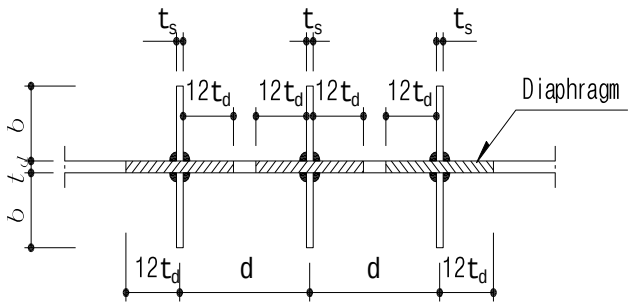
$I_{(used)}$ = ⅓ × 12 × 150³ × 2 = 2.70E+07 mm⁴　　> $I_{(req)}$　　O.K

② 수평보강재의 설치위치 :　　(☞ 도.설 3.8.6.2)

압축측 플랜지로 부터 0.14b 및 0.36b 즉, 350 mm 및 900 mm

7.3 지점보강재 설계

◎ 검토단면 **단면1 :** 단면위치 : 104,3/4지점



- 사용 강종 : HSB500
- 최대지점반력 : R_{max} = 3127.626 kN
- 보강재의 폭 : b = 240.0 mm - 보강재 각도 : α = 90.0 °
- 보강재의 길이 : l = 3000.0 mm - 계산 각도 : Θ = 0.0 °
- 보강재의 두께 : t_s= 20.0 mm > ts_{min} = b / 16 = 15.0 mm O.K
- 보강재의 설치간격 : d = 300.0 mm - 보강재의 사용열수 : n = 2 EA
- Diaphragm의 두께 : t_d= 16.0 mm

  d = 300.0 mm < $24t_d$ = 384.0 mm 이므로
- 단면유효폭: Be = 2·12td + 1·d = 684.0 mm (☞ 도.설 3.8.7.2)
- 보강재의 단면적: As = 240 ×20 ×4 = 19200 mm^2
- 유효단면적: Ae = 684 ×16 + 19200 = 30144 mm^2 < 1.7As = 32640 mm^2

  따라서, 유효단면적 Ae = 30144 mm^2 (☞ 도.설 3.8.7.1)
- Diaphragm 중심선 둘레의 단면2차모멘트:

$$I = Be \cdot t_d^3 /12 + \{ t_s \cdot b/12 \times ((b \cdot \cos\Theta)^2 + (t_s \cdot \sin\Theta)^2) + t_s \times b \times (b/2 \cdot \cos\Theta + t_d/2)^2 \} \times 2 \cdot n$$

$$= 684 \times 16^3 / 12 + \{ 20 \times 240 / 12 \times ((240 \times \cos 0.000)^2 + (20 \times \sin 0.000)^2) + 20 \times 240 \times (240 / 2 \times \cos 0.000 + 16 / 2)^2 \} \times 4 = 406966272 \ mm^4$$

- 단면2차반경: $r = \sqrt{\frac{I}{Ae}} =$ 116.193 mm
- 유효좌굴길이: le = 1/2·l = 1500.0 mm

1) 허용축방향 압축응력 검토 (☞ 도.설 3.3.2.1)

: 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력, fcag

le/r = 12.9 ⇒ le/r < 14.6 이므로,

⇒ fcag = 230.0 MPa

: 국부좌굴에 대한 허용응력, fcal

b/10.1 = (240) / 10.1 23.8 ⇒ b/16 ≤ t < b/10.1 이므로,

⇒ fcal = 166.7 MPa

: 국부좌굴을 고려 않은 허용축방향 압축응력 상한값, fcao

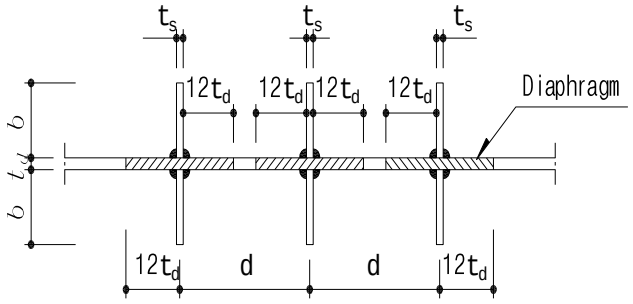
⇒ fcao = 230.0 MPa

: 허용축방향 압축응력, fca

fca = fcag ·fcal / fcao = 166.7 MPa fca = 166.7 MPa

fc = Rmax / Ae = 103.8 MPa < fca = 166.7 MPa O.K

◎ 검토단면 **단면11 :** 단면위치 : 17,J지점



- 사용 강종 : HSB500
- 최대지점반력 : R_{max} = 11634.299 kN
- 보강재의 폭 : b = 350.0 mm - 보강재 각도 : α = 90.0 °
- 보강재의 길이 : l = 3700.0 mm - 계산 각도 : Θ = 0.0 °
- 보강재의 두께 : t_s= 36.0 mm > ts_{min} = b / 16 = 21.9 mm 0.K
- 보강재의 설치간격 : d = 300.0 mm - 보강재의 사용열수 : n = 2 EA
- Diaphragm의 두께 : t_d= 26.0 mm

  d = 300.0 mm < $24t_d$ = 624.0 mm 이므로
- 단면유효폭: Be = 2 · 12td + 1 · d = 924.0 mm (☞ 도.설 3.8.7.2)
- 보강재의 단면적: As = 350 ×36 ×4 = 50400 mm^2
- 유효단면적: Ae = 924 ×26 + 50400 = 74424 mm^2 < 1.7As = 85680 mm^2

  따라서, 유효단면적 Ae = 74424 mm^2 (☞ 도.설 3.8.7.1)
- Diaphragm 중심선 둘레의 단면2차모멘트:

  $I = Be \cdot t_d^3 /12 + \{ t_s \cdot b/12 \times ((b \cdot \cos\Theta)^2 + (t_s \cdot \sin\Theta)^2) + t_s \times b \times (b/2 \cdot \cos\Theta + t_d/2)^2 \} \times 2 \cdot n$

  = 924 × 26³ / 12 + { 36 × 350 / 12 × ((350 × cos 0.000)² + (36 × sin 0.000)²)

  + 36 × 350 × (350 / 2 × cos 0.000 + 26 / 2)² } × 4 = 2297190952 mm^4
- 단면2차반경: $r = \sqrt{\frac{I}{Ae}} =$ 175.688 mm
- 유효좌굴길이: le = 1/2 · l = 1850.0 mm

1) 허용축방향 압축응력 (☞ 도.설 3.3.2.1)

: 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력, fcag

le/r = 10.5 ⇒ le/r < 14.6 이므로,

⇒ fcag = 230.0 MPa

: 국부좌굴에 대한 허용응력, fcal

b/10.1 = (350) / 10.1 34.7 ⇒ b/10.1 ≤ t 이므로,

⇒ fcal = 230.0 MPa

: 국부좌굴을 고려 않은 허용축방향 압축응력 상한값, fcao

⇒ fcao = 230.0 MPa

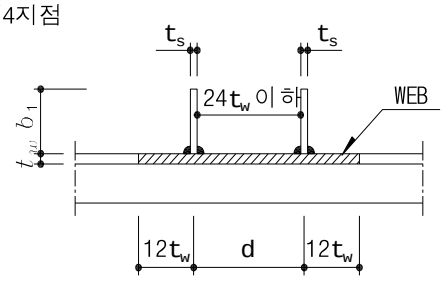
: 허용축방향 압축응력, fca

fca = fcag · fcal / fcao = 230.0 MPa fca = 230.0 MPa

fc = Rmax / Ae = 156.3 MPa < fca = 230.0 MPa 0.K

7.4 잭업보강재 설계

◎ 교대부검토　　단면1 : 단면위치 : 104,3/4지점



- 사용 강종 : HSB500
- 최대지점반력 : Rd= 2271.537 kN
  RI= 1180.106 kN
- 보강재의 폭 : b = 200.0 mm
- 보강재의 길이 : l = 1350.0 mm
- 보강재의 두께 : t_s= 20.0 mm > tsmin = b / 16 = 12.500 mm 0.K
- 보강재의 설치간격 : d = 200.0 mm (☞ 도.설 3.8.7.2)
- 보강재의 사용열수 : n = 2 EA
- Web의 두께 : tw= 12.0 mm
- SHOE 1개소당 JACK UP장치 설치개소: 2 개소

※ 교좌받침 교체를위한 보강부재의 설계시 설계반력은 평상시 지점반력을 할증한 값(Rd + 1.5 RI) 으 검토한다. (☞ 강.상.세 2006 3.4.3)

- 작용하중: P = (2271.5370825 + 1.5 × 1180.106) / 2 = 2020.848 kN
- 단면유효폭: d = 200.0 mm < 24tw = 288.0 mm 이므로
  Be = 2 · 12tw + 1 · d = 488.0 mm
- 보강재의 단면적: As = 200 ×20 ×2 = 8000 mm^2
- 유효단면적: Ae = 488 ×12 + 8000 = 13856.0 mm^2 > 1.7As = 13600 mm^2
  따라서, 유효단면적 Ae = 13600 mm^2 (☞ 도.설 3.8.7.1)
- 중립축의 위치:
  Yo = Σ(A · y) / ΣA{ 2 ×(4000 ×112) + 5856 ×6 } / 13600 = 68.466 mm
- 중립축 둘레의 단면2차모멘트:
  I = 488 ×12^3 / 12 + 5856 ×62.466^2 +(20 ×200^3 / 12 + 4000 × 43.534^2) ×2
  = 64748730.7 mm^4
- 단면2차반경: $r = \sqrt{\frac{I}{Ae}} =$ 69.0 mm
- 유효좌굴길이: le = 1/2 · l = 675 mm

1) 허용축방향 압축응력 (25% 할증 적용) (☞ 도.설 3.3.2.1)

: 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력, fcag

le/r = 9.8 ⇒ le/r < 14.6 이므로,
⇒ fcag = 287.5 MPa

: 국부좌굴에 대한 허용응력, fcal

b/10.1= (200) / 10.1 = 19.8 ⇒ b/10.1 ≤ t 이므로,
⇒ fcal = 287.5 MPa

: 국부좌굴을 고려 않은 허용축방향 압축응력 상한값, fcao

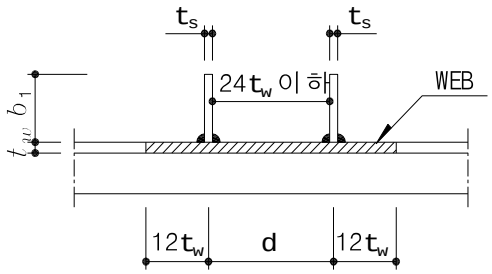
⇒ fcao = 287.5 MPa

: 허용축방향 압축응력, fca

fca = fcag · fcal / fcao = 287.5 MPa fca = 287.5 MPa

fc = Rmax / Ae = 148.6 MPa < fca = 287.5 MPa 0.K

◎ **교각부검토** 단면11 : 단면위치 : 17,J지점



- 사용 강종 : HSB500
- 최대지점반력 : Rd= 8422.943 kN
  RI= 2697.655 kN
- 보강재의 폭 : b = 200.0 mm
- 보강재의 길이 : l = 1600.0 mm
- 보강재의 두께 : t_s= 28.0 mm > tsmin = b / 16 = 12.500 mm 0.K
- 보강재의 설치간격 : d = 200.0 mm (☞ 도.설 3.8.7.2)
- 보강재의 사용열수 : n = 2 EA
- Web의 두께 : tw= 16.0 mm
- SHOE 1개소당 JACK UP장치 설치개소: 4 개소

※ 교좌받침 교체를위한 보강부재의 설계시 설계반력은 평상시 지점반력을 할증한 값(Rd + 1.5 RI) 으 검토한다. (☞ 강.상.세 2006 3.4.3)

- 작용하중: P = (8422.9428 + 1.5 × 2697.655) / 4 = 3117.356 kN
- 단면유효폭: d = 200.0 mm < 24tw = 384.0 mm 이므로
  Be = 2·12tw + 1·d = 584.0 mm
- 보강재의 단면적: As = 200 ×28 ×2 = 11200 mm^2
- 유효단면적: Ae = 584 ×16 + 11200 = 20544.0 mm^2 > 1.7As = 19040 mm^2
  따라서, 유효단면적 Ae = 19040 mm^2 (☞ 도.설 3.8.7.1)
- 중립축의 위치:
  Yo = Σ(A·y) / ΣA{ 2 ×(5600 ×116) + 9344 ×8 } / 19040 = 72.161 mm
- 중립축 둘레의 단면2차모멘트:
  I = 584 ×16^3 / 12 + 9344 ×64.161^2 +(28 ×200^3 / 12 + 5600 × 43.839^2) ×2
  = 97523308.1 mm^4
- 단면2차반경: $r=\sqrt{\frac{I}{Ae}}=$ 71.6 mm
- 유효좌굴길이: le = 1/2·l = 800 mm

1) 허용축방향 압축응력 (25% 할증 적용) (☞ 도.설 3.3.2.1)

: 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력, fcag

le/r = 11.2 ⇒ le/r < 14.6 이므로,
⇒ fcag = 287.5 MPa

: 국부좌굴에 대한 허용응력, fcal

b/10.1= (200) / 10.1 = 19.8 ⇒ b/10.1 ≤ t 이므로,
⇒ fcal = 287.5 MPa

: 국부좌굴을 고려 않은 허용축방향 압축응력 상한값, fcao

⇒ fcao = 287.5 MPa

: 허용축방향 압축응력, fca

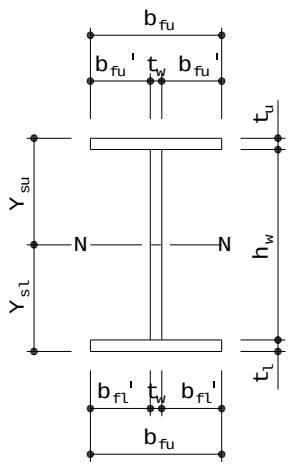
fca = fcag ·fcal / fcao = 287.5 MPa fca = 287.5 MPa

fc = Rmax / Ae = 163.7 MPa < fca = 287.5 MPa 0.K

8. 가로보 설계

8.1 가로보의 설계

[1CR01]



▪ 단 면 제 원 (단위:mm)

사용강재	b_{fu}	b_{fu}'	b_{fl}	b_{fl}'	h_w	t_{fu}	t_w	t_{fl}
SM400B	300.0	144.0	300.0	144.0	1,700.0	12.0	12.0	12.0

가로보간격(전) : B_f = 0.0 mm 가로보지간 : L = 2,800.0 mm

가로보간격(후) : B_r = 3,350.0 mm

▪ 부재 검토 (☞ 도.설.해 3.8.4.1) (단위:mm)

복부판 두께 검토			상판 두께 검토			하판 두께 검토		
필 요	사용	판정	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정
h_w / 150 = 11.3	12	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12	O.K

▪ 하중 관련

강 재 (kN/m^3)	강재 할증	차륜하중(kN)			탱크하중		트레일러		
		P_r(kN/m)	P_f(kN/m)	L_1(mm)	P_{tk}(kN/m)	L_2(mm)	P_1(kN/m)	P_2(kN/m)	P_3(kN/m)
78.50	1.3139	96.00	24.00	4,200.0	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000

▪ 도심 산정

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm^3)	$A_s \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	856.0	3.082E+06	2.638E+09	4.320E+04
WEB	1 - 1,700.0 × 12.0	20,400.0	-	-	-	4.913E+09
LOWER FL.	1 - 300.0 × 12.0	3,600.0	-856.0	-3.082E+06	2.638E+09	4.320E+04
합 계		27,600.0	-	0.000E+00	5.276E+09	4.913E+09

$I_x' = \sum A_s \cdot Y^2 + \sum I_{xo}$ = 5,275,699,200.0 + 4,913,086,400.0 = 1.019E+10 mm^4

$\delta_y = \sum A_s \cdot Y / \sum A_s$ = 0.0 / 27,600.0 = 0.000 mm

$I_{33} = I_x' - \sum A_s \times \delta_y^2$ = 10,188,785,600.0 - 27,600.0 × 0.0^2 = 1.019E+10 mm^4

$y_{su} = h_w / 2 + t_{fu} - \delta_y$ = 1,700.0/2+12.00-0.0 = 862.000 mm

$y_{sl} = h_w / 2 + t_{fl} + \delta_y$ = 1,700.0/2+12.00-0.0 = 862.000 mm

1) 관 용 해 석

(1) 작용 하중 산정

① 고 정 하 중

슬 래 브 : W_c = 0.240 × 25.000 = 6.000 kN/m

포 장 : W_a = 0.050 × 23.500 = 1.175 kN/m

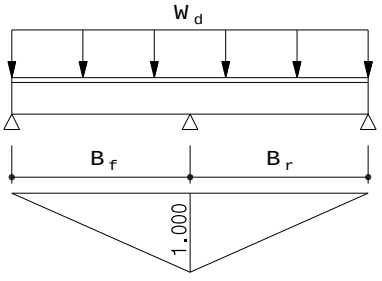
$\sum$ = 7.175 kN/m

강재 자중 : W_s = 0.028 × 78.500 = 2.167 kN/m

강재 할증 : W_{ds} = 2.167 × 1.3139 = 2.847 kN/m

영향선 면적 : (0.000 + 3.350)×1.00/2 = 1.675 m^2

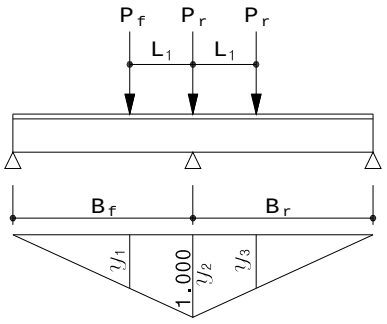
고 정 하 중 : W_d = 7.175×1.675 + 2.847×1.000 = 14.865 kN/m



② 활 하 중

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시

활하중 작용 거리 및 영향선 종거



x_1 =	0.0 mm	⇒	y_1 =	0.000	
x_4 =	0.0 mm	⇒	y_4 =	0.000	
x_2 =	0.0 mm	⇒	y_2 =	1.000	
x_5 =	0.0 mm	⇒	y_5 =	0.000	
x_3 =	0.0 mm	⇒	y_3 =	0.000	
			$\sum y$ =	1.000	

∴ P_{sl} = 24.000×0.000 + 96.000×(1.000+0.000)

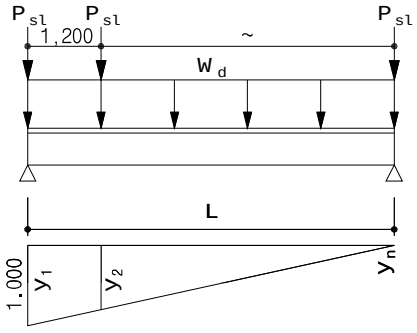
= 96.000 kN

충격 계수

i = 15 / (40 + 3.350) = 0.346 > 0.300 ∴ i = 0.300

(2) 전단력 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 최대 재하가능한 윤하중 수 n = 2

▪ 가로보 지간장 : A = 2.800 × 1.000 / 2 = 1.400 m^2

▪ 고정하중에 의한 전단력

$V_d = W_d \times A$ = 14.865 × 1.400 = 20.811 kN

▪ 가로보 끝단에서 윤하중까지의 거리 및 종거

x_1 =	0.0 mm	⇒	y_1 =	1.000	
x_2 =	1,200.0 mm	⇒	y_2 =	0.571	
x_3 =	- mm	⇒	y_3 =	-	
x_4 =	- mm	⇒	y_4 =	-	
x_5 =	- mm	⇒	y_5 =	-	
			$\sum y$ =	1.571	

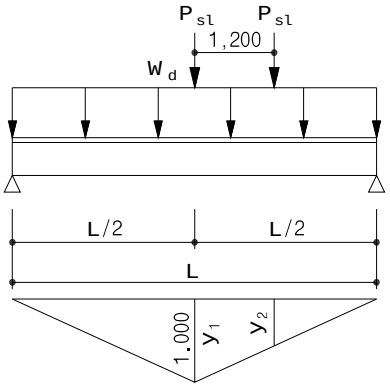
▪ 활하중에 의한 전단력(충격계수 포함)

V_{Li} = P_{sl}×(1+i)×$\sum y$ = 96.000 × (1 + 0.300) × 1.571 = 196.114 kN

∴ $V_t = V_d + V_{Li}$ = 20.811 + 196.114 = 216.925 kN

(3) 모멘트 산정

⇒ 차륜하중 (DB-24) 재하시



▪ 최대 재하가능한 윤하중 수 n = 2

▪ 영향선 면적 : A = 2.800 × 1.000 / 2 = 1.400 m^2

▪ 고정하중에 의한 모멘트

$M_d = W_d \times A \times L/4$

= 14.865 × 1.400 × 2.800 / 4 = 14.568 kN·m

▪ 가로보 중앙에서 윤하중까지의 거리 및 종거

x_1 =	0.0 mm	⇒	y_1 =	1.000	
x_2 =	1,200.0 mm	⇒	y_2 =	0.143	
x_3 =	- mm	⇒	y_3 =	-	
			$\sum y$ =	1.143	

▪ 활하중에 의한 모멘트(충격계수 포함)

M_{Li} = P_{sl}×(1+i)×$\sum y$×L/4 = 96.000×(1+0.300)×1.143×2.800/4 = 99.840 kN·m

∴ $M_t = M_d + M_{Li}$ = 14.568 + 99.840 = 114.408 kN·m

2) 격 자 해 석

[3D Frame 해석결과]

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	합 계
		강재자중	슬래브 자중				
모 멘 트	kN·m	9.103	59.186	-22.345	926.569	1.043	973.556
전 단 력	kN	6.253	29.906	19.564	545.402	0.768	601.893

Frame 해석결과 : V_{max} = 601.893 kN , M_{max} = 973.556 kN·m (OutPut 참조)- 부재번호 119

3) 결 과 비 교

관용해석에서 나온 부재력과 Frame 해석에서 나온 부재력 중 불리한 값을 설계에 적용함.

계산적용부재력 : V_{max} = 601.893 kN , M_{max} = 973.556 kN·m

4) 단 면 검 토

▪ 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력 (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

- 상부 플랜지

b_{fu}' / 12.9 = 11.2 ㎜ ≤ t_{fu} = 12.0 ㎜

⇒① f_{ca} = 140.0 MPa

- 하부 플랜지

b_{fl}' / 12.9 = 11.2 ㎜ ≤ t_{fl} = 12.0 ㎜

⇒① f_{ca} = 140.0 MPa

▪ 허용 휨 압축응력 (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.4)

- 상부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	⇒	20,400.0 mm^2	A_w/A_c = 5.667 > 2.0
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	⇒	3,600.0 mm^2	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (㎜)	⇒	2,800.0 ㎜	
b_{fu} : 압축플랜지 폭 (㎜)	⇒	300.0 ㎜	
$K = \sqrt{(3 + (A_w/2A_c))}$	⇒	2.415	

5.0 < L / b_{fu} = 2,800.0 / 300.0 = 9.3 ≤ 25.0

⇒② f_{ca} = 260.0 - 6.60 $(L/b_{fu} - 5.0)$ = 260.0 - 6.60×(2,800.0/300.0 - 5.0) = 231.4 MPa

9.3/K = 3.9 < L / b_{fu} = 2,800.0 / 300.0 = 9.3 ≤ 30.0

⇒② f_{ca} = 140.0 - 1.24 $(K·L/b_{fu} - 9.3)$ = 140.0-1.24×(2.415×2,800.0/300.0-9.3) = 123.6 MPa

- 하부 플랜지

A_w : 복부판의 총단면적 (mm^2)	⇒	20,400.0 mm^2	A_w/A_c = 5.667 > 2.0
A_c : 압축플랜지 총단면적 (mm^2)	⇒	3,600.0 mm^2	
L : 압축플랜지의 고정점간 거리 (㎜)	⇒	2,800.0 ㎜	
b_{fl} : 압축플랜지 폭 (㎜)	⇒	300.0 ㎜	
$K = \sqrt{(3 + (A_w/2A_c))}$	⇒	2.415	

5.0 < L / b_{fl} = 2,800.0 / 300.0 = 9.3 ≤ 25.0

⇒② f_{ca} = 260.0 - 6.60 $(L/b_{fl} - 5.0)$ = 260.0 - 6.60×(2,800.0/300.0 - 5.0) = 231.4 MPa

9.3/K = 3.9 < L / b_{fl} = 2,800.0 / 300.0 = 9.3 ≤ 30.0

⇒② f_{ca} = 140.0 - 1.24 $(K·L/b_{fl} - 9.3)$ = 140.0-1.24×(2.415×2,800.0/300.0-9.3) = 123.6 MPa

∴ ②에 허용응력 값이 ①에 허용응력 값보다 작은 경우에는 허용 휨 압축응력에 대한 허용응력을 사용한다.

f_{ca} = 123.6 MPa , f_{ta} = 140.0 MPa (상부 플랜지) (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1)

υ_a = 80.0 MPa (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5)

∴ ②에 허용응력 값이 ①에 허용응력 값보다 작은 경우에는 허용 휨 압축응력에 대한 허용응력을 사용한ㄷ

f_{ca} = 123.6 MPa , f_{ta} = 140.0 MPa (하부 플랜지) (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.1)

υ_a = 80.0 MPa (☞ 도.설 해 3.3.2.1 표3.3.5)

▪ 응 력 검 토

$\upsilon = V_u / A_w$ = 601,892.9 / (1,700.0 × 12.0)

υ = 29.505 MPa ≤ υ_a = 80.0 MPa ····· **O.K !!**

$f_u = M_u \cdot y_{su} / I_{33}$ = 973,556,345.0 × 862.0 / 10,188,785,600.0

f_u = 82.366 MPa ≤ f_{ca} = 123.6 MPa (상부 플랜지 압축인 경우) ····· **O.K !!**

f_u = 82.366 MPa ≤ f_{ta} = 140.0 MPa (상부 플랜지 인장인 경우) ····· **O.K !!**

$f_l = M_u \cdot y_{sl} / I_{33}$ = 973,556,345.0 × 862.0 / 10,188,785,600.0

f_l = 82.366 MPa ≤ f_{ta} = 140.0 MPa (하부 플랜지 인장인 경우) ····· **O.K !!**

f_l = 82.366 MPa ≤ f_{ca} = 123.6 MPa (하부 플랜지 압축인 경우) ····· **O.K !!**

▪ 합성응력 검토

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2 \le 1.2$$ ····· **O.K !!**

[상부 플랜지 인장, 하부 플랜지 압축]

$(\frac{82.366}{123.580})^2 + (\frac{29.505}{80.000})^2$ = 0.444 + 0.136 = 0.580 ≤ 1.2 ····· **O.K !!**

[상부 플랜지 압축, 하부 플랜지 인장]

$(\frac{82.366}{123.580})^2 + (\frac{29.505}{80.000})^2$ = 0.444 + 0.136 = 0.580 ≤ 1.2 ····· **O.K !!**

[수직보강재를 생략할 수 있는 플랜지 순간격의 최대치] (☞ 도.설 해 3.8.5.1 표3.8.5)

71 t_w = 852.0 mm < h_w = 1,700.0 mm **수직보강재 필요**

5) 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

수평 보강재 사용 단수 : n = 0

복부판의 연섬유 압축응력 : f = 82.366 MPa

복부판의 전단응력 : υ = 29.505 MPa

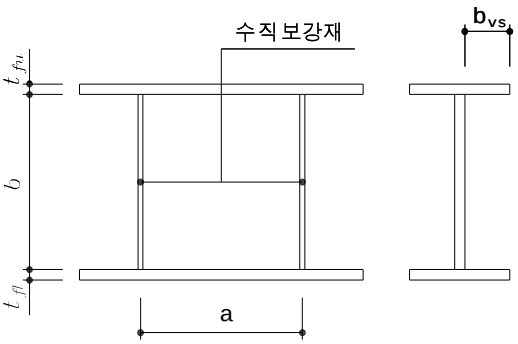
사용 수직 보강재의 폭 : b_{vs} = 150.0 mm

사용 수직 보강재의 두께 : t_{vs} = 16.0 mm

사용 수직 보강재의 간격 : a = 1,000.0 mm

상·하 양 플랜지의 순간격 : b = 1,700.0 mm

복부판의 두께 : t = 12.0 mm



- 수직보강재 간격 검토

a / b = 1,000.0 / 1,700.0 = 0.588 ≤ 1.500 ····· **O.K !!**

- 수평 보강재를 사용하지 않을 경우

$a / b \le 1.00$ 이므로 ⇒ 0.245 ≤ 1 ····· **O.K !!**

- 수직 보강재의 강도검토 (☞ 도.설.해 3.8.5.2)

· 필요 강도

$I_{(req)} = b \cdot t^3 \cdot r / 10.92$ = 1,700.0 × 12.0³ × 23.120 / 10.92 = 6.220E+06 mm⁴

· 수직 보강재의 소요강비

$r = 8.0[b/a]^2$ = 8.0 × (1,700.0 / 1,000.0)² = 23.120

· 사용 강도

$I_{(use)}$ = ⅓ × 16.0 × 150.0³ × 2ea = 3.600E+07 mm⁴

$I_{(use)}$ = 3.600E+07 mm⁴ ≥ $I_{(req)}$ = 6.220E+06 mm⁴ ····· **O.K !!**

- 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토 (☞ 도.설.해 3.8.5.2)

$b_{vs(req)}$ = 1,700.0 / 30 + 50mm = 106.667 mm ≤ $b_{vs(use)}$ = 150.000 mm ····· **O.K !!**

$t_{vs(req)}$ = 150.0 / 13 = 11.538 mm ≤ $t_{vs(use)}$ = 16.000 mm ····· **O.K !!**

▪ 공통 입력 사항

사용강재	단 위 중 량 (kN/m³)			강재할증	차륜하중 (kN)		차륜하중제원(mm)	
	콘크리트	포장	강재		P_r	P_f	L_1	B_1
SM400B	25.00	23.50	78.50	1.31390	96.00	24.00	4,200	1,800

▪ 단면 제원 (단위:mm)

구 분	b_{fu}	b_{fu}'	b_{fl}	b_{fl}'	h_w	t_{fu}	t_w	t_{fl}	I_{33}	y_{su}	y_{sl}
1CR01	300.0	144.0	300.0	144.0	1,700.0	12.0	12.0	12.0	1.019E+10	862.0	862.0
1CR02	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR03	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR04	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR05	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR06	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR07	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR08	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR09	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR10	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR11	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR12	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR13	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR14	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR15	300.0	143.0	300.0	143.0	1,900.0	12.0	14.0	12.0	1.458E+10	962.0	962.0
1CR16	300.0	143.0	300.0	143.0	2,000.0	12.0	14.0	12.0	1.662E+10	1,012.0	1,012.0
1CR17	300.0	144.0	300.0	144.0	2,100.0	12.0	14.0	12.0	1.883E+10	1,062.0	1,062.0
1CR18	400.0	144.0	400.0	144.0	2,200.0	12.0	16.0	12.0	2.594E+10	1,112.0	1,112.0
1CR19	300.0	144.0	300.0	144.0	2,100.0	12.0	14.0	12.0	1.883E+10	1,062.0	1,062.0
1CR20	300.0	143.0	300.0	143.0	1,900.0	12.0	14.0	12.0	1.458E+10	962.0	962.0
1CR21	300.0	144.0	300.0	144.0	1,700.0	12.0	12.0	12.0	1.019E+10	862.0	862.0
1CR22	300.0	144.0	300.0	144.0	1,600.0	12.0	12.0	12.0	8.773E+09	812.0	812.0
1CR23	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR24	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR25	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR26	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR27	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR28	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR29	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR30	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR31	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR32	300.0	144.0	300.0	144.0	1,500.0	12.0	12.0	12.0	7.490E+09	762.0	762.0
1CR33	300.0	144.0	300.0	144.0	1,600.0	12.0	12.0	12.0	8.773E+09	812.0	812.0
1CR34	300.0	143.0	300.0	143.0	1,900.0	12.0	14.0	12.0	1.458E+10	962.0	962.0
1CR35	400.0	192.0	400.0	192.0	2,400.0	12.0	16.0	12.0	3.239E+10	1,212.0	1,212.0
1CR36	400.0	144.0	400.0	144.0	2,900.0	12.0	20.0	12.0	6.100E+10	1,462.0	1,462.0
1CR37	400.0	144.0	400.0	144.0	2,900.0	12.0	22.0	12.0	6.506E+10	1,462.0	1,462.0
1CR38	400.0	144.0	400.0	144.0	2,900.0	12.0	20.0	12.0	6.100E+10	1,462.0	1,462.0
1CR39	400.0	191.0	400.0	191.0	2,600.0	12.0	18.0	12.0	4.274E+10	1,312.0	1,312.0
1CR40	400.0	192.0	400.0	192.0	2,200.0	12.0	16.0	12.0	2.594E+10	1,112.0	1,112.0
1CR41	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR42	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR43	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR44	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR45	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR46	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR47	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR48	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR49	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR50	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR51	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR52	300.0	144.0	300.0	144.0	1,800.0	12.0	12.0	12.0	1.174E+10	912.0	912.0
1CR53	400.0	192.0	400.0	192.0	2,400.0	12.0	16.0	12.0	3.239E+10	1,212.0	1,212.0
1CR54	400.0	144.0	400.0	144.0	2,400.0	12.0	16.0	12.0	3.239E+10	1,212.0	1,212.0

▪ 기타 제원 (단위:㎜)

구 분	바닥판두께 t_s	포장두께 t_p	가로보 간격		가로보지간 L	비 고
			B_f	B_r		
1CR01	240.0	50.0	0.0	3,350.0	2,800.0	
1CR02	240.0	50.0	3,350.0	4,000.0	2,800.0	
1CR03	240.0	50.0	4,000.0	4,000.0	2,800.0	
1CR04	240.0	50.0	4,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR05	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR06	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR07	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR08	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR09	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR10	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR11	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR12	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR13	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR14	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR15	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR16	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR17	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR18	240.0	50.0	5,000.0	4,000.0	2,800.0	
1CR19	240.0	50.0	4,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR20	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR21	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR22	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR23	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR24	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR25	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR26	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR27	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR28	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR29	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR30	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR31	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR32	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR33	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR34	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR35	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR36	240.0	50.0	5,000.0	4,000.0	2,800.0	
1CR37	240.0	50.0	4,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR38	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR39	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR40	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR41	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR42	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR43	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR44	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR45	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR46	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR47	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR48	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR49	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR50	240.0	50.0	5,000.0	5,000.0	2,800.0	
1CR51	240.0	50.0	5,000.0	4,000.0	2,800.0	
1CR52	240.0	50.0	4,000.0	4,000.0	2,800.0	
1CR53	240.0	50.0	4,000.0	3,270.0	2,800.0	
1CR54	240.0	50.0	3,270.0	0.0	2,800.0	

▪ 부재 검토 (단위:㎜)

구 분	복부판 두께 검토			상판 두께 검토			하판 두께 검토		
	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정	필 요	사용	판정
1CR01	h_w / 150 = 11.3	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR02	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR03	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR04	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR05	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR06	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR07	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR08	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR09	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR10	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR11	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR12	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR13	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR14	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR15	h_w / 150 = 12.7	14.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 8.9	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 8.9	12.0	O.K
1CR16	h_w / 150 = 13.3	14.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 8.9	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 8.9	12.0	O.K
1CR17	h_w / 150 = 14.0	14.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR18	h_w / 150 = 14.7	16.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR19	h_w / 150 = 14.0	14.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR20	h_w / 150 = 12.7	14.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 8.9	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 8.9	12.0	O.K
1CR21	h_w / 150 = 11.3	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR22	h_w / 150 = 10.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR23	h_w / 150 = 10.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR24	h_w / 150 = 10.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR25	h_w / 150 = 10.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR26	h_w / 150 = 10.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR27	h_w / 150 = 10.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR28	h_w / 150 = 10.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR29	h_w / 150 = 10.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR30	h_w / 150 = 10.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR31	h_w / 150 = 10.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR32	h_w / 150 = 10.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR33	h_w / 150 = 10.7	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR34	h_w / 150 = 12.7	14.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 8.9	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 8.9	12.0	O.K
1CR35	h_w / 150 = 16.0	16.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 12.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 12.0	12.0	O.K
1CR36	h_w / 150 = 19.3	20.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR37	h_w / 150 = 19.3	22.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR38	h_w / 150 = 19.3	20.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR39	h_w / 150 = 17.3	18.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 11.9	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 11.9	12.0	O.K
1CR40	h_w / 150 = 14.7	16.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 12.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 12.0	12.0	O.K
1CR41	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR42	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR43	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR44	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR45	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR46	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR47	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR48	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR49	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR50	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR51	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR52	h_w / 150 = 12.0	12.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K
1CR53	h_w / 150 = 16.0	16.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 12.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 12.0	12.0	O.K
1CR54	h_w / 150 = 16.0	16.0	O.K	b_{fu}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K	b_{fl}'/ 16 = 9.0	12.0	O.K

1) 관 용 해 석

▪ 작용 하중 산정

구 분	활하중 작용거리					활하중 작용점 영향선 종거					비 고
	x_1	x_4	x_2	x_5	x_3	y_1	y_4	y_2	y_5	y_3	
1CR01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR04	0.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR05	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR06	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR07	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR08	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR09	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR10	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR11	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR12	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR13	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR14	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR15	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR16	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR17	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR18	800.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR19	0.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR20	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR21	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR22	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR23	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR24	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR25	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR26	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR27	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR28	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR29	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR30	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR31	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR32	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR33	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR34	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR35	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR36	800.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR37	0.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR38	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR39	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR40	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR41	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR42	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR43	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR44	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR45	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR46	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR47	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR48	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR49	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR50	800.0	0.0	0.0	0.0	800.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.160	
1CR51	800.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.160	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
1CR54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	

구 분	고 정 하 중 (kN/m)					활 하 중 (kN)			
	슬래브	포 장	강재자중	영향선면적	W_d	P_f'	P_r'	충격계수	P_{sl}
1CR01	6.000	1.175	2.847	1.675	14.865	24.000	96.000	0.300	96.000
1CR02	6.000	1.175	2.970	3.675	29.339	24.000	96.000	0.300	96.000
1CR03	6.000	1.175	2.970	4.000	31.670	24.000	96.000	0.300	96.000
1CR04	6.000	1.175	2.970	4.500	35.258	24.000	96.000	0.300	111.360
1CR05	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR06	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR07	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR08	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR09	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR10	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR11	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR12	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR13	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR14	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR15	6.000	1.175	3.486	5.000	39.361	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR16	6.000	1.175	3.631	5.000	39.506	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR17	6.000	1.175	3.775	5.000	39.650	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR18	6.000	1.175	4.621	4.500	36.908	24.000	96.000	0.300	99.840
1CR19	6.000	1.175	3.775	4.500	36.062	24.000	96.000	0.300	111.360
1CR20	6.000	1.175	3.486	5.000	39.361	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR21	6.000	1.175	2.847	5.000	38.722	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR22	6.000	1.175	2.723	5.000	38.598	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR23	6.000	1.175	2.599	5.000	38.474	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR24	6.000	1.175	2.599	5.000	38.474	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR25	6.000	1.175	2.599	5.000	38.474	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR26	6.000	1.175	2.599	5.000	38.474	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR27	6.000	1.175	2.599	5.000	38.474	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR28	6.000	1.175	2.599	5.000	38.474	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR29	6.000	1.175	2.599	5.000	38.474	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR30	6.000	1.175	2.599	5.000	38.474	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR31	6.000	1.175	2.599	5.000	38.474	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR32	6.000	1.175	2.599	5.000	38.474	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR33	6.000	1.175	2.723	5.000	38.598	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR34	6.000	1.175	3.486	5.000	39.361	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR35	6.000	1.175	4.951	5.000	40.826	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR36	6.000	1.175	6.972	4.500	39.260	24.000	96.000	0.300	99.840
1CR37	6.000	1.175	7.571	4.500	39.858	24.000	96.000	0.300	111.360
1CR38	6.000	1.175	6.972	5.000	42.847	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR39	6.000	1.175	5.817	5.000	41.692	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR40	6.000	1.175	4.621	5.000	40.496	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR41	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR42	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR43	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR44	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR45	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR46	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR47	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR48	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR49	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR50	6.000	1.175	2.970	5.000	38.845	24.000	96.000	0.300	115.200
1CR51	6.000	1.175	2.970	4.500	35.258	24.000	96.000	0.300	99.840
1CR52	6.000	1.175	2.970	4.000	31.670	24.000	96.000	0.300	96.000
1CR53	6.000	1.175	4.951	3.635	31.032	24.000	96.000	0.300	96.000
1CR54	6.000	1.175	4.951	1.635	16.682	24.000	96.000	0.300	96.000

▪ 관용해석에 의한 전단력 산정 (단위:kN)

구 분	가로보 끝단에서 윤하중까지의 거리					활하중 작용점 영향선 종거					비 고
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	
1CR01	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR02	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR03	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR04	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR05	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR06	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR07	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR08	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR09	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR10	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR11	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR12	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR13	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR14	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR15	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR16	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR17	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR18	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR19	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR20	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR21	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR22	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR23	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR24	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR25	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR26	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR27	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR28	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR29	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR30	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR31	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR32	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR33	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR34	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR35	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR36	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR37	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR38	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR39	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR40	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR41	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR42	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR43	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR44	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR45	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR46	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR47	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR48	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR49	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR50	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR51	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR52	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR53	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	
1CR54	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.571	-	-	-	

구 분	윤하중하중수 n	영향선면적 A	종거합 ∑y	고정하중 V_d	활하중 V_{Li}	V_t	비 고
1CR01	2.0	1.400	1.571	20.811	196.114	216.925	
1CR02	2.0	1.400	1.571	41.074	196.114	237.188	
1CR03	2.0	1.400	1.571	44.339	196.114	240.453	
1CR04	2.0	1.400	1.571	49.361	227.493	276.854	
1CR05	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR06	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR07	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR08	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR09	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR10	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR11	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR12	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR13	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR14	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR15	2.0	1.400	1.571	55.106	235.337	290.443	
1CR16	2.0	1.400	1.571	55.308	235.337	290.645	
1CR17	2.0	1.400	1.571	55.510	235.337	290.847	
1CR18	2.0	1.400	1.571	51.672	203.959	255.630	
1CR19	2.0	1.400	1.571	50.487	227.493	277.980	
1CR20	2.0	1.400	1.571	55.106	235.337	290.443	
1CR21	2.0	1.400	1.571	54.210	235.337	289.548	
1CR22	2.0	1.400	1.571	54.037	235.337	289.374	
1CR23	2.0	1.400	1.571	53.864	235.337	289.201	
1CR24	2.0	1.400	1.571	53.864	235.337	289.201	
1CR25	2.0	1.400	1.571	53.864	235.337	289.201	
1CR26	2.0	1.400	1.571	53.864	235.337	289.201	
1CR27	2.0	1.400	1.571	53.864	235.337	289.201	
1CR28	2.0	1.400	1.571	53.864	235.337	289.201	
1CR29	2.0	1.400	1.571	53.864	235.337	289.201	
1CR30	2.0	1.400	1.571	53.864	235.337	289.201	
1CR31	2.0	1.400	1.571	53.864	235.337	289.201	
1CR32	2.0	1.400	1.571	53.864	235.337	289.201	
1CR33	2.0	1.400	1.571	54.037	235.337	289.374	
1CR34	2.0	1.400	1.571	55.106	235.337	290.443	
1CR35	2.0	1.400	1.571	57.156	235.337	292.493	
1CR36	2.0	1.400	1.571	54.964	203.959	258.923	
1CR37	2.0	1.400	1.571	55.801	227.493	283.294	
1CR38	2.0	1.400	1.571	59.986	235.337	295.323	
1CR39	2.0	1.400	1.571	58.369	235.337	293.706	
1CR40	2.0	1.400	1.571	56.694	235.337	292.031	
1CR41	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR42	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR43	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR44	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR45	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR46	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR47	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR48	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR49	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR50	2.0	1.400	1.571	54.384	235.337	289.721	
1CR51	2.0	1.400	1.571	49.361	203.959	253.320	
1CR52	2.0	1.400	1.571	44.339	196.114	240.453	
1CR53	2.0	1.400	1.571	43.445	196.114	239.559	
1CR54	2.0	1.400	1.571	23.355	196.114	219.469	

▪ 관용해석에 의한 모멘트 산정

(단위:kN·m)

구 분	가로보 끝단에서 윤하중까지의 거리					활하중 작용점 영향선 종거					비 고
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	
1CR01	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR02	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR03	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR04	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR05	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR06	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR07	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR08	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR09	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR10	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR11	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR12	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR13	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR14	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR15	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR16	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR17	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR18	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR19	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR20	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR21	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR22	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR23	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR24	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR25	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR26	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR27	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR28	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR29	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR30	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR31	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR32	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR33	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR34	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR35	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR36	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR37	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR38	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR39	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR40	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR41	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR42	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR43	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR44	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR45	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR46	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR47	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR48	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR49	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR50	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR51	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR52	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR53	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	
1CR54	0.0	1,200.0	-	-	-	1.000	0.143	-	-	-	

구 분	n	영향선면적 A	종거합 ∑y	고정하중 M_d	활하중 M_{Li}	M_t	비 고
1CR01	2.0	1.400	1.143	14.568	99.840	114.408	
1CR02	2.0	1.400	1.143	28.752	99.840	128.592	
1CR03	2.0	1.400	1.143	31.037	99.840	130.877	
1CR04	2.0	1.400	1.143	34.553	115.814	150.367	
1CR05	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR06	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR07	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR08	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR09	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR10	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR11	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR12	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR13	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR14	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR15	2.0	1.400	1.143	38.574	119.808	158.382	
1CR16	2.0	1.400	1.143	38.715	119.808	158.523	
1CR17	2.0	1.400	1.143	38.857	119.808	158.665	
1CR18	2.0	1.400	1.143	36.170	103.834	140.004	
1CR19	2.0	1.400	1.143	35.341	115.814	151.156	
1CR20	2.0	1.400	1.143	38.574	119.808	158.382	
1CR21	2.0	1.400	1.143	37.947	119.808	157.755	
1CR22	2.0	1.400	1.143	37.826	119.808	157.634	
1CR23	2.0	1.400	1.143	37.705	119.808	157.513	
1CR24	2.0	1.400	1.143	37.705	119.808	157.513	
1CR25	2.0	1.400	1.143	37.705	119.808	157.513	
1CR26	2.0	1.400	1.143	37.705	119.808	157.513	
1CR27	2.0	1.400	1.143	37.705	119.808	157.513	
1CR28	2.0	1.400	1.143	37.705	119.808	157.513	
1CR29	2.0	1.400	1.143	37.705	119.808	157.513	
1CR30	2.0	1.400	1.143	37.705	119.808	157.513	
1CR31	2.0	1.400	1.143	37.705	119.808	157.513	
1CR32	2.0	1.400	1.143	37.705	119.808	157.513	
1CR33	2.0	1.400	1.143	37.826	119.808	157.634	
1CR34	2.0	1.400	1.143	38.574	119.808	158.382	
1CR35	2.0	1.400	1.143	40.009	119.808	159.817	
1CR36	2.0	1.400	1.143	38.475	103.834	142.308	
1CR37	2.0	1.400	1.143	39.061	115.814	154.875	
1CR38	2.0	1.400	1.143	41.990	119.808	161.798	
1CR39	2.0	1.400	1.143	40.858	119.808	160.666	
1CR40	2.0	1.400	1.143	39.686	119.808	159.494	
1CR41	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR42	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR43	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR44	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR45	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR46	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR47	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR48	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR49	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR50	2.0	1.400	1.143	38.069	119.808	157.877	
1CR51	2.0	1.400	1.143	34.553	103.834	138.386	
1CR52	2.0	1.400	1.143	31.037	99.840	130.877	
1CR53	2.0	1.400	1.143	30.411	99.840	130.251	
1CR54	2.0	1.400	1.143	16.348	99.840	116.188	

2) 격 자 해 석

▪ 격자해석에 의한 전단력 해석결과 (단위:kN)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	V_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1CR01	kN	6.253	29.906	19.564	545.402	0.768	601.893	107
1CR02	kN	4.467	4.203	4.852	142.438	0.183	156.144	108
1CR03	kN	-4.188	-0.401	0.489	-83.825	-0.035	87.959	109
1CR04	kN	-4.191	-0.447	-0.102	-107.214	-0.015	111.969	110
1CR05	kN	-4.137	0.193	-0.327	-118.649	-0.024	122.944	111
1CR06	kN	-4.165	-0.264	-0.262	-114.458	-0.023	119.171	112
1CR07	kN	-4.237	-1.360	-0.630	-114.066	-0.040	120.333	113
1CR08	kN	-4.241	-1.375	-0.658	-113.942	-0.052	120.269	114
1CR09	kN	-4.118	0.759	-0.080	-113.127	-0.045	116.612	115
1CR10	kN	4.290	2.448	0.579	112.436	0.014	119.766	116
1CR11	kN	4.412	4.176	1.383	109.925	0.033	119.929	117
1CR12	kN	4.424	3.981	1.812	108.710	0.105	119.032	118
1CR13	kN	4.437	2.684	1.498	108.302	0.216	117.137	119
1CR14	kN	-4.001	-2.468	-0.361	-105.733	-0.250	112.812	120
1CR15	kN	-6.170	-22.178	-9.525	-127.332	-0.544	165.748	121
1CR16	kN	-7.618	-53.030	-35.275	-124.085	-1.858	221.867	122
1CR17	kN	-10.812	-134.858	-72.523	-309.370	-4.127	531.690	123
1CR18	kN	-17.769	-241.228	-121.387	-888.897	-7.097	1,276.378	124
1CR19	kN	-10.564	-105.362	-71.209	-352.015	-4.478	543.628	125
1CR20	kN	-7.000	-61.390	-38.670	-173.510	-2.672	283.242	126
1CR21	kN	-4.080	-37.777	-12.464	-92.102	-0.817	147.241	127
1CR22	kN	-4.647	-11.802	-4.177	-101.147	-0.289	122.063	128
1CR23	kN	-3.866	-0.585	-0.821	-104.704	-0.184	110.161	129
1CR24	kN	3.690	2.977	0.539	112.412	0.131	119.750	130
1CR25	kN	3.765	3.100	1.033	114.354	0.086	122.337	131
1CR26	kN	3.764	2.294	0.374	115.141	0.038	121.611	132
1CR27	kN	3.760	1.970	0.033	115.571	0.019	121.353	133
1CR28	kN	3.768	2.192	0.070	115.681	0.015	121.725	134
1CR29	kN	3.763	2.310	0.380	115.238	0.013	121.704	135
1CR30	kN	3.777	3.746	1.129	114.783	0.080	123.515	136
1CR31	kN	3.682	3.422	0.589	112.249	0.137	120.080	137
1CR32	kN	-3.899	-0.009	-0.454	-102.588	-0.196	107.145	138
1CR33	kN	-4.846	-11.310	-2.887	-103.603	-0.345	122.991	139
1CR34	kN	-4.633	-38.150	-7.926	-101.741	-0.962	153.411	140
1CR35	kN	-7.352	-45.576	-21.943	-140.467	-2.909	218.247	141
1CR36	kN	-12.195	-41.294	-45.820	-308.497	-5.992	413.798	142
1CR37	kN	-16.935	-145.054	-74.647	-1,003.804	-9.435	1,249.874	143
1CR38	kN	-11.421	-58.817	-50.960	-327.488	-6.236	454.922	144
1CR39	kN	-12.990	-108.819	-35.490	-127.237	-1.523	286.060	145
1CR40	kN	-12.095	-102.008	-15.764	-137.191	-0.309	267.367	146
1CR41	kN	5.861	27.693	0.872	97.877	0.769	133.072	147
1CR42	kN	5.205	17.005	1.924	109.153	0.516	133.803	148
1CR43	kN	4.897	11.642	5.429	113.607	0.511	136.087	149
1CR44	kN	4.638	6.994	3.312	112.891	0.275	128.109	150
1CR45	kN	4.419	3.533	0.338	112.640	0.047	120.976	151
1CR46	kN	4.529	5.496	0.490	112.094	0.027	122.636	152
1CR47	kN	4.526	5.492	0.257	112.071	0.002	122.347	153
1CR48	kN	4.534	5.740	0.039	112.531	0.013	122.858	154
1CR49	kN	4.618	6.960	0.195	112.524	0.006	124.304	155
1CR50	kN	4.515	5.053	-1.078	113.369	0.043	121.902	156
1CR51	kN	-4.368	-4.576	0.983	-100.628	-0.012	108.602	157
1CR52	kN	-4.628	-8.956	1.470	-80.290	-0.031	92.436	158
1CR53	kN	7.782	13.644	11.363	102.772	0.208	135.768	159
1CR54	kN	12.423	121.809	93.176	680.379	1.881	909.667	160

▪ 격자해석에 의한 모멘트 해석결과 (단위:kN·m)

구 분	단위	합성전 고정하중		합성후 고정하중	활하중	지점침하	M_t	부재 번호
		강재자중	슬래브 자중					
1CR01	kN·m	9.103	59.186	-22.345	926.569	1.043	973.556	107
1CR02	kN·m	7.086	26.169	-55.834	332.374	0.234	310.030	108
1CR03	kN·m	6.421	20.029	-67.797	-142.444	-0.048	183.839	109
1CR04	kN·m	6.462	22.113	-73.887	-146.836	-0.022	192.170	110
1CR05	kN·m	6.355	22.425	-78.848	-149.846	-0.041	199.956	111
1CR06	kN·m	6.343	22.490	-82.705	-143.115	-0.034	197.022	112
1CR07	kN·m	6.236	20.913	-84.862	-143.925	-0.059	201.697	113
1CR08	kN·m	6.240	21.176	-85.753	-144.440	-0.074	202.852	114
1CR09	kN·m	6.372	23.724	-85.420	-144.450	-0.068	199.842	115
1CR10	kN·m	6.544	26.908	-84.327	-146.163	-0.037	197.075	116
1CR11	kN·m	5.917	17.187	-86.631	-129.643	-0.057	193.226	117
1CR12	kN·m	5.904	18.193	-85.612	-133.847	-0.145	195.507	118
1CR13	kN·m	5.822	20.072	-82.374	-146.551	-0.283	203.313	119
1CR14	kN·m	5.840	26.285	-75.278	-163.171	-0.572	206.896	120
1CR15	kN·m	5.160	-8.608	-98.872	-204.325	-0.844	307.488	121
1CR16	kN·m	3.883	-52.071	-140.434	-303.351	-2.790	494.762	122
1CR17	kN·m	-1.085	-169.898	-191.597	-661.142	-6.092	1,029.815	123
1CR18	kN·m	-4.747	-316.760	-298.577	-1,809.700	-10.586	2,440.370	124
1CR19	kN·m	0.855	-128.903	-197.326	-755.931	-6.664	1,087.970	125
1CR20	kN·m	6.720	-60.037	-164.885	-379.299	-3.976	601.478	126
1CR21	kN·m	5.131	-25.679	-91.610	-164.622	-1.201	277.979	127
1CR22	kN·m	2.976	8.556	-70.934	-130.470	-0.414	190.286	128
1CR23	kN·m	4.818	24.772	-74.269	-134.471	-0.246	179.395	129
1CR24	kN·m	5.476	28.605	-77.673	-148.101	-0.072	191.765	130
1CR25	kN·m	5.624	27.229	-80.460	-153.576	-0.041	201.225	131
1CR26	kN·m	5.625	25.204	-83.258	-158.598	-0.029	211.056	132
1CR27	kN·m	5.624	24.543	-84.392	-161.361	-0.042	215.628	133
1CR28	kN·m	5.629	24.739	-83.942	-161.616	-0.051	215.241	134
1CR29	kN·m	5.619	25.277	-81.923	-159.650	-0.040	210.716	135
1CR30	kN·m	5.621	28.245	-77.719	-155.143	-0.048	199.044	136
1CR31	kN·m	5.375	29.003	-73.021	-150.792	-0.063	189.498	137
1CR32	kN·m	4.499	24.591	-66.157	-136.187	-0.250	173.505	138
1CR33	kN·m	3.053	10.388	-65.880	-135.416	-0.472	188.327	139
1CR34	kN·m	6.277	-25.316	-84.954	-130.777	-1.386	236.155	140
1CR35	kN·m	10.512	-35.848	-132.652	-236.457	-4.276	398.721	141
1CR36	kN·m	13.584	-28.420	-178.402	-713.627	-9.038	915.902	142
1CR37	kN·m	12.001	-169.572	-223.783	-2,245.799	-14.247	2,641.399	143
1CR38	kN·m	15.829	-43.058	-185.962	-737.808	-9.352	960.350	144
1CR39	kN·m	6.003	-116.204	-148.623	-256.359	-2.343	517.525	145
1CR40	kN·m	1.719	-111.418	-109.000	-173.093	-0.461	392.254	146
1CR41	kN·m	3.143	-14.129	-59.093	-120.080	-1.083	191.243	147
1CR42	kN·m	4.495	0.550	-73.189	-126.591	-0.800	195.535	148
1CR43	kN·m	4.936	4.912	-86.322	-128.805	-0.841	206.121	149
1CR44	kN·m	5.193	7.974	-88.251	-127.610	-0.535	203.229	150
1CR45	kN·m	6.133	19.695	-85.668	-149.700	-0.093	209.634	151
1CR46	kN·m	6.236	20.754	-86.497	-147.768	-0.112	207.388	152
1CR47	kN·m	6.182	19.526	-86.582	-147.062	-0.136	208.072	153
1CR48	kN·m	5.151	4.264	-85.239	-130.309	-0.108	206.241	154
1CR49	kN·m	5.017	2.652	-81.942	-133.060	-0.085	207.418	155
1CR50	kN·m	5.228	7.546	-73.259	-141.186	-0.066	201.737	156
1CR51	kN·m	5.934	21.749	-64.239	-136.410	-0.057	173.022	157
1CR52	kN·m	5.850	28.125	-49.987	164.072	0.093	148.152	158
1CR53	kN·m	14.019	61.026	-55.468	426.470	0.722	446.769	159
1CR54	kN·m	22.441	261.521	105.740	1,465.618	3.474	1,858.795	160

3) 단 면 검 토

▪ 자유돌출판의 압축부 국부좌굴에 대한 허용응력

구 분	상부 플랜지 (f_{ca})	하부 플랜지 (f_{ca})
1CR01	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR02	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR03	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR04	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR05	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR06	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR07	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR08	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR09	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR10	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR11	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR12	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR13	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR14	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR15	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR16	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR17	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR18	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR19	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR20	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR21	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR22	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR23	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR24	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR25	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR26	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR27	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR28	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR29	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR30	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR31	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR32	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR33	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR34	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR35	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 93.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 93.750 MPa
1CR36	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR37	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR38	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR39	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 94.734 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 94.734 MPa
1CR40	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 93.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 93.750 MPa
1CR41	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR42	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR43	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR44	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR45	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR46	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR47	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR48	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR49	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR50	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR51	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR52	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa
1CR53	bfu'/16.0 ≤ tfu < bfu' = 93.750 MPa	bfl'/16.0 ≤ tfl < bfl' = 93.750 MPa
1CR54	bfu'/12.9 ≤ tfu = 140.000 MPa	bfl'/12.9 ≤ tfl = 140.000 MPa

▪ 허용 휨 압축응력

구 분	상 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1CR01	20,400.0	3,600.0	5.667	2.415	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.580 MPa	
1CR02	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR03	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR04	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR05	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR06	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR07	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR08	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR09	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR10	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR11	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR12	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR13	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR14	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR15	26,600.0	3,600.0	7.389	2.587	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 121.588 MPa	
1CR16	28,000.0	3,600.0	7.778	2.625	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 121.156 MPa	
1CR17	29,400.0	3,600.0	8.167	2.661	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 120.730 MPa	
1CR18	35,200.0	4,800.0	7.333	2.582	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 129.120 MPa	
1CR19	29,400.0	3,600.0	8.167	2.661	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 120.730 MPa	
1CR20	26,600.0	3,600.0	7.389	2.587	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 121.588 MPa	
1CR21	20,400.0	3,600.0	5.667	2.415	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.580 MPa	
1CR22	19,200.0	3,600.0	5.333	2.380	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.982 MPa	
1CR23	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR24	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR25	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR26	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR27	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR28	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR29	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR30	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR31	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR32	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR33	19,200.0	3,600.0	5.333	2.380	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.982 MPa	
1CR34	26,600.0	3,600.0	7.389	2.587	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 121.588 MPa	
1CR35	38,400.0	4,800.0	8.000	2.646	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 128.567 MPa	
1CR36	58,000.0	4,800.0	12.083	3.007	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 125.432 MPa	
1CR37	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 124.574 MPa	
1CR38	58,000.0	4,800.0	12.083	3.007	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 125.432 MPa	
1CR39	46,800.0	4,800.0	9.750	2.806	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 127.174 MPa	
1CR40	35,200.0	4,800.0	7.333	2.582	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 129.120 MPa	
1CR41	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR42	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR43	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR44	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR45	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR46	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR47	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR48	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR49	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR50	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR51	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR52	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR53	38,400.0	4,800.0	8.000	2.646	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 128.567 MPa	
1CR54	38,400.0	4,800.0	8.000	2.646	9.3/K < L/bfu ≤ 30.0 = 128.567 MPa	

구 분	하 부 플 랜 지					비 고
	A_w	A_c	A_w/A_c	K	f_{ca}	
1CR01	20,400.0	3,600.0	5.667	2.415	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.580 MPa	
1CR02	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR03	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR04	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR05	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR06	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR07	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR08	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR09	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR10	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR11	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR12	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR13	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR14	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR15	26,600.0	3,600.0	7.389	2.587	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 121.588 MPa	
1CR16	28,000.0	3,600.0	7.778	2.625	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 121.156 MPa	
1CR17	29,400.0	3,600.0	8.167	2.661	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 120.730 MPa	
1CR18	35,200.0	4,800.0	7.333	2.582	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 129.120 MPa	
1CR19	29,400.0	3,600.0	8.167	2.661	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 120.730 MPa	
1CR20	26,600.0	3,600.0	7.389	2.587	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 121.588 MPa	
1CR21	20,400.0	3,600.0	5.667	2.415	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.580 MPa	
1CR22	19,200.0	3,600.0	5.333	2.380	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.982 MPa	
1CR23	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR24	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR25	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR26	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR27	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR28	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR29	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR30	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR31	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR32	18,000.0	3,600.0	5.000	2.345	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.390 MPa	
1CR33	19,200.0	3,600.0	5.333	2.380	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.982 MPa	
1CR34	26,600.0	3,600.0	7.389	2.587	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 121.588 MPa	
1CR35	38,400.0	4,800.0	8.000	2.646	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 128.567 MPa	
1CR36	58,000.0	4,800.0	12.083	3.007	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 125.432 MPa	
1CR37	63,800.0	4,800.0	13.292	3.106	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 124.574 MPa	
1CR38	58,000.0	4,800.0	12.083	3.007	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 125.432 MPa	
1CR39	46,800.0	4,800.0	9.750	2.806	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 127.174 MPa	
1CR40	35,200.0	4,800.0	7.333	2.582	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 129.120 MPa	
1CR41	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR42	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR43	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR44	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR45	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR46	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR47	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR48	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR49	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR50	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR51	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR52	21,600.0	3,600.0	6.000	2.449	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 123.183 MPa	
1CR53	38,400.0	4,800.0	8.000	2.646	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 128.567 MPa	
1CR54	38,400.0	4,800.0	8.000	2.646	9.3/K < L/bfl ≤ 30.0 = 128.567 MPa	

▪ 계산 적용 부재력 및 허용응력

구 분	V_{umax} (kN)	M_{umax} (kN·m)	상부 플랜지 (MPa)			하부 플랜지 (MPa)			비 고
			f_{ca}	f_{ta}	υ_a	f_{ca}	f_{ta}	υ_a	
1CR01	601.89	973.56	123.58	140.00	80.00	123.58	140.00	80.00	
1CR02	237.19	310.03	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR03	240.45	183.84	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR04	276.85	192.17	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR05	289.72	199.96	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR06	289.72	197.02	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR07	289.72	201.70	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR08	289.72	202.85	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR09	289.72	199.84	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR10	289.72	197.07	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR11	289.72	193.23	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR12	289.72	195.51	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR13	289.72	203.31	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR14	289.72	206.90	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR15	290.44	307.49	121.59	140.00	80.00	121.59	140.00	80.00	
1CR16	290.64	494.76	121.16	140.00	80.00	121.16	140.00	80.00	
1CR17	531.69	1,029.82	120.73	140.00	80.00	120.73	140.00	80.00	
1CR18	1,276.38	2,440.37	129.12	140.00	80.00	129.12	140.00	80.00	
1CR19	543.63	1,087.97	120.73	140.00	80.00	120.73	140.00	80.00	
1CR20	290.44	601.48	121.59	140.00	80.00	121.59	140.00	80.00	
1CR21	289.55	277.98	123.58	140.00	80.00	123.58	140.00	80.00	
1CR22	289.37	190.29	123.98	140.00	80.00	123.98	140.00	80.00	
1CR23	289.20	179.40	124.39	140.00	80.00	124.39	140.00	80.00	
1CR24	289.20	191.76	124.39	140.00	80.00	124.39	140.00	80.00	
1CR25	289.20	201.22	124.39	140.00	80.00	124.39	140.00	80.00	
1CR26	289.20	211.06	124.39	140.00	80.00	124.39	140.00	80.00	
1CR27	289.20	215.63	124.39	140.00	80.00	124.39	140.00	80.00	
1CR28	289.20	215.24	124.39	140.00	80.00	124.39	140.00	80.00	
1CR29	289.20	210.72	124.39	140.00	80.00	124.39	140.00	80.00	
1CR30	289.20	199.04	124.39	140.00	80.00	124.39	140.00	80.00	
1CR31	289.20	189.50	124.39	140.00	80.00	124.39	140.00	80.00	
1CR32	289.20	173.50	124.39	140.00	80.00	124.39	140.00	80.00	
1CR33	289.37	188.33	123.98	140.00	80.00	123.98	140.00	80.00	
1CR34	290.44	236.16	121.59	140.00	80.00	121.59	140.00	80.00	
1CR35	292.49	398.72	93.75	140.00	80.00	93.75	140.00	80.00	
1CR36	413.80	915.90	125.43	140.00	80.00	125.43	140.00	80.00	
1CR37	1,249.87	2,641.40	124.57	140.00	80.00	124.57	140.00	80.00	
1CR38	454.92	960.35	125.43	140.00	80.00	125.43	140.00	80.00	
1CR39	293.71	517.53	94.73	140.00	80.00	94.73	140.00	80.00	
1CR40	292.03	392.25	93.75	140.00	80.00	93.75	140.00	80.00	
1CR41	289.72	191.24	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR42	289.72	195.54	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR43	289.72	206.12	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR44	289.72	203.23	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR45	289.72	209.63	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR46	289.72	207.39	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR47	289.72	208.07	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR48	289.72	206.24	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR49	289.72	207.42	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR50	289.72	201.74	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR51	253.32	173.02	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR52	240.45	148.15	123.18	140.00	80.00	123.18	140.00	80.00	
1CR53	239.56	446.77	93.75	140.00	80.00	93.75	140.00	80.00	
1CR54	909.67	1,858.80	128.57	140.00	80.00	128.57	140.00	80.00	

▪ 응 력 검 토

구 분	전단응력 (MPa)			상부 플랜지 (MPa)				하부 플랜지 (MPa)			
	υ	υ_a	판정	f_u	f_{ca}	f_{ta}	판정	f_l	f_{ca}	f_{ta}	판정
1CR01	29.50	80.00	O.K	82.37	123.58	140.00	O.K	82.37	123.58	140.00	O.K
1CR02	10.98	80.00	O.K	24.08	123.18	140.00	O.K	24.08	123.18	140.00	O.K
1CR03	11.13	80.00	O.K	14.28	123.18	140.00	O.K	14.28	123.18	140.00	O.K
1CR04	12.82	80.00	O.K	14.93	123.18	140.00	O.K	14.93	123.18	140.00	O.K
1CR05	13.41	80.00	O.K	15.53	123.18	140.00	O.K	15.53	123.18	140.00	O.K
1CR06	13.41	80.00	O.K	15.30	123.18	140.00	O.K	15.30	123.18	140.00	O.K
1CR07	13.41	80.00	O.K	15.67	123.18	140.00	O.K	15.67	123.18	140.00	O.K
1CR08	13.41	80.00	O.K	15.76	123.18	140.00	O.K	15.76	123.18	140.00	O.K
1CR09	13.41	80.00	O.K	15.52	123.18	140.00	O.K	15.52	123.18	140.00	O.K
1CR10	13.41	80.00	O.K	15.31	123.18	140.00	O.K	15.31	123.18	140.00	O.K
1CR11	13.41	80.00	O.K	15.01	123.18	140.00	O.K	15.01	123.18	140.00	O.K
1CR12	13.41	80.00	O.K	15.18	123.18	140.00	O.K	15.18	123.18	140.00	O.K
1CR13	13.41	80.00	O.K	15.79	123.18	140.00	O.K	15.79	123.18	140.00	O.K
1CR14	13.41	80.00	O.K	16.07	123.18	140.00	O.K	16.07	123.18	140.00	O.K
1CR15	10.92	80.00	O.K	20.28	121.59	140.00	O.K	20.28	121.59	140.00	O.K
1CR16	10.38	80.00	O.K	30.13	121.16	140.00	O.K	30.13	121.16	140.00	O.K
1CR17	18.08	80.00	O.K	58.07	120.73	140.00	O.K	58.07	120.73	140.00	O.K
1CR18	36.26	80.00	O.K	104.61	129.12	140.00	O.K	104.61	129.12	140.00	O.K
1CR19	18.49	80.00	O.K	61.35	120.73	140.00	O.K	61.35	120.73	140.00	O.K
1CR20	10.92	80.00	O.K	39.68	121.59	140.00	O.K	39.68	121.59	140.00	O.K
1CR21	14.19	80.00	O.K	23.52	123.58	140.00	O.K	23.52	123.58	140.00	O.K
1CR22	15.07	80.00	O.K	17.61	123.98	140.00	O.K	17.61	123.98	140.00	O.K
1CR23	16.07	80.00	O.K	18.25	124.39	140.00	O.K	18.25	124.39	140.00	O.K
1CR24	16.07	80.00	O.K	19.51	124.39	140.00	O.K	19.51	124.39	140.00	O.K
1CR25	16.07	80.00	O.K	20.47	124.39	140.00	O.K	20.47	124.39	140.00	O.K
1CR26	16.07	80.00	O.K	21.47	124.39	140.00	O.K	21.47	124.39	140.00	O.K
1CR27	16.07	80.00	O.K	21.94	124.39	140.00	O.K	21.94	124.39	140.00	O.K
1CR28	16.07	80.00	O.K	21.90	124.39	140.00	O.K	21.90	124.39	140.00	O.K
1CR29	16.07	80.00	O.K	21.44	124.39	140.00	O.K	21.44	124.39	140.00	O.K
1CR30	16.07	80.00	O.K	20.25	124.39	140.00	O.K	20.25	124.39	140.00	O.K
1CR31	16.07	80.00	O.K	19.28	124.39	140.00	O.K	19.28	124.39	140.00	O.K
1CR32	16.07	80.00	O.K	17.65	124.39	140.00	O.K	17.65	124.39	140.00	O.K
1CR33	15.07	80.00	O.K	17.43	123.98	140.00	O.K	17.43	123.98	140.00	O.K
1CR34	10.92	80.00	O.K	15.58	121.59	140.00	O.K	15.58	121.59	140.00	O.K
1CR35	7.62	80.00	O.K	14.92	93.75	140.00	O.K	14.92	93.75	140.00	O.K
1CR36	7.13	80.00	O.K	21.95	125.43	140.00	O.K	21.95	125.43	140.00	O.K
1CR37	19.59	80.00	O.K	59.35	124.57	140.00	O.K	59.35	124.57	140.00	O.K
1CR38	7.84	80.00	O.K	23.02	125.43	140.00	O.K	23.02	125.43	140.00	O.K
1CR39	6.28	80.00	O.K	15.89	94.73	140.00	O.K	15.89	94.73	140.00	O.K
1CR40	8.30	80.00	O.K	16.81	93.75	140.00	O.K	16.81	93.75	140.00	O.K
1CR41	13.41	80.00	O.K	14.85	123.18	140.00	O.K	14.85	123.18	140.00	O.K
1CR42	13.41	80.00	O.K	15.19	123.18	140.00	O.K	15.19	123.18	140.00	O.K
1CR43	13.41	80.00	O.K	16.01	123.18	140.00	O.K	16.01	123.18	140.00	O.K
1CR44	13.41	80.00	O.K	15.78	123.18	140.00	O.K	15.78	123.18	140.00	O.K
1CR45	13.41	80.00	O.K	16.28	123.18	140.00	O.K	16.28	123.18	140.00	O.K
1CR46	13.41	80.00	O.K	16.11	123.18	140.00	O.K	16.11	123.18	140.00	O.K
1CR47	13.41	80.00	O.K	16.16	123.18	140.00	O.K	16.16	123.18	140.00	O.K
1CR48	13.41	80.00	O.K	16.02	123.18	140.00	O.K	16.02	123.18	140.00	O.K
1CR49	13.41	80.00	O.K	16.11	123.18	140.00	O.K	16.11	123.18	140.00	O.K
1CR50	13.41	80.00	O.K	15.67	123.18	140.00	O.K	15.67	123.18	140.00	O.K
1CR51	11.73	80.00	O.K	13.44	123.18	140.00	O.K	13.44	123.18	140.00	O.K
1CR52	11.13	80.00	O.K	11.51	123.18	140.00	O.K	11.51	123.18	140.00	O.K
1CR53	6.24	80.00	O.K	16.72	93.75	140.00	O.K	16.72	93.75	140.00	O.K
1CR54	23.69	80.00	O.K	69.54	128.57	140.00	O.K	69.54	128.57	140.00	O.K

▪ 합성 응력 검토

구 분	상부 플랜지 인장 하부 플랜지 압축인 경우					상부 플랜지 압축 하부 플랜지 인장인 경우				
	인장	전단	합성응력	허용	판별	인장	전단	합성응력	허용	판별
1CR01	0.444	0.136	0.580	1.2	O.K	0.444	0.136	0.580	1.2	O.K
1CR02	0.038	0.019	0.057	1.2	O.K	0.038	0.019	0.057	1.2	O.K
1CR03	0.013	0.019	0.033	1.2	O.K	0.013	0.019	0.033	1.2	O.K
1CR04	0.015	0.026	0.040	1.2	O.K	0.015	0.026	0.040	1.2	O.K
1CR05	0.016	0.028	0.044	1.2	O.K	0.016	0.028	0.044	1.2	O.K
1CR06	0.015	0.028	0.044	1.2	O.K	0.015	0.028	0.044	1.2	O.K
1CR07	0.016	0.028	0.044	1.2	O.K	0.016	0.028	0.044	1.2	O.K
1CR08	0.016	0.028	0.044	1.2	O.K	0.016	0.028	0.044	1.2	O.K
1CR09	0.016	0.028	0.044	1.2	O.K	0.016	0.028	0.044	1.2	O.K
1CR10	0.015	0.028	0.044	1.2	O.K	0.015	0.028	0.044	1.2	O.K
1CR11	0.015	0.028	0.043	1.2	O.K	0.015	0.028	0.043	1.2	O.K
1CR12	0.015	0.028	0.043	1.2	O.K	0.015	0.028	0.043	1.2	O.K
1CR13	0.016	0.028	0.045	1.2	O.K	0.016	0.028	0.045	1.2	O.K
1CR14	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K
1CR15	0.028	0.019	0.046	1.2	O.K	0.028	0.019	0.046	1.2	O.K
1CR16	0.062	0.017	0.079	1.2	O.K	0.062	0.017	0.079	1.2	O.K
1CR17	0.231	0.051	0.282	1.2	O.K	0.231	0.051	0.282	1.2	O.K
1CR18	0.656	0.205	0.862	1.2	O.K	0.656	0.205	0.862	1.2	O.K
1CR19	0.258	0.053	0.312	1.2	O.K	0.258	0.053	0.312	1.2	O.K
1CR20	0.106	0.019	0.125	1.2	O.K	0.106	0.019	0.125	1.2	O.K
1CR21	0.036	0.031	0.068	1.2	O.K	0.036	0.031	0.068	1.2	O.K
1CR22	0.020	0.035	0.056	1.2	O.K	0.020	0.035	0.056	1.2	O.K
1CR23	0.022	0.040	0.062	1.2	O.K	0.022	0.040	0.062	1.2	O.K
1CR24	0.025	0.040	0.065	1.2	O.K	0.025	0.040	0.065	1.2	O.K
1CR25	0.027	0.040	0.067	1.2	O.K	0.027	0.040	0.067	1.2	O.K
1CR26	0.030	0.040	0.070	1.2	O.K	0.030	0.040	0.070	1.2	O.K
1CR27	0.031	0.040	0.071	1.2	O.K	0.031	0.040	0.071	1.2	O.K
1CR28	0.031	0.040	0.071	1.2	O.K	0.031	0.040	0.071	1.2	O.K
1CR29	0.030	0.040	0.070	1.2	O.K	0.030	0.040	0.070	1.2	O.K
1CR30	0.027	0.040	0.067	1.2	O.K	0.027	0.040	0.067	1.2	O.K
1CR31	0.024	0.040	0.064	1.2	O.K	0.024	0.040	0.064	1.2	O.K
1CR32	0.020	0.040	0.060	1.2	O.K	0.020	0.040	0.060	1.2	O.K
1CR33	0.020	0.035	0.055	1.2	O.K	0.020	0.035	0.055	1.2	O.K
1CR34	0.016	0.019	0.035	1.2	O.K	0.016	0.019	0.035	1.2	O.K
1CR35	0.025	0.009	0.034	1.2	O.K	0.025	0.009	0.034	1.2	O.K
1CR36	0.031	0.008	0.039	1.2	O.K	0.031	0.008	0.039	1.2	O.K
1CR37	0.227	0.060	0.287	1.2	O.K	0.227	0.060	0.287	1.2	O.K
1CR38	0.034	0.010	0.043	1.2	O.K	0.034	0.010	0.043	1.2	O.K
1CR39	0.028	0.006	0.034	1.2	O.K	0.028	0.006	0.034	1.2	O.K
1CR40	0.032	0.011	0.043	1.2	O.K	0.032	0.011	0.043	1.2	O.K
1CR41	0.015	0.028	0.043	1.2	O.K	0.015	0.028	0.043	1.2	O.K
1CR42	0.015	0.028	0.043	1.2	O.K	0.015	0.028	0.043	1.2	O.K
1CR43	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K
1CR44	0.016	0.028	0.045	1.2	O.K	0.016	0.028	0.045	1.2	O.K
1CR45	0.017	0.028	0.046	1.2	O.K	0.017	0.028	0.046	1.2	O.K
1CR46	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K
1CR47	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K
1CR48	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K
1CR49	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K	0.017	0.028	0.045	1.2	O.K
1CR50	0.016	0.028	0.044	1.2	O.K	0.016	0.028	0.044	1.2	O.K
1CR51	0.012	0.021	0.033	1.2	O.K	0.012	0.021	0.033	1.2	O.K
1CR52	0.009	0.019	0.028	1.2	O.K	0.009	0.019	0.028	1.2	O.K
1CR53	0.032	0.006	0.038	1.2	O.K	0.032	0.006	0.038	1.2	O.K
1CR54	0.293	0.088	0.380	1.2	O.K	0.293	0.088	0.380	1.2	O.K

4) 수직 보강재의 설계 (SM400B 사용)

▪ 수직 보강재 설치 검토 및 단면 제원

구 분	설치 검토 (mm)			n	f	υ	b_{vs}	t_{vs}	a	b	t
	순간격	허용값	판 정		(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1CR01	1,700	852.0	필 요	0	82.366	29.505	130.0	10.0	1,400.0	1,700.0	12.0
1CR02	1,800	852.0	필 요	0	24.080	10.981	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR03	1,800	852.0	필 요	0	14.279	11.132	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR04	1,800	852.0	필 요	0	14.926	12.817	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR05	1,800	852.0	필 요	0	15.530	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR06	1,800	852.0	필 요	0	15.303	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR07	1,800	852.0	필 요	0	15.666	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR08	1,800	852.0	필 요	0	15.755	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR09	1,800	852.0	필 요	0	15.522	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR10	1,800	852.0	필 요	0	15.307	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR11	1,800	852.0	필 요	0	15.008	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR12	1,800	852.0	필 요	0	15.185	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR13	1,800	852.0	필 요	0	15.791	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR14	1,800	852.0	필 요	0	16.069	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR15	1,900	994.0	필 요	0	20.285	10.919	130.0	10.0	1,400.0	1,900.0	14.0
1CR16	2,000	994.0	필 요	0	30.126	10.380	130.0	14.0	1,400.0	2,000.0	14.0
1CR17	2,100	994.0	필 요	0	58.070	18.085	130.0	14.0	1,400.0	2,100.0	14.0
1CR18	2,200	1,136.0	필 요	0	104.612	36.261	180.0	14.0	1,400.0	2,200.0	16.0
1CR19	2,100	994.0	필 요	0	61.349	18.491	130.0	14.0	1,400.0	2,100.0	14.0
1CR20	1,900	994.0	필 요	0	39.679	10.919	130.0	10.0	1,400.0	1,900.0	14.0
1CR21	1,700	852.0	필 요	0	23.518	14.194	130.0	10.0	1,400.0	1,700.0	12.0
1CR22	1,600	852.0	필 요	0	17.611	15.072	130.0	10.0	1,400.0	1,600.0	12.0
1CR23	1,500	852.0	필 요	0	18.251	16.067	130.0	10.0	1,400.0	1,500.0	12.0
1CR24	1,500	852.0	필 요	0	19.509	16.067	130.0	10.0	1,400.0	1,500.0	12.0
1CR25	1,500	852.0	필 요	0	20.471	16.067	130.0	10.0	1,400.0	1,500.0	12.0
1CR26	1,500	852.0	필 요	0	21.471	16.067	130.0	10.0	1,400.0	1,500.0	12.0
1CR27	1,500	852.0	필 요	0	21.937	16.067	130.0	10.0	1,400.0	1,500.0	12.0
1CR28	1,500	852.0	필 요	0	21.897	16.067	130.0	10.0	1,400.0	1,500.0	12.0
1CR29	1,500	852.0	필 요	0	21.437	16.067	130.0	10.0	1,400.0	1,500.0	12.0
1CR30	1,500	852.0	필 요	0	20.249	16.067	130.0	10.0	1,400.0	1,500.0	12.0
1CR31	1,500	852.0	필 요	0	19.278	16.067	130.0	10.0	1,400.0	1,500.0	12.0
1CR32	1,500	852.0	필 요	0	17.651	16.067	130.0	10.0	1,400.0	1,500.0	12.0
1CR33	1,600	852.0	필 요	0	17.430	15.072	130.0	10.0	1,400.0	1,600.0	12.0
1CR34	1,900	994.0	필 요	0	15.579	10.919	130.0	10.0	1,400.0	1,900.0	14.0
1CR35	2,400	1,136.0	필 요	0	14.918	7.617	180.0	14.0	1,400.0	2,400.0	16.0
1CR36	2,900	1,420.0	필 요	0	21.952	7.134	190.0	20.0	1,400.0	2,900.0	20.0
1CR37	2,900	1,562.0	필 요	0	59.352	19.591	210.0	22.0	1,400.0	2,900.0	22.0
1CR38	2,900	1,420.0	필 요	0	23.017	7.843	190.0	20.0	1,400.0	2,900.0	20.0
1CR39	2,600	1,278.0	필 요	0	15.887	6.276	190.0	20.0	1,400.0	2,600.0	18.0
1CR40	2,200	1,136.0	필 요	0	16.815	8.296	180.0	14.0	1,400.0	2,200.0	16.0
1CR41	1,800	852.0	필 요	0	14.854	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR42	1,800	852.0	필 요	0	15.187	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR43	1,800	852.0	필 요	0	16.009	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR44	1,800	852.0	필 요	0	15.785	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR45	1,800	852.0	필 요	0	16.282	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR46	1,800	852.0	필 요	0	16.108	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR47	1,800	852.0	필 요	0	16.161	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR48	1,800	852.0	필 요	0	16.019	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR49	1,800	852.0	필 요	0	16.110	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR50	1,800	852.0	필 요	0	15.669	13.413	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR51	1,800	852.0	필 요	0	13.439	11.728	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR52	1,800	852.0	필 요	0	11.507	11.132	130.0	10.0	1,400.0	1,800.0	12.0
1CR53	2,400	1,136.0	필 요	0	16.715	6.239	180.0	14.0	1,400.0	2,400.0	16.0
1CR54	2,400	1,136.0	필 요	0	69.544	23.689	180.0	14.0	1,400.0	2,400.0	16.0

▪ 수직보강재 간격 검토

구 분	간격 검토						수직보강재 강도검토 (mm^4)			비 고
	a/b	허용값	판정	n = 0	허용값	판정	$I_{(req)}$	$I_{(use)}$	판정	
1CR01	0.824	1.500	O.K	0.325	1.000	O.K	3.173E+06	7.323E+06	O.K	
1CR02	0.778	3.000	O.K	0.040	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR03	0.778	3.000	O.K	0.027	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR04	0.778	3.000	O.K	0.034	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR05	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR06	0.778	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR07	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR08	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR09	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR10	0.778	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR11	0.778	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR12	0.778	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR13	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR14	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR15	0.737	3.000	O.K	0.021	1.000	O.K	7.035E+06	7.323E+06	O.K	
1CR16	0.700	3.000	O.K	0.039	1.000	O.K	8.205E+06	1.025E+07	O.K	
1CR17	0.667	3.000	O.K	0.163	1.000	O.K	9.498E+06	1.025E+07	O.K	
1CR18	0.636	1.500	O.K	0.381	1.000	O.K	1.630E+07	2.722E+07	O.K	
1CR19	0.667	3.000	O.K	0.179	1.000	O.K	9.498E+06	1.025E+07	O.K	
1CR20	0.737	3.000	O.K	0.051	1.000	O.K	7.035E+06	7.323E+06	O.K	
1CR21	0.824	3.000	O.K	0.044	1.000	O.K	3.173E+06	7.323E+06	O.K	
1CR22	0.875	3.000	O.K	0.035	1.000	O.K	2.646E+06	7.323E+06	O.K	
1CR23	0.933	3.000	O.K	0.034	1.000	O.K	2.180E+06	7.323E+06	O.K	
1CR24	0.933	3.000	O.K	0.035	1.000	O.K	2.180E+06	7.323E+06	O.K	
1CR25	0.933	3.000	O.K	0.035	1.000	O.K	2.180E+06	7.323E+06	O.K	
1CR26	0.933	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	2.180E+06	7.323E+06	O.K	
1CR27	0.933	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	2.180E+06	7.323E+06	O.K	
1CR28	0.933	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	2.180E+06	7.323E+06	O.K	
1CR29	0.933	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	2.180E+06	7.323E+06	O.K	
1CR30	0.933	3.000	O.K	0.035	1.000	O.K	2.180E+06	7.323E+06	O.K	
1CR31	0.933	3.000	O.K	0.034	1.000	O.K	2.180E+06	7.323E+06	O.K	
1CR32	0.933	3.000	O.K	0.033	1.000	O.K	2.180E+06	7.323E+06	O.K	
1CR33	0.875	3.000	O.K	0.035	1.000	O.K	2.646E+06	7.323E+06	O.K	
1CR34	0.737	3.000	O.K	0.017	1.000	O.K	7.035E+06	7.323E+06	O.K	
1CR35	0.583	3.000	O.K	0.013	1.000	O.K	2.116E+07	2.722E+07	O.K	
1CR36	0.483	3.000	O.K	0.018	1.000	O.K	7.293E+07	9.145E+07	O.K	양면
1CR37	0.483	1.500	O.K	0.090	1.000	O.K	9.707E+07	1.358E+08	O.K	양면
1CR38	0.483	3.000	O.K	0.020	1.000	O.K	7.293E+07	9.145E+07	O.K	양면
1CR39	0.538	3.000	O.K	0.010	1.000	O.K	3.831E+07	4.573E+07	O.K	
1CR40	0.636	3.000	O.K	0.012	1.000	O.K	1.630E+07	2.722E+07	O.K	
1CR41	0.778	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR42	0.778	3.000	O.K	0.036	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR43	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR44	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR45	0.778	3.000	O.K	0.038	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR46	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR47	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR48	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR49	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR50	0.778	3.000	O.K	0.037	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR51	0.778	3.000	O.K	0.028	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR52	0.778	3.000	O.K	0.024	1.000	O.K	3.767E+06	7.323E+06	O.K	
1CR53	0.583	3.000	O.K	0.014	1.000	O.K	2.116E+07	2.722E+07	O.K	
1CR54	0.583	1.500	O.K	0.226	1.000	O.K	2.116E+07	2.722E+07	O.K	

▪ 수직보강재 최소 폭 및 두께 검토 (단위:㎜)

구 분	최소 폭 검토			최소 폭 검토			비 고
	$b_{vs(req)}$	$b_{vs(use)}$	판정	$t_{vs(req)}$	$t_{vs(use)}$	판정	
1CR01	106.667	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR02	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR03	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR04	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR05	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR06	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR07	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR08	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR09	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR10	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR11	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR12	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR13	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR14	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR15	113.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR16	116.667	130.000	O.K	10.000	14.000	O.K	
1CR17	120.000	130.000	O.K	10.000	14.000	O.K	
1CR18	123.333	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	
1CR19	120.000	130.000	O.K	10.000	14.000	O.K	
1CR20	113.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR21	106.667	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR22	103.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR23	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR24	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR25	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR26	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR27	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR28	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR29	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR30	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR31	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR32	100.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR33	103.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR34	113.333	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR35	130.000	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	
1CR36	146.667	190.000	O.K	14.615	20.000	O.K	
1CR37	146.667	210.000	O.K	16.154	22.000	O.K	
1CR38	146.667	190.000	O.K	14.615	20.000	O.K	
1CR39	136.667	190.000	O.K	14.615	20.000	O.K	
1CR40	123.333	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	
1CR41	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR42	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR43	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR44	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR45	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR46	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR47	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR48	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR49	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR50	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR51	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR52	110.000	130.000	O.K	10.000	10.000	O.K	
1CR53	130.000	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	
1CR54	130.000	180.000	O.K	13.846	14.000	O.K	

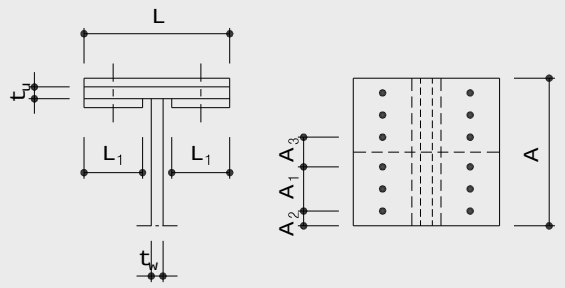
8.2 가로보의 연결

[1CR01]

(강종 : SM400B) (가로보 계산 참조)

모멘트 M(kN)	전단력 V(kN)	상부FL.응력 f_u(MPa)		하부FL.응력 f_l(MPa)		허용휨인장응력 f_{sa}(MPa)	단면2차모멘트 I(mm^4)
		인장	압축	압축	인장		
973.56	601.89	82.366	82.366	82.366	82.366	140.00	1.019E+10

사용BOLT : H.T.B (M22 F 10T) ρ_{sa} = 48,000 × 2 면 = 96,000 N (☞도.설.해3.3.2.3)



t_u = 12.0 mm
t_w = 12.0 mm
L = 300.0 mm
L_1 = 124.0 mm
A = 505.0 mm
A_1 = 2 @ 85 mm
= 170.0 mm
A_2 = 40.0 mm
A_3 = 85.0 mm

1) 상부 플랜지 이음 (압축부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 82.4 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_u) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 3,600.0 × 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 3,600.0 = 3,600.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} = 1 PL - 300.0 × 14.0 × 505.0 = 4,200.0

2 PL - 124.0 × 14.0 × 505.0 = 3,472.0

∑ = 7,672.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· O.K !!

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_{use}$ = 3,600.0 × 105.0 / 7,672.0 = 49.3 MPa ≤ f_{sa} ····· O.K !!

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 3,600.0 × 105.0 / 6.0 = 63,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 300.0 × 12.0 × (862.0 - 6.0) = 3.082E+06 mm^3

I = 1.019E+10 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 300.0 / 2.0ea = 150.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q/I \times p/n$

= 601.893^3 ×3,081,600.0/10,188,785,600.0×150.0/3.0 = 9,102.1 N/ea

▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 3.969E+09 + 8.285E+07 = 63,654.1 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

2) 상부 플랜지 이음 (인장부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 82.4 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_u) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 3,600.0 × 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 3,600.0 = 3,600.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} = 1 PL - 300.0 × 14.0 × 505.0 = 4,200.0

2 PL - 124.0 × 14.0 × 505.0 = 3,472.0

∑ = 7,672.0 mm^2

▪ 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 7,672.0 - 25.0 × 14.0 × 2.0열 × 2.0ea = 6,272.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· O.K !!

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_n$ = 3,600.0 × 105.0 / 6,272.0 = 60.3 MPa ≤ f_{sa} ····· O.K !!

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 3,600.0 × 105.0 / 6.0 = 63,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 300.0 × 12.0 × (862.0 - 6.0) = 3.082E+06 mm^3

I = 1.019E+10 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 300.0 / 2.0ea = 150.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q/I \times p/n$

= 601.893^3 ×3,081,600.0/10,188,785,600.0×150.0/3.0 = 9,102.1 N/ea

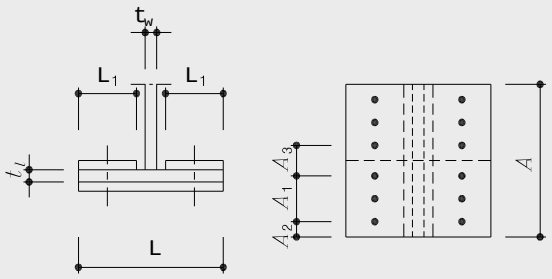
▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 3.969E+09 + 8.285E+07 = 63,654.1 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

④ 모재의 응력검토

A_{sn} = 12.0 × (300.0 - 25.0 × 2.0) = 3,000.0 mm^2

$f_u = A_s \times f_s' / A_{sn}$ = 3,600.0 × 105.0 / 3,000.0 = 126.0 MPa ≤ f_{sa} ····· O.K !!



t_l = 12.0 mm
t_w = 12.0 mm
L = 300.0 mm
L_1 = 124.0 mm
A = 505.0 mm
A_1 = 2 @ 85 mm
= 170.0 mm
A_2 = 40.0 mm
A_3 = 85.0 mm

3) 하부 플랜지 이음 (압축부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 82.4 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_l) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 3,600.0 × 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 3,600.0 = 3,600.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} = 1 PL - 300.0 × 14.0 × 505.0 = 4,200.0
2 PL - 124.0 × 14.0 × 505.0 = 3,472.0
∑ = 7,672.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· O.K !!

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_{use}$ = 3,600.0 × 105.0 / 7,672.0 = 49.3 MPa ≤ f_{sa} ····· O.K !!

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 3,600.0 × 105.0 / 6.0 = 63,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 300.0 × 12.0 × (862.0 - 6.0) = 3.082E+06 mm^3

I = 1.019E+10 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 300.0 / 2.0ea = 150.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q/I \times p/n$

= 601.893³ ×3,081,600.0/10,188,785,600.0×150.0/3.0 = 9,102.1 N/ea

▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 3.969E+09 + 8.285E+07 = 63,654.1 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· O.K !!

4) 하부 플랜지 이음 (인장부) (☞ 도.설 해 3.4.2.2 표3.4.4)

▪ 주요 부재의 연결은 적어도 모재의 전 강도의 75% 이상의 강도를 갖도록 설계하여야 한다. 다만, 전단력에 대해서는 작용응력을 사용하여 설계해도 좋다. (☞ 도.설.해 3.5.1.1, 3.5.3.2)

f_s = 82.4 MPa

$f_{s(min)}$ = 0.75 × 140.0 = 105.0 MPa ∴ 이음부의 설계응력 (f_l) f_s' = 105.0 MPa 적용

① 필요 BOLT수의 결정

$n_{req} = A_s \times f_s' / \rho_{sa}$ = 3,600.0 × 105.0 / 96,000.0 = 3.9ea ⇒ n_t = **6.0ea ····· O.K !!**

② 이음판의 결정

▪ 필요 단면적 산정

$A_{req} = A_s \times f_s' / f_{sa}$ = 3,600.0 = 3,600.0 mm^2

▪ 사용 이음판 전단면적

A_{use} =	1 PL -	300.0	×	14.0	×	505.0	= 4,200.0
	2 PL -	124.0	×	14.0	×	505.0	= 3,472.0
						∑ =	7,672.0 mm^2

▪ 이음판의 순단면적 (인장부의 순단면적은 BOLT 지름 공제)

A_n = 7,672.0 - 25.0 × 14.0 × 2.0열 × 2.0ea = 6,272.0 mm^2 ≥ A_{req} ····· **O.K !!**

▪ 이음판의 응력

$f_s = A_s \times f_s' / A_n$ = 3,600.0 × 105.0 / 6,272.0 = 60.3 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**

③ BOLT의 응력검토

▪ 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 BOLT 응력검토

$\rho_p = P / n_t$ = 3,600.0 × 105.0 / 6.0 = 63,000.0 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 휨에 의한 전단력을 받는 판을 수평방향으로 연결하는 BOLT의 응력검토

Q : 합성전 및 합성후의 부재 총단면의 중립축에 대한 전단력을 계산하는 접합선 외측의 단면1차 모멘트

Q = 300.0 × 12.0 × (862.0 - 6.0) = 3.082E+06 mm^3

I = 1.019E+10 mm^4 [총단면의 중립축에 대한 단면2차 모멘트]

p = 플랜지 전폭 / 횡방향 BOLT수 = 300.0 / 2.0ea = 150.0 mm [볼트의 피치]

n = 3.0ea [접합선의 직각방향의 볼트의 수]

$\rho_h = V \cdot Q / I \times p / n$

= 601.893^3 ×3,081,600.0/10,188,785,600.0×150.0/3.0 = 9,102.1 N/ea

▪ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 BOLT 식

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 3.969E+09 + 8.285E+07 = 63,654.1 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

④ 모재의 응력검토

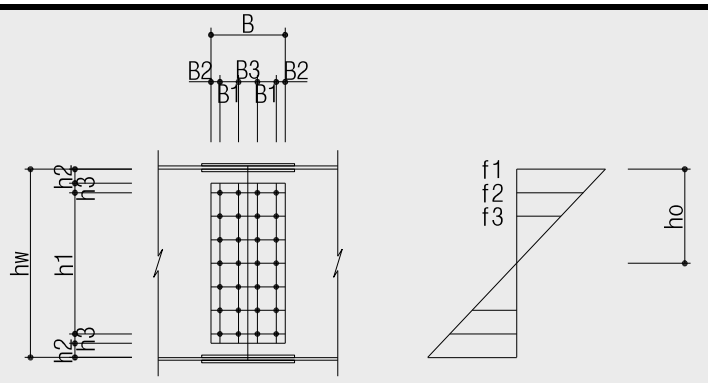
A_{sn} = 12.0 × (300.0 - 25.0 × 2.0) = 3,000.0 mm^2

$f_u = A_s \times f_s' / A_{sn}$ = 3,600.0 × 105.0 / 3,000.0 = 126.0 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**

5) WEB 연결부의 계산

① BOLT의 응력계산

▪ 휨에 의한 BOLT의 응력



h_w = 1,700.0 mm
t_w = 12.0 mm
중립축~연단까지 거리
h_o = 850.0 mm
B = 335.0 mm
h_1 = 15 @ 100 mm
= 1,500.0 mm
h_2 = 60.0 mm
h_3 = 40.0 mm
B_1 = 1 @ 85 mm
= 85.0 mm
B_2 = 40.0 mm
B_3 = 85.0 mm

f_1 = 105.000 MPa
f_2 = $f_1 \cdot (h_o - 150) / h_o$ = 86.471 MPa
f_3 = $f_1 \cdot (h_o - 250) / h_o$ = 74.118 MPa
f_4 = $f_1 \cdot (h_o - 350) / h_o$ = 61.765 MPa

제1열 ρ_p = (105.00 + 86.471)/2 × 150.0 × 12.0 / 2 = 8.62E+04 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 전단력에 의한 볼트의 응력

ρ_s = 601.893 / 32.0ea = 1.88E+04 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 합성 응력의 검토

$\rho = \sqrt{(\rho_p^2 + \rho_h^2)}$ = √ 7.424E+09 + 3.538E+08 = 8.82E+04 N/ea ≤ ρ_{sa} ····· **O.K !!**

② 이음판의 응력계산

▪ 복부판의 단면2차 모멘트

I_w = 12.0 × 1,700.0³ / 12 = 4.91E+09 mm^4

▪ 가로보 중립축에서 이음판 상연까지의 거리

y_{su} = 1,700.0 / 2 - 60.0 = 790.0 mm

▪ 가로보 이음판의 단면2차모멘트

규 격	$A_s(mm^2)$	Y(mm)	$A_s \cdot Y(mm^3)$	$A_s \cdot Y^2(mm^4)$	$I_{xo}(mm^4)$
2 - 1,580.0 × 10.0	31,600.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	6.574E+09
합 계	31,600.0	0.0	0.000E+00	0.000E+00	6.574E+09

$I_s = I_{xo} + AY^2$ = 6,573,853,333.3 + 0.0 = 6.57E+09 mm^4

▪ 가로보 복부판이 담당하는 휨모멘트

$M_w = M \cdot I_w / I$ = 973.556 × 0.004913 / 0.010189 = 469.446 kN·m

▪ 가로보 이음판의 응력검토

$f_w = M_w \cdot y_{su} / I_s$ = 469.446×790.0 / 6,573,853,333.3 = 56.415 MPa ≤ f_{sa} ····· **O.K !!**

▪ 공통 입력 사항 (강종 및 사용 BOLT 제원)

사용강재	볼 트 제 원	볼트 허용 응력 (N)
SM400B	H.T.B M22 F 10T	96,000.0

▪ 작용 단면력 및 응력

구 분	모멘트 M(kN)	전단력 V(kN)	상부FL.응력 f_u(MPa)		하부FL.응력 f_l(MPa)		f_{sa}(MPa)	I(mm^4)
			인장	압축	압축	인장		
1CR01	973.56	601.89	82.366	82.366	82.366	82.366	140.00	1.019E+10
1CR02	310.03	156.14	24.080	24.080	24.080	24.080	140.00	1.174E+10
1CR03	183.84	87.96	14.279	14.279	14.279	14.279	140.00	1.174E+10
1CR04	192.17	111.97	14.926	14.926	14.926	14.926	140.00	1.174E+10
1CR05	199.96	122.94	15.530	15.530	15.530	15.530	140.00	1.174E+10
1CR06	197.02	119.17	15.303	15.303	15.303	15.303	140.00	1.174E+10
1CR07	201.70	120.33	15.666	15.666	15.666	15.666	140.00	1.174E+10
1CR08	202.85	120.27	15.755	15.755	15.755	15.755	140.00	1.174E+10
1CR09	199.84	116.61	15.522	15.522	15.522	15.522	140.00	1.174E+10
1CR10	197.07	119.77	15.307	15.307	15.307	15.307	140.00	1.174E+10
1CR11	193.23	119.93	15.008	15.008	15.008	15.008	140.00	1.174E+10
1CR12	195.51	119.03	15.185	15.185	15.185	15.185	140.00	1.174E+10
1CR13	203.31	117.14	15.791	15.791	15.791	15.791	140.00	1.174E+10
1CR14	206.90	112.81	16.069	16.069	16.069	16.069	140.00	1.174E+10
1CR15	307.49	165.75	20.285	20.285	20.285	20.285	140.00	1.458E+10
1CR16	494.76	221.87	30.126	30.126	30.126	30.126	140.00	1.662E+10
1CR17	1,029.82	531.69	58.070	58.070	58.070	58.070	140.00	1.883E+10
1CR18	2,440.37	1,276.38	104.612	104.612	104.612	104.612	140.00	2.594E+10
1CR19	1,087.97	543.63	61.349	61.349	61.349	61.349	140.00	1.883E+10
1CR20	601.48	283.24	39.679	39.679	39.679	39.679	140.00	1.458E+10
1CR21	277.98	147.24	23.518	23.518	23.518	23.518	140.00	1.019E+10
1CR22	190.29	122.06	17.611	17.611	17.611	17.611	140.00	8.773E+09
1CR23	179.40	110.16	18.251	18.251	18.251	18.251	140.00	7.490E+09
1CR24	191.76	119.75	19.509	19.509	19.509	19.509	140.00	7.490E+09
1CR25	201.22	122.34	20.471	20.471	20.471	20.471	140.00	7.490E+09
1CR26	211.06	121.61	21.471	21.471	21.471	21.471	140.00	7.490E+09
1CR27	215.63	121.35	21.937	21.937	21.937	21.937	140.00	7.490E+09
1CR28	215.24	121.73	21.897	21.897	21.897	21.897	140.00	7.490E+09
1CR29	210.72	121.70	21.437	21.437	21.437	21.437	140.00	7.490E+09
1CR30	199.04	123.52	20.249	20.249	20.249	20.249	140.00	7.490E+09
1CR31	189.50	120.08	19.278	19.278	19.278	19.278	140.00	7.490E+09
1CR32	173.50	107.14	17.651	17.651	17.651	17.651	140.00	7.490E+09
1CR33	188.33	122.99	17.430	17.430	17.430	17.430	140.00	8.773E+09
1CR34	236.16	153.41	15.579	15.579	15.579	15.579	140.00	1.458E+10
1CR35	398.72	218.25	14.918	14.918	14.918	14.918	140.00	3.239E+10
1CR36	915.90	413.80	21.952	21.952	21.952	21.952	140.00	6.100E+10
1CR37	2,641.40	1,249.87	59.352	59.352	59.352	59.352	140.00	6.506E+10
1CR38	960.35	454.92	23.017	23.017	23.017	23.017	140.00	6.100E+10
1CR39	517.53	286.06	15.887	15.887	15.887	15.887	140.00	4.274E+10
1CR40	392.25	267.37	16.815	16.815	16.815	16.815	140.00	2.594E+10
1CR41	191.24	133.07	14.854	14.854	14.854	14.854	140.00	1.174E+10
1CR42	195.54	133.80	15.187	15.187	15.187	15.187	140.00	1.174E+10
1CR43	206.12	136.09	16.009	16.009	16.009	16.009	140.00	1.174E+10
1CR44	203.23	128.11	15.785	15.785	15.785	15.785	140.00	1.174E+10
1CR45	209.63	120.98	16.282	16.282	16.282	16.282	140.00	1.174E+10
1CR46	207.39	122.64	16.108	16.108	16.108	16.108	140.00	1.174E+10
1CR47	208.07	122.35	16.161	16.161	16.161	16.161	140.00	1.174E+10
1CR48	206.24	122.86	16.019	16.019	16.019	16.019	140.00	1.174E+10
1CR49	207.42	124.30	16.110	16.110	16.110	16.110	140.00	1.174E+10
1CR50	201.74	121.90	15.669	15.669	15.669	15.669	140.00	1.174E+10
1CR51	173.02	108.60	13.439	13.439	13.439	13.439	140.00	1.174E+10
1CR52	148.15	92.44	11.507	11.507	11.507	11.507	140.00	1.174E+10
1CR53	446.77	135.77	16.715	16.715	16.715	16.715	140.00	3.239E+10
1CR54	1,858.80	909.67	69.544	69.544	69.544	69.544	140.00	3.239E+10

1) 상부 플랜지 이음 검토

▪ 상부 플랜지 이음 제원 (단위:㎜)

구 분	t_u	t_w	L	L_1	A	A_1	A_2	A_3
1CR01	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR02	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR03	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR04	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR05	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR06	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR07	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR08	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR09	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR10	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR11	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR12	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR13	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR14	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR15	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR16	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR17	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR18	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR19	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR20	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR21	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR22	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR23	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR24	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR25	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR26	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR27	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR28	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR29	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR30	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR31	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR32	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR33	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR34	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR35	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR36	12.0	20.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR37	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR38	12.0	20.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR39	12.0	18.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR40	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR41	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR42	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR43	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR44	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR45	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR46	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR47	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR48	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR49	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR50	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR51	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR52	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR53	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR54	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0

(1) 상부 플랜지 (압축부)

구 분	이음부의 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)					비 고
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{req}	A_{use}	f_{sa}	f_s	판정	
1CR01	82.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR02	24.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR03	14.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR04	14.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR05	15.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR06	15.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR07	15.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR08	15.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR09	15.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR10	15.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR11	15.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR12	15.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR13	15.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR14	16.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR15	20.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR16	30.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR17	58.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR18	104.6	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR19	61.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR20	39.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR21	23.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR22	17.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR23	18.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR24	19.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR25	20.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR26	21.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR27	21.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR28	21.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR29	21.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR30	20.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR31	19.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR32	17.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR33	17.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR34	15.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR35	14.9	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR36	22.0	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR37	59.4	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR38	23.0	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR39	15.9	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR40	16.8	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR41	14.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR42	15.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR43	16.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR44	15.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR45	16.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR46	16.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR47	16.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR48	16.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR49	16.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR50	15.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR51	13.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR52	11.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR53	16.7	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR54	69.5	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	3.082E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	9,102.1	63,654.1	O.K
1CR02	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,168.6	63,037.3	O.K
1CR03	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,221.6	63,011.8	O.K
1CR04	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,555.1	63,019.2	O.K
1CR05	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,707.5	63,023.1	O.K
1CR06	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,655.1	63,021.7	O.K
1CR07	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,671.2	63,022.2	O.K
1CR08	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,670.4	63,022.1	O.K
1CR09	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,619.6	63,020.8	O.K
1CR10	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,663.4	63,022.0	O.K
1CR11	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,665.6	63,022.0	O.K
1CR12	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,653.2	63,021.7	O.K
1CR13	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,626.9	63,021.0	O.K
1CR14	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,566.8	63,019.5	O.K
1CR15	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,955.9	63,030.4	O.K
1CR16	3.622E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,417.3	63,046.4	O.K
1CR17	3.802E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,366.1	63,228.1	O.K
1CR18	5.309E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,001.0	84,000.0	17,414.3	85,786.1	O.K
1CR19	3.802E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,002.0	63,000.0	5,486.6	63,238.5	O.K
1CR20	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,003.0	63,000.0	3,342.4	63,088.6	O.K
1CR21	3.082E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,004.0	63,000.0	2,226.6	63,039.3	O.K
1CR22	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,005.0	63,000.0	2,018.5	63,032.3	O.K
1CR23	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,006.0	63,000.0	2,001.4	63,031.8	O.K
1CR24	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,007.0	63,000.0	2,175.6	63,037.6	O.K
1CR25	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,008.0	63,000.0	2,222.6	63,039.2	O.K
1CR26	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,009.0	63,000.0	2,209.4	63,038.7	O.K
1CR27	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,010.0	63,000.0	2,204.7	63,038.6	O.K
1CR28	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,011.0	63,000.0	2,211.5	63,038.8	O.K
1CR29	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,012.0	63,000.0	2,211.1	63,038.8	O.K
1CR30	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,013.0	63,000.0	2,244.0	63,040.0	O.K
1CR31	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,014.0	63,000.0	2,181.6	63,037.8	O.K
1CR32	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,015.0	63,000.0	1,946.6	63,030.1	O.K
1CR33	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,016.0	63,000.0	2,033.8	63,032.8	O.K
1CR34	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,017.0	63,000.0	1,810.3	63,026.0	O.K
1CR35	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,018.0	84,000.0	2,600.0	84,040.2	O.K
1CR36	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,019.0	84,000.0	3,160.6	84,059.4	O.K
1CR37	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,020.0	84,000.0	8,950.2	84,475.5	O.K
1CR38	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,021.0	84,000.0	3,474.7	84,071.8	O.K
1CR39	6.269E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,022.0	84,000.0	2,797.3	84,046.6	O.K
1CR40	5.309E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,023.0	84,000.0	3,647.8	84,079.2	O.K
1CR41	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,024.0	63,000.0	1,848.2	63,027.1	O.K
1CR42	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,025.0	63,000.0	1,858.3	63,027.4	O.K
1CR43	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,026.0	63,000.0	1,890.0	63,028.3	O.K
1CR44	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,027.0	63,000.0	1,779.2	63,025.1	O.K
1CR45	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,028.0	63,000.0	1,680.2	63,022.4	O.K
1CR46	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,029.0	63,000.0	1,703.2	63,023.0	O.K
1CR47	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,030.0	63,000.0	1,699.2	63,022.9	O.K
1CR48	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,031.0	63,000.0	1,706.3	63,023.1	O.K
1CR49	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,032.0	63,000.0	1,726.4	63,023.6	O.K
1CR50	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,033.0	63,000.0	1,693.0	63,022.7	O.K
1CR51	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,034.0	63,000.0	1,508.3	63,018.1	O.K
1CR52	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,035.0	63,000.0	1,283.8	63,013.1	O.K
1CR53	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,036.0	84,000.0	1,617.4	84,015.6	O.K
1CR54	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,037.0	84,000.0	10,836.9	84,696.2	O.K

(2) 상부 플랜지 (인장부)

구 분	이음부 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)							
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{sn}	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	f_u	판정
1CR01	82.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR02	24.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR03	14.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR04	14.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR05	15.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR06	15.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR07	15.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR08	15.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR09	15.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR10	15.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR11	15.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR12	15.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR13	15.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR14	16.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR15	20.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR16	30.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR17	58.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR18	104.6	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR19	61.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR20	39.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR21	23.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR22	17.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR23	18.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR24	19.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR25	20.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR26	21.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR27	21.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR28	21.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR29	21.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR30	20.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR31	19.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR32	17.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR33	17.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR34	15.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR35	14.9	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR36	22.0	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR37	59.4	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR38	23.0	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR39	15.9	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR40	16.8	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR41	14.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR42	15.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR43	16.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR44	15.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR45	16.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR46	16.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR47	16.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR48	16.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR49	16.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR50	15.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR51	13.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR52	11.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR53	16.7	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR54	69.5	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	3.082E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	9,102.1	63,654.1	O.K
1CR02	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,168.6	63,037.3	O.K
1CR03	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,221.6	63,011.8	O.K
1CR04	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,555.1	63,019.2	O.K
1CR05	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,707.5	63,023.1	O.K
1CR06	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,655.1	63,021.7	O.K
1CR07	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,671.2	63,022.2	O.K
1CR08	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,670.4	63,022.1	O.K
1CR09	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,619.6	63,020.8	O.K
1CR10	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,663.4	63,022.0	O.K
1CR11	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,665.6	63,022.0	O.K
1CR12	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,653.2	63,021.7	O.K
1CR13	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,626.9	63,021.0	O.K
1CR14	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,566.8	63,019.5	O.K
1CR15	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,955.9	63,030.4	O.K
1CR16	3.622E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,417.3	63,046.4	O.K
1CR17	3.802E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,366.1	63,228.1	O.K
1CR18	5.309E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	17,414.3	85,786.1	O.K
1CR19	3.802E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,486.6	63,238.5	O.K
1CR20	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,342.4	63,088.6	O.K
1CR21	3.082E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,226.6	63,039.3	O.K
1CR22	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,018.5	63,032.3	O.K
1CR23	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,001.4	63,031.8	O.K
1CR24	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,175.6	63,037.6	O.K
1CR25	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,222.6	63,039.2	O.K
1CR26	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,209.4	63,038.7	O.K
1CR27	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,204.7	63,038.6	O.K
1CR28	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,211.5	63,038.8	O.K
1CR29	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,211.1	63,038.8	O.K
1CR30	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,244.0	63,040.0	O.K
1CR31	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,181.6	63,037.8	O.K
1CR32	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,946.6	63,030.1	O.K
1CR33	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,033.8	63,032.8	O.K
1CR34	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,810.3	63,026.0	O.K
1CR35	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,600.0	84,040.2	O.K
1CR36	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	3,160.6	84,059.4	O.K
1CR37	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	8,950.2	84,475.5	O.K
1CR38	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	3,474.7	84,071.8	O.K
1CR39	6.269E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,797.3	84,046.6	O.K
1CR40	5.309E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	3,647.8	84,079.2	O.K
1CR41	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,848.2	63,027.1	O.K
1CR42	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,858.3	63,027.4	O.K
1CR43	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,890.0	63,028.3	O.K
1CR44	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,779.2	63,025.1	O.K
1CR45	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,680.2	63,022.4	O.K
1CR46	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,703.2	63,023.0	O.K
1CR47	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,699.2	63,022.9	O.K
1CR48	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,706.3	63,023.1	O.K
1CR49	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,726.4	63,023.6	O.K
1CR50	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,693.0	63,022.7	O.K
1CR51	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,508.3	63,018.1	O.K
1CR52	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,283.8	63,013.1	O.K
1CR53	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	1,617.4	84,015.6	O.K
1CR54	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	10,836.9	84,696.2	O.K

2) 하부 플랜지 이음 검토

▪ 하부 플랜지 이음 제원 (단위:㎜)

구 분	t_L	t_w	L	L_1	A	A_1	A_2	A_3
1CR01	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR02	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR03	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR04	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR05	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR06	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR07	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR08	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR09	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR10	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR11	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR12	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR13	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR14	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR15	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR16	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR17	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR18	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR19	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR20	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR21	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR22	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR23	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR24	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR25	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR26	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR27	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR28	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR29	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR30	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR31	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR32	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR33	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR34	12.0	14.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR35	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR36	12.0	20.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR37	12.0	22.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR38	12.0	20.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR39	12.0	18.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR40	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR41	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR42	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR43	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR44	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR45	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR46	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR47	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR48	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR49	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR50	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR51	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR52	12.0	12.0	300.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR53	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0
1CR54	12.0	16.0	400.0	90.0	485.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0

(1) 하부 플랜지 (압축부)

구 분	이음부의 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)					비 고
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{req}	A_{use}	f_{sa}	f_s	판정	
1CR01	82.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR02	24.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR03	14.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR04	14.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR05	15.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR06	15.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR07	15.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR08	15.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR09	15.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR10	15.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR11	15.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR12	15.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR13	15.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR14	16.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR15	20.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR16	30.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR17	58.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR18	104.6	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR19	61.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR20	39.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR21	23.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR22	17.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR23	18.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR24	19.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR25	20.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR26	21.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR27	21.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR28	21.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR29	21.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR30	20.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR31	19.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR32	17.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR33	17.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR34	15.6	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR35	14.9	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR36	22.0	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR37	59.4	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR38	23.0	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR39	15.9	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR40	16.8	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR41	14.9	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR42	15.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR43	16.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR44	15.8	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR45	16.3	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR46	16.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR47	16.2	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR48	16.0	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR49	16.1	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR50	15.7	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR51	13.4	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR52	11.5	105.0	105.0	3,600.0	4,800.0	140.0	78.8	O.K	
1CR53	16.7	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	
1CR54	69.5	105.0	105.0	4,800.0	5,800.0	140.0	86.9	O.K	

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	3.082E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	9,102.1	63,654.1	O.K
1CR02	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,168.6	63,037.3	O.K
1CR03	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,221.6	63,011.8	O.K
1CR04	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,555.1	63,019.2	O.K
1CR05	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,707.5	63,023.1	O.K
1CR06	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,655.1	63,021.7	O.K
1CR07	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,671.2	63,022.2	O.K
1CR08	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,670.4	63,022.1	O.K
1CR09	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,619.6	63,020.8	O.K
1CR10	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,663.4	63,022.0	O.K
1CR11	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,665.6	63,022.0	O.K
1CR12	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,653.2	63,021.7	O.K
1CR13	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,626.9	63,021.0	O.K
1CR14	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,566.8	63,019.5	O.K
1CR15	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,955.9	63,030.4	O.K
1CR16	3.622E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,417.3	63,046.4	O.K
1CR17	3.802E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,366.1	63,228.1	O.K
1CR18	5.309E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	17,414.3	85,786.1	O.K
1CR19	3.802E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,486.6	63,238.5	O.K
1CR20	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,342.4	63,088.6	O.K
1CR21	3.082E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,226.6	63,039.3	O.K
1CR22	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,018.5	63,032.3	O.K
1CR23	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,001.4	63,031.8	O.K
1CR24	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,175.6	63,037.6	O.K
1CR25	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,222.6	63,039.2	O.K
1CR26	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,209.4	63,038.7	O.K
1CR27	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,204.7	63,038.6	O.K
1CR28	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,211.5	63,038.8	O.K
1CR29	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,211.1	63,038.8	O.K
1CR30	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,244.0	63,040.0	O.K
1CR31	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,181.6	63,037.8	O.K
1CR32	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,946.6	63,030.1	O.K
1CR33	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,033.8	63,032.8	O.K
1CR34	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,810.3	63,026.0	O.K
1CR35	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,600.0	84,040.2	O.K
1CR36	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	3,160.6	84,059.4	O.K
1CR37	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	8,950.2	84,475.5	O.K
1CR38	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	3,474.7	84,071.8	O.K
1CR39	6.269E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,797.3	84,046.6	O.K
1CR40	5.309E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	3,647.8	84,079.2	O.K
1CR41	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,848.2	63,027.1	O.K
1CR42	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,858.3	63,027.4	O.K
1CR43	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,890.0	63,028.3	O.K
1CR44	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,779.2	63,025.1	O.K
1CR45	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,680.2	63,022.4	O.K
1CR46	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,703.2	63,023.0	O.K
1CR47	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,699.2	63,022.9	O.K
1CR48	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,706.3	63,023.1	O.K
1CR49	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,726.4	63,023.6	O.K
1CR50	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,693.0	63,022.7	O.K
1CR51	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,508.3	63,018.1	O.K
1CR52	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,283.8	63,013.1	O.K
1CR53	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	1,617.4	84,015.6	O.K
1CR54	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	10,836.9	84,696.2	O.K

(2) 하부 플랜지 (인장부)

구 분	이음부 설계응력 (MPa)			이음판 응력검토 (MPa)							
	f_s	$f_{s(min)}$	f_s'	A_{sn}	A_{req}	A_{use}	판정	f_{sa}	f_s	f_l	판정
1CR01	82.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR02	24.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR03	14.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR04	14.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR05	15.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR06	15.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR07	15.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR08	15.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR09	15.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR10	15.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR11	15.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR12	15.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR13	15.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR14	16.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR15	20.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR16	30.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR17	58.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR18	104.6	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR19	61.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR20	39.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR21	23.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR22	17.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR23	18.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR24	19.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR25	20.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR26	21.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR27	21.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR28	21.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR29	21.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR30	20.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR31	19.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR32	17.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR33	17.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR34	15.6	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR35	14.9	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR36	22.0	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR37	59.4	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR38	23.0	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR39	15.9	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR40	16.8	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR41	14.9	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR42	15.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR43	16.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR44	15.8	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR45	16.3	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR46	16.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR47	16.2	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR48	16.0	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR49	16.1	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR50	15.7	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR51	13.4	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR52	11.5	105.0	105.0	3,800.0	3,600.0	4,800.0	O.K	140.0	78.8	99.5	O.K
1CR53	16.7	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K
1CR54	69.5	105.0	105.0	4,800.0	4,800.0	5,800.0	O.K	140.0	86.9	105.0	O.K

구 분	BOLT 응력검토 (N/ea)										
	Q	p	n	n_{req}	n_t	판정	ρ_{sa}	ρ_p	ρ_h	ρ	판정
1CR01	3.082E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	9,102.1	63,654.1	O.K
1CR02	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,168.6	63,037.3	O.K
1CR03	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,221.6	63,011.8	O.K
1CR04	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,555.1	63,019.2	O.K
1CR05	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,707.5	63,023.1	O.K
1CR06	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,655.1	63,021.7	O.K
1CR07	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,671.2	63,022.2	O.K
1CR08	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,670.4	63,022.1	O.K
1CR09	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,619.6	63,020.8	O.K
1CR10	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,663.4	63,022.0	O.K
1CR11	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,665.6	63,022.0	O.K
1CR12	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,653.2	63,021.7	O.K
1CR13	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,626.9	63,021.0	O.K
1CR14	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,566.8	63,019.5	O.K
1CR15	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,955.9	63,030.4	O.K
1CR16	3.622E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,417.3	63,046.4	O.K
1CR17	3.802E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,366.1	63,228.1	O.K
1CR18	5.309E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	17,414.3	85,786.1	O.K
1CR19	3.802E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	5,486.6	63,238.5	O.K
1CR20	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	3,342.4	63,088.6	O.K
1CR21	3.082E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,226.6	63,039.3	O.K
1CR22	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,018.5	63,032.3	O.K
1CR23	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,001.4	63,031.8	O.K
1CR24	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,175.6	63,037.6	O.K
1CR25	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,222.6	63,039.2	O.K
1CR26	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,209.4	63,038.7	O.K
1CR27	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,204.7	63,038.6	O.K
1CR28	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,211.5	63,038.8	O.K
1CR29	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,211.1	63,038.8	O.K
1CR30	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,244.0	63,040.0	O.K
1CR31	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,181.6	63,037.8	O.K
1CR32	2.722E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,946.6	63,030.1	O.K
1CR33	2.902E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	2,033.8	63,032.8	O.K
1CR34	3.442E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,810.3	63,026.0	O.K
1CR35	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,600.0	84,040.2	O.K
1CR36	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	3,160.6	84,059.4	O.K
1CR37	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	8,950.2	84,475.5	O.K
1CR38	6.989E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	3,474.7	84,071.8	O.K
1CR39	6.269E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	2,797.3	84,046.6	O.K
1CR40	5.309E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	3,647.8	84,079.2	O.K
1CR41	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,848.2	63,027.1	O.K
1CR42	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,858.3	63,027.4	O.K
1CR43	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,890.0	63,028.3	O.K
1CR44	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,779.2	63,025.1	O.K
1CR45	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,680.2	63,022.4	O.K
1CR46	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,703.2	63,023.0	O.K
1CR47	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,699.2	63,022.9	O.K
1CR48	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,706.3	63,023.1	O.K
1CR49	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,726.4	63,023.6	O.K
1CR50	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,693.0	63,022.7	O.K
1CR51	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,508.3	63,018.1	O.K
1CR52	3.262E+06	150.0	3.0	3.9	6.0	O.K	96,000.0	63,000.0	1,283.8	63,013.1	O.K
1CR53	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	1,617.4	84,015.6	O.K
1CR54	5.789E+06	200.0	3.0	5.3	6.0	O.K	96,000.0	84,000.0	10,836.9	84,696.2	O.K

3) WEB 연결부 검토

▪ WEB 이음 제원

구 분	h_w (mm)	t_w (mm)	t_{ws} (mm)	h_o (mm)	I_w (mm^4)	y_s (mm)	I_s (mm^4)	f_{sa} (MPa)	f_w (MPa)	판정
1CR01	1,700.0	12.0	10.0	850.0	4.91E+09	790.0	6.57E+09	140.0	56.4	O.K
1CR02	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	16.4	O.K
1CR03	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	9.7	O.K
1CR04	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.1	O.K
1CR05	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.6	O.K
1CR06	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.4	O.K
1CR07	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.6	O.K
1CR08	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.7	O.K
1CR09	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.6	O.K
1CR10	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.4	O.K
1CR11	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.2	O.K
1CR12	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.3	O.K
1CR13	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.7	O.K
1CR14	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.9	O.K
1CR15	1,900.0	14.0	10.0	950.0	8.00E+09	890.0	9.40E+09	140.0	16.0	O.K
1CR16	2,000.0	14.0	10.0	1,000.0	9.33E+09	940.0	1.11E+10	140.0	23.6	O.K
1CR17	2,100.0	14.0	10.0	1,050.0	1.08E+10	990.0	1.29E+10	140.0	45.2	O.K
1CR18	2,200.0	16.0	10.0	1,100.0	1.42E+10	1,040.0	1.50E+10	140.0	92.6	O.K
1CR19	2,100.0	14.0	10.0	1,050.0	1.08E+10	990.0	1.29E+10	140.0	47.8	O.K
1CR20	1,900.0	14.0	10.0	950.0	8.00E+09	890.0	9.40E+09	140.0	31.3	O.K
1CR21	1,700.0	12.0	10.0	850.0	4.91E+09	790.0	6.57E+09	140.0	16.1	O.K
1CR22	1,600.0	12.0	10.0	800.0	4.10E+09	740.0	5.40E+09	140.0	12.2	O.K
1CR23	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	12.7	O.K
1CR24	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	13.6	O.K
1CR25	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	14.3	O.K
1CR26	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	15.0	O.K
1CR27	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	15.3	O.K
1CR28	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	15.3	O.K
1CR29	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	15.0	O.K
1CR30	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	14.1	O.K
1CR31	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	13.5	O.K
1CR32	1,500.0	12.0	10.0	750.0	3.38E+09	690.0	4.38E+09	140.0	12.3	O.K
1CR33	1,600.0	12.0	10.0	800.0	4.10E+09	740.0	5.40E+09	140.0	12.0	O.K
1CR34	1,900.0	14.0	10.0	950.0	8.00E+09	890.0	9.40E+09	140.0	12.3	O.K
1CR35	2,400.0	16.0	10.0	1,200.0	1.84E+10	1,140.0	1.98E+10	140.0	13.1	O.K
1CR36	2,900.0	20.0	10.0	1,450.0	4.06E+10	1,390.0	3.58E+10	140.0	23.7	O.K
1CR37	2,900.0	22.0	10.0	1,450.0	4.47E+10	1,390.0	3.58E+10	140.0	70.5	O.K
1CR38	2,900.0	20.0	10.0	1,450.0	4.06E+10	1,390.0	3.58E+10	140.0	24.8	O.K
1CR39	2,600.0	18.0	10.0	1,300.0	2.64E+10	1,240.0	2.54E+10	140.0	15.6	O.K
1CR40	2,200.0	16.0	10.0	1,100.0	1.42E+10	1,040.0	1.50E+10	140.0	14.9	O.K
1CR41	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.1	O.K
1CR42	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.3	O.K
1CR43	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.9	O.K
1CR44	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.7	O.K
1CR45	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	11.1	O.K
1CR46	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.9	O.K
1CR47	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	11.0	O.K
1CR48	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.9	O.K
1CR49	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	11.0	O.K
1CR50	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	10.7	O.K
1CR51	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	9.1	O.K
1CR52	1,800.0	12.0	10.0	900.0	5.83E+09	840.0	7.90E+09	140.0	7.8	O.K
1CR53	2,400.0	16.0	10.0	1,200.0	1.84E+10	1,140.0	1.98E+10	140.0	14.7	O.K
1CR54	2,400.0	16.0	10.0	1,200.0	1.84E+10	1,140.0	1.98E+10	140.0	61.0	O.K

구 분	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	B_1 (mm)	B_2 (mm)	B_3 (mm)	비 고
1CR01	15 @ 100 = 1,500.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR02	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR03	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR04	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR05	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR06	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR07	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR08	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR09	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR10	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR11	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR12	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR13	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR14	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR15	17 @ 100 = 1,700.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR16	18 @ 100 = 1,800.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR17	19 @ 100 = 1,900.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR18	20 @ 100 = 2,000.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR19	19 @ 100 = 1,900.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR20	17 @ 100 = 1,700.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR21	15 @ 100 = 1,500.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR22	14 @ 100 = 1,400.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR23	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR24	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR25	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR26	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR27	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR28	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR29	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR30	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR31	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR32	13 @ 100 = 1,300.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR33	14 @ 100 = 1,400.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR34	17 @ 100 = 1,700.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR35	22 @ 100 = 2,200.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR36	27 @ 100 = 2,700.0	60.0	40.0	3 @ 80 = 240.0	40.0	85.0	
1CR37	27 @ 100 = 2,700.0	60.0	40.0	3 @ 80 = 240.0	40.0	85.0	
1CR38	27 @ 100 = 2,700.0	60.0	40.0	3 @ 80 = 240.0	40.0	85.0	
1CR39	24 @ 100 = 2,400.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR40	20 @ 100 = 2,000.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR41	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR42	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR43	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR44	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR45	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR46	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR47	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR48	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR49	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR50	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR51	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR52	16 @ 100 = 1,600.0	60.0	40.0	1 @ 80 = 80.0	40.0	85.0	
1CR53	22 @ 100 = 2,200.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	
1CR54	22 @ 100 = 2,200.0	60.0	40.0	2 @ 80 = 160.0	40.0	85.0	

구 분	f_1 (MPa)	f_2 (MPa)	f_3 (MPa)	f_4 (MPa)	ρ_{sa} (N/ea)	제1열 ρ_p (N/ea)	ρ_s (N/ea)	ρ (N/ea)	판정
1CR01	105.0	86.5	74.1	61.8	9.60E+04	8.62E+04	1.88E+04	8.82E+04	O.K
1CR02	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	4.59E+03	8.67E+04	O.K
1CR03	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	2.59E+03	8.67E+04	O.K
1CR04	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.29E+03	8.67E+04	O.K
1CR05	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.62E+03	8.67E+04	O.K
1CR06	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.51E+03	8.67E+04	O.K
1CR07	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.54E+03	8.67E+04	O.K
1CR08	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.54E+03	8.67E+04	O.K
1CR09	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.43E+03	8.67E+04	O.K
1CR10	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.52E+03	8.67E+04	O.K
1CR11	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.53E+03	8.67E+04	O.K
1CR12	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.50E+03	8.67E+04	O.K
1CR13	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.45E+03	8.67E+04	O.K
1CR14	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.32E+03	8.67E+04	O.K
1CR15	105.0	88.4	77.4	66.3	9.60E+04	6.77E+04	3.07E+03	6.78E+04	O.K
1CR16	105.0	89.3	78.8	68.3	9.60E+04	6.80E+04	3.89E+03	6.81E+04	O.K
1CR17	105.0	90.0	80.0	70.0	9.60E+04	6.83E+04	8.86E+03	6.88E+04	O.K
1CR18	105.0	90.7	81.1	71.6	9.60E+04	7.83E+04	2.03E+04	8.09E+04	O.K
1CR19	105.0	90.0	80.0	70.0	9.60E+04	6.83E+04	9.06E+03	6.88E+04	O.K
1CR20	105.0	88.4	77.4	66.3	9.60E+04	6.77E+04	5.25E+03	6.79E+04	O.K
1CR21	105.0	86.5	74.1	61.8	9.60E+04	8.62E+04	4.60E+03	8.63E+04	O.K
1CR22	105.0	85.3	72.2	59.1	9.60E+04	8.56E+04	4.07E+03	8.57E+04	O.K
1CR23	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	3.93E+03	8.51E+04	O.K
1CR24	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	4.28E+03	8.52E+04	O.K
1CR25	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	4.37E+03	8.52E+04	O.K
1CR26	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	4.34E+03	8.52E+04	O.K
1CR27	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	4.33E+03	8.52E+04	O.K
1CR28	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	4.35E+03	8.52E+04	O.K
1CR29	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	4.35E+03	8.52E+04	O.K
1CR30	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	4.41E+03	8.52E+04	O.K
1CR31	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	4.29E+03	8.52E+04	O.K
1CR32	105.0	84.0	70.0	56.0	9.60E+04	8.51E+04	3.83E+03	8.51E+04	O.K
1CR33	105.0	85.3	72.2	59.1	9.60E+04	8.56E+04	4.10E+03	8.57E+04	O.K
1CR34	105.0	88.4	77.4	66.3	9.60E+04	6.77E+04	2.84E+03	6.78E+04	O.K
1CR35	105.0	91.9	83.1	74.4	9.60E+04	7.88E+04	3.16E+03	7.88E+04	O.K
1CR36	105.0	94.1	86.9	79.7	9.60E+04	7.47E+04	3.69E+03	7.48E+04	O.K
1CR37	105.0	94.1	86.9	79.7	9.60E+04	8.21E+04	1.12E+04	8.29E+04	O.K
1CR38	105.0	94.1	86.9	79.7	9.60E+04	7.47E+04	4.06E+03	7.48E+04	O.K
1CR39	105.0	92.9	84.8	76.7	9.60E+04	8.90E+04	3.81E+03	8.91E+04	O.K
1CR40	105.0	90.7	81.1	71.6	9.60E+04	7.83E+04	4.24E+03	7.84E+04	O.K
1CR41	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.91E+03	8.67E+04	O.K
1CR42	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.94E+03	8.67E+04	O.K
1CR43	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	4.00E+03	8.67E+04	O.K
1CR44	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.77E+03	8.67E+04	O.K
1CR45	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.56E+03	8.67E+04	O.K
1CR46	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.61E+03	8.67E+04	O.K
1CR47	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.60E+03	8.67E+04	O.K
1CR48	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.61E+03	8.67E+04	O.K
1CR49	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.66E+03	8.67E+04	O.K
1CR50	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.59E+03	8.67E+04	O.K
1CR51	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	3.19E+03	8.67E+04	O.K
1CR52	105.0	87.5	75.8	64.2	9.60E+04	8.66E+04	2.72E+03	8.67E+04	O.K
1CR53	105.0	91.9	83.1	74.4	9.60E+04	7.88E+04	1.97E+03	7.88E+04	O.K
1CR54	105.0	91.9	83.1	74.4	9.60E+04	7.88E+04	1.32E+04	7.98E+04	O.K

9. 다이아프램 설계

9.1 중간다이아프램 (K-다이아프램)

1) Diaphragm의 한계간격

(☞ 도.설.해 3.8.9.2)

L ≤ 50.0m의 경우 : L_D < 6.0m

L > 50.0m의 경우 : L_D ≤ (0.14L - 1.0)m

단, L_D ≤ 20.0m

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m)

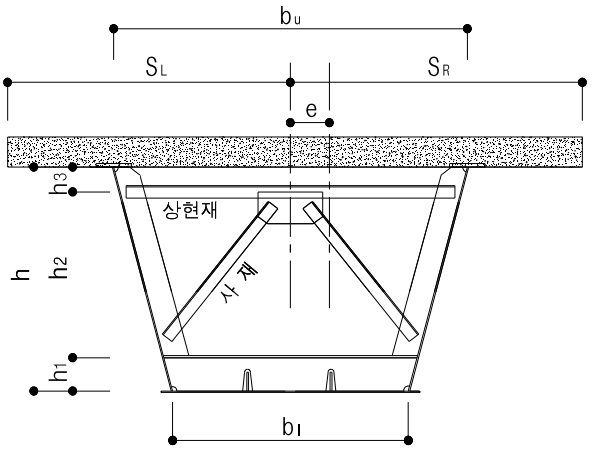
L : 교량의 지간길이(m)

- 경간별 다이아프램 간격 검토

경 간	경간장 (L)	다이아프램간격 (L_D)	L_{dreq} (0.14L-1.0)	판 정	비 고
측 경 간	82.0 m	5.0 m	10.5 m	O.K	
중앙경간	93.0 m	5.0 m	12.0 m	O.K	

2) 부재력 산정

(검토위치 16,J지점)



S_L	=	-2,000	mm
S_R	=	2,500	mm
b_u	=	2,200	mm
b_l	=	2,200	mm
h	=	3,519	mm
h_1	=	250	mm
h_2	=	3,069	mm
h_3	=	200	mm
e1	=	250	mm
e2	=	1,250	mm

$$D = \pm\frac{S_k \cdot L_{DK}}{2 \cdot A_0}\left(\frac{M}{R} - \frac{a}{b}e \cdot w\right) \qquad S = \pm\frac{S_k \cdot a}{4 \cdot A_0}\left(\frac{a}{b}e \cdot w - \frac{M}{R}\right)$$

여기서, D : K형-프레임 사재 뒤틀림 유발힘

S : K형-프레임 상현재 뒤틀림 유발힘

S_K	: K형-프레임 간격 (거더 길이에 따라 측정)	=	5.000	m
L_{DK}	: K형-프레임 사재 길이	=	3.260	m
A_0	: 박스로 둘러싸인 면적, (a + b)/2 × h	=	7.742	m^2
a	: a = b_l	=	2.200	m
b	: b = b_u	=	2.200	m
e1	: 거더중심과 슬래브하중의 편심값(일괄타설)	=	0.250	m
e2	: 거더중심과 슬래브하중의 편심값(편측타설)	=	1.250	m
W_1	: 슬래브 분포하중(바닥판 일괄타설)	=	27.000	kN/m
W_2	: 슬래브 분포하중(바닥판 편측타설)	=	12.000	kN/m
M	: 거더에 작용하는 휨모멘트	=	-30,434	kN·m
R	: 거더의 수평 곡률반경	=	300.0	m

① 바닥판 하중 : 콘크리트 단위중량 = 25.0 kN/m^3 , 두께 = 240 mm

W_1 = (2.000 + 2.500) × 0.240 × 25.000 ; 바닥판 일괄타설 = 27.000 kN/m

W_2 = (2.000) × 0.240 × 25.000 ; 바닥판 편측타설 = 12.000 kN/m

② 바닥판 일괄타설시 부재력 산정

D_1 = {(5.000×3.260)/(2×7.742)}×{-101.447-(2.200/2.200)×0.250×27.000} = -113.908 kN

S_1 = {(5.000×2.200)/(4×7.742)}×{(2.200/2.200)×0.250×27.000--101.447} = 38.433 kN

∴ 인장 P_{max} = 113.908 kN ∴ 압축 C_{max} = 113.908 kN

③ 바닥판 편측타설시 부재력 산정

D_2 = {(5.000×3.260)/(2×7.742)}×{-101.447-(2.200/2.200)×1.250×12.000} = -122.594 kN

S_2 = {(5.000×2.200)/(4×7.742)}×{(2.200/2.200)×1.250×12.000--101.447} = 41.364 kN

∴ 인장 P_{max} = 122.594 kN ∴ 압축 C_{max} = 122.594 kN

④ 위치별 부재력 산정

※ 휨모멘트 : 합성전강재자중+하부콘크리트자중+상부바닥판자중

부 재	길이방향간격	사재길이	폐단면적	휨모멘트	바닥판 타설 Max(일괄타설,편측타설)		비 고
	S_K(m)	L_{DK}(m)	A_0(m^2)	M(kN/m)	D(kN)	S(kN)	
54,J지점	3.0	2.777	6.60	4259.1	± 4.70	± 1.86	
55,J지점	4.0	2.777	6.60	8625.8	± 18.52	± 7.33	
56,J지점	4.0	2.777	6.60	12300.0	± 28.82	± 11.42	
57,J지점	5.0	2.777	6.60	15899.8	± 48.65	± 19.27	
58,J지점	5.0	2.777	6.60	18382.9	± 57.36	± 22.72	
59,J지점	5.0	2.777	6.60	19736.0	± 62.10	± 24.60	
60,J지점	5.0	2.777	6.60	19965.2	± 62.91	± 24.92	
61,J지점	5.0	2.777	6.60	19069.8	± 59.77	± 23.67	
62,J지점	5.0	2.777	6.60	17028.7	± 52.61	± 20.84	
63,J지점	5.0	2.777	6.60	13838.5	± 41.42	± 16.41	
64,J지점	5.0	2.777	6.60	9488.9	± 26.17	± 10.37	
65,J지점	5.0	2.786	6.62	3998.6	± 6.92	± 2.73	
66,J지점	5.0	2.837	6.74	-2639.5	± 25.03	± 9.71	
67,J지점	5.0	2.932	6.97	-10433.1	± 52.35	± 19.64	
68,J지점	5.0	3.073	7.30	-19447.8	± 83.98	± 30.06	P1: 폐합
16,J지점	5.0	3.260	7.74	-30434.2	± 122.59	± 41.36	P1: 폐합
17,J지점	5.0						P1:충복식
18,J지점	4.0	3.211	7.63	-33741.0	± 107.33	± 36.77	P1: 폐합
72,J지점	5.0	2.878	6.84	-23361.4	± 97.68	± 37.34	P1: 폐합
73,J지점	5.0	2.625	6.23	-15153.1	± 68.97	± 28.91	
74,J지점	5.0	2.451	5.81	-8466.6	± 45.59	± 20.46	
75,J지점	5.0	2.352	5.56	-2987.1	± 26.38	± 12.34	
76,J지점	5.0	2.326	5.50	1371.3	± 11.03	± 5.21	
77,J지점	5.0	2.326	5.50	4618.4	± 9.14	± 4.32	
78,J지점	5.0	2.326	5.50	6765.9	± 16.71	± 7.90	
79,J지점	5.0	2.326	5.50	7820.3	± 20.43	± 9.66	

④ 위치별 부재력 산정 - 계속

부 재	길이방향간격	사재길이	폐단면적	휨모멘트	바닥판 타설 Max(일괄타설,편측타설)		비 고
	S_K(m)	L_{DK}(m)	A_0(m^2)	M(kN/m)	D(kN)	S(kN)	
80,J지점	5.0	2.326	5.50	7783.0	± 20.30	± 9.60	
81,J지점	5.0	2.326	5.50	6653.2	± 16.31	± 7.71	
82,J지점	5.0	2.326	5.50	4431.1	± 8.48	± 4.01	
30,J지점	5.0	2.326	5.50	1111.8	± 11.94	± 5.65	
84,J지점	5.0	2.352	5.56	-3325.7	± 27.57	± 12.89	
85,J지점	5.0	2.451	5.81	-8882.9	± 47.06	± 21.12	
86,J지점	5.0	2.625	6.23	-15644.9	± 70.69	± 29.63	
87,J지점	5.0	2.878	6.84	-23949.8	± 99.74	± 38.13	P2: 폐합
35,J지점	5.0	3.211	7.63	-34219.3	± 135.85	± 46.53	P2: 폐합
36,J지점	4.0						P2:충복식
90,J지점	5.0	3.260	7.74	-31325.4	± 125.72	± 42.42	P2: 폐합
91,J지점	5.0	3.073	7.30	-21088.0	± 89.73	± 32.12	P2: 폐합
92,J지점	5.0	2.932	6.97	-11959.6	± 57.71	± 21.65	
93,J지점	5.0	2.837	6.74	-3425.2	± 27.79	± 10.77	
41,J지점	5.0	2.786	6.62	3897.3	± 6.56	± 2.59	
95,J지점	5.0	2.777	6.60	9583.5	± 26.50	± 10.50	
96,J지점	5.0	2.777	6.60	14236.3	± 42.82	± 16.96	
97,J지점	5.0	2.777	6.60	17682.5	± 54.90	± 21.75	
98,J지점	5.0	2.777	6.60	19939.6	± 62.82	± 24.88	
99,J지점	5.0	2.777	6.60	20973.1	± 66.44	± 26.32	
100,J지점	5.0	2.777	6.60	20778.5	± 65.76	± 26.05	
101,J지점	5.0	2.777	6.60	19354.4	± 60.77	± 24.07	
102,J지점	5.0	2.777	6.60	16694.7	± 51.44	± 20.37	
103,J지점	5.0	2.777	6.60	12834.1	± 37.90	± 15.01	
104,J지점	4.0	2.777	6.60	8946.5	± 19.42	± 7.69	
105,J지점	4.0	2.777	6.60	4398.1	± 6.66	± 2.64	

3) 응력검토

가) 상현재 : "수평브레이싱 검토" 참조.

나) 사재 : (검토위치 16,J지점)

① 세장비 검토 조건 (☞ 도.설 3.4.1.4)

- 압축부재 : $K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 120$ - 인장부재 : $L_{DK} / r_{min} \leq 200$ (주요부재)

$K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 150$ $L_{DK} / r_{min} \leq 240$ (2차부재)

여기서, K : 유효좌굴길이계수

양단이 볼트 연결되어 있거나 용접되어 있는 경우 : K = 0.750

양단이 핀연결되어 있는 경우 : K = 0.875

l : 비지지길이 (mm)

r_{min} : 단면의 최소회전반경 (mm)

② 사용강종 : SS400

③ 압축응력검토

국부좌굴을 고혀하지 않은 허용축방향 압축응력

$$K\frac{l}{rx} = 0.75\ \frac{3,260}{30.4} = 80.4$$

$fca = 1.25\times[\ 140 - 0.82(\ell/r-18.6)\ ]$, $(18.6 < \ell/r \leq 92.8)$

$= 111.6$ MPa

$As = 1,900$ mm^2

$$fs = \frac{F}{As} = \frac{122.59 \times 1,000}{1,900} = 64.5\ MPa < 111.6\ MPa \quad \therefore \mathbf{O.K}$$

※ 본 부재는 가설용임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

④ 인장응력검토

$As = 1,900 \times 0.75 = 1,425$ mm^2

$$fs = \frac{F}{As} = \frac{122.59 \times 1,000}{1,425} = 86.0\ MPa < 175.0\ MPa \quad \therefore \mathbf{O.K}$$

※ 본 부재는 가설용임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

⑤ 위치별 사재 응력검토

부 재	사재 제원	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
		길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
		ℓ(mm)	$K\cdot\ell/r_{min}$	$K\cdot\ell/r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
54,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	2.5	123.8	3.3	175.0	O.K	
55,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	9.7	123.8	13.0	175.0	O.K	
56,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	15.2	123.8	20.2	175.0	O.K	
57,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	25.6	123.8	34.1	175.0	O.K	
58,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	30.2	123.8	40.3	175.0	O.K	
59,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	32.7	123.8	43.6	175.0	O.K	
60,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	33.1	123.8	44.1	175.0	O.K	
61,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	31.5	123.8	41.9	175.0	O.K	
62,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	27.7	123.8	36.9	175.0	O.K	
63,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	21.8	123.8	29.1	175.0	O.K	
64,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	13.8	123.8	18.4	175.0	O.K	
65,J지점	L-100×100×10	2786	107.2	68.7	3.6	123.6	4.9	175.0	O.K	
66,J지점	L-100×100×10	2837	109.1	70.0	13.2	122.3	17.6	175.0	O.K	
67,J지점	L-100×100×10	2932	112.8	72.3	27.6	119.9	36.7	175.0	O.K	
68,J지점	L-100×100×10	3073	118.2	75.8	44.2	116.4	58.9	175.0	O.K	P1: 폐합
16,J지점	L-100×100×10	3260	125.4	80.4	64.5	111.6	86.0	175.0	O.K	P1: 폐합
17,J지점										P1:층복식
18,J지점	L-100×100×10	3211	123.5	79.2	56.5	112.9	75.3	175.0	O.K	P1: 폐합
72,J지점	L-100×100×10	2878	110.7	71.0	51.4	121.3	68.5	175.0	O.K	P1: 폐합
73,J지점	L-100×100×10	2625	100.9	64.8	36.3	127.7	48.4	175.0	O.K	
74,J지점	L-100×100×10	2451	94.3	60.5	24.0	132.1	32.0	175.0	O.K	
75,J지점	L-100×100×10	2352	90.5	58.0	13.9	134.6	18.5	175.0	O.K	
76,J지점	L-100×100×10	2326	89.5	57.4	5.8	135.2	7.7	175.0	O.K	
77,J지점	L-100×100×10	2326	89.5	57.4	4.8	135.2	6.4	175.0	O.K	
78,J지점	L-100×100×10	2326	89.5	57.4	8.8	135.2	11.7	175.0	O.K	
79,J지점	L-100×100×10	2326	89.5	57.4	10.8	135.2	14.3	175.0	O.K	

⑤ 위치별 사재 응력검토 - 계속

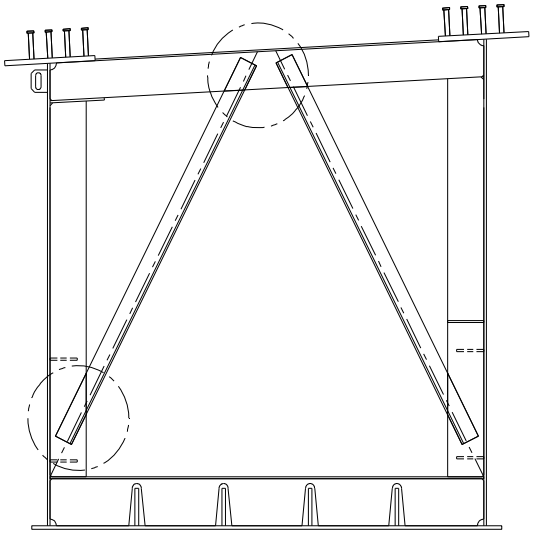
부 재	사재 제원	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
		길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
		ℓ(mm)	$K \cdot \ell / r_{min}$	$K \cdot \ell / r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
80,J지점	L-100×100×10	2326	89.5	57.4	10.7	135.2	14.2	175.0	O.K	
81,J지점	L-100×100×10	2326	89.5	57.4	8.6	135.2	11.4	175.0	O.K	
82,J지점	L-100×100×10	2326	89.5	57.4	4.5	135.2	6.0	175.0	O.K	
30,J지점	L-100×100×10	2326	89.5	57.4	6.3	135.2	8.4	175.0	O.K	
84,J지점	L-100×100×10	2352	90.5	58.0	14.5	134.6	19.3	175.0	O.K	
85,J지점	L-100×100×10	2451	94.3	60.5	24.8	132.1	33.0	175.0	O.K	
86,J지점	L-100×100×10	2625	100.9	64.8	37.2	127.7	49.6	175.0	O.K	
87,J지점	L-100×100×10	2878	110.7	71.0	52.5	121.3	70.0	175.0	O.K	P2: 폐합
35,J지점	L-100×100×10	3211	123.5	79.2	71.5	112.9	95.3	175.0	O.K	P2: 폐합
36,J지점										P2:층복식
90,J지점	L-100×100×10	3260	125.4	80.4	66.2	111.6	88.2	175.0	O.K	P2: 폐합
91,J지점	L-100×100×10	3073	118.2	75.8	47.2	116.4	63.0	175.0	O.K	P2: 폐합
92,J지점	L-100×100×10	2932	112.8	72.3	30.4	119.9	40.5	175.0	O.K	
93,J지점	L-100×100×10	2837	109.1	70.0	14.6	122.3	19.5	175.0	O.K	
41,J지점	L-100×100×10	2786	107.2	68.7	3.5	123.6	4.6	175.0	O.K	
95,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	13.9	123.8	18.6	175.0	O.K	
96,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	22.5	123.8	30.0	175.0	O.K	
97,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	28.9	123.8	38.5	175.0	O.K	
98,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	33.1	123.8	44.1	175.0	O.K	
99,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	35.0	123.8	46.6	175.0	O.K	
100,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	34.6	123.8	46.1	175.0	O.K	
101,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	32.0	123.8	42.6	175.0	O.K	
102,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	27.1	123.8	36.1	175.0	O.K	
103,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	19.9	123.8	26.6	175.0	O.K	
104,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	10.2	123.8	13.6	175.0	O.K	
105,J지점	L-100×100×10	2777	106.8	68.5	3.5	123.8	4.7	175.0	O.K	

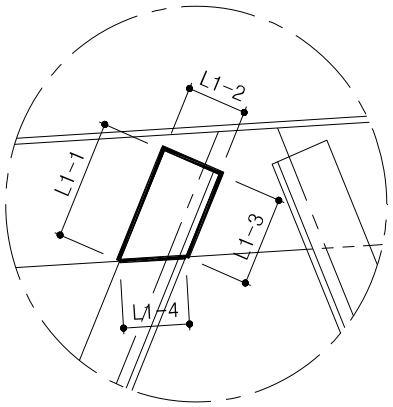
4) 이음부 설계

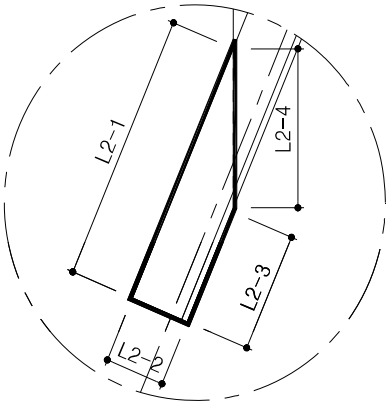
가) 상현재 : "수평브레이싱 검토" 참조.

나) 사재

① 용접부 응력검토 (☞ 도.설 3.5.2.4 ~ 3.5.2.7)







- 사재 제원 : L- 100 × 100 × 10
- 거세트판 두께 : 12 mm
- 필렛용접 최소치수

두꺼운쪽 모재 두께	최소 필렛용접 치수
20mm 이하	6 mm
20mm 초과	8 mm

- 필렛용접 치수 범위 결정

t1 : 얇은 쪽 모재 두께 , 10 mm

t2 : 두꺼운 쪽 모재 두께 , 12 mm

$t1 > S > \sqrt{(2 \times t2)} = 10 > S > 4.9$

- 필렛용접 치수 S 결정

S = 6 mm 적용

- 용접길이 산정 및 용접부 전단응력 검토

최소용접길이 Lmin은 10xS 및 80mm 이상으로 한다.

L_{1-1} = 180 mm > 80 mm ∴ **O.K** L_{1-2} = 100 mm > 80 mm ∴ **O.K**

L_{1-3} = 140 mm > 80 mm ∴ **O.K** L_{1-4} = 100 mm > 80 mm ∴ **O.K**

$L_1 = L1_{-1} + L1_{-2} + L1_{-3} + L1_{-4}$ = 180 + 100 + 140 + 100 = 520 mm

$A_1 = L_1 \times S \times 0.707$ = 520 x 6 x 0.707 = 2206 ㎟

$$fv = \frac{F}{A} = \frac{135,846}{2,206} = 61.6 < \mathbf{100.0}\ \text{Mpa} \quad \therefore \mathbf{O.K}$$

※ 본 부재는 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

1.25x80=100MPa를 적용 함.

② 위치별 사재 용접검토

부 재	사재 제원	부재력	용접두께	용접길이	용접길이	용접부 응력검토			판 정	비고
		F	S	L1	L2	상부응력	하부응력	허용응력		
		(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	v_1(MPa)	v_2(MPa)	v_a(MPa)		
54,J지점	L-100×100×10	4.7	6	500	500	2.2	2.2	100.0	O.K	
55,J지점	L-100×100×10	18.5	6	500	500	8.7	8.7	100.0	O.K	
56,J지점	L-100×100×10	28.8	6	500	500	13.6	13.6	100.0	O.K	
57,J지점	L-100×100×10	48.7	6	500	500	22.9	22.9	100.0	O.K	
58,J지점	L-100×100×10	57.4	6	500	500	27.0	27.0	100.0	O.K	
59,J지점	L-100×100×10	62.1	6	500	500	29.3	29.3	100.0	O.K	
60,J지점	L-100×100×10	62.9	6	500	500	29.7	29.7	100.0	O.K	
61,J지점	L-100×100×10	59.8	6	500	500	28.2	28.2	100.0	O.K	
62,J지점	L-100×100×10	52.6	6	500	500	24.8	24.8	100.0	O.K	
63,J지점	L-100×100×10	41.4	6	500	500	19.5	19.5	100.0	O.K	
64,J지점	L-100×100×10	26.2	6	500	500	12.3	12.3	100.0	O.K	
65,J지점	L-100×100×10	6.9	6	500	500	3.3	3.3	100.0	O.K	
66,J지점	L-100×100×10	25.0	6	500	500	11.8	11.8	100.0	O.K	
67,J지점	L-100×100×10	52.4	6	500	500	24.7	24.7	100.0	O.K	
68,J지점	L-100×100×10	84.0	6	500	500	39.6	39.6	100.0	O.K	
16,J지점	L-100×100×10	122.6	6	500	500	57.8	57.8	100.0	O.K	
17,J지점										P1:충복식
18,J지점	L-100×100×10	107.3	6	500	500	50.6	50.6	100.0	O.K	
72,J지점	L-100×100×10	97.7	6	500	500	46.1	46.1	100.0	O.K	
73,J지점	L-100×100×10	69.0	6	500	500	32.5	32.5	100.0	O.K	
74,J지점	L-100×100×10	45.6	6	500	500	21.5	21.5	100.0	O.K	
75,J지점	L-100×100×10	26.4	6	500	500	12.4	12.4	100.0	O.K	
76,J지점	L-100×100×10	11.0	6	500	500	5.2	5.2	100.0	O.K	
77,J지점	L-100×100×10	9.1	6	500	500	4.3	4.3	100.0	O.K	
78,J지점	L-100×100×10	16.7	6	500	500	7.9	7.9	100.0	O.K	
79,J지점	L-100×100×10	20.4	6	500	500	9.6	9.6	100.0	O.K	
80,J지점	L-100×100×10	20.3	6	500	500	9.6	9.6	100.0	O.K	
81,J지점	L-100×100×10	16.3	6	500	500	7.7	7.7	100.0	O.K	
82,J지점	L-100×100×10	8.5	6	500	500	4.0	4.0	100.0	O.K	
30,J지점	L-100×100×10	11.9	6	500	500	5.6	5.6	100.0	O.K	
84,J지점	L-100×100×10	27.6	6	500	500	13.0	13.0	100.0	O.K	
85,J지점	L-100×100×10	47.1	6	500	500	22.2	22.2	100.0	O.K	
86,J지점	L-100×100×10	70.7	6	500	500	33.3	33.3	100.0	O.K	
87,J지점	L-100×100×10	99.7	6	500	500	47.0	47.0	100.0	O.K	
35,J지점	L-100×100×10	135.8	6	500	500	64.0	64.0	100.0	O.K	
36,J지점										P2:충복식
90,J지점	L-100×100×10	125.7	6	500	500	59.3	59.3	100.0	O.K	
91,J지점	L-100×100×10	89.7	6	500	500	42.3	42.3	100.0	O.K	
92,J지점	L-100×100×10	57.7	6	500	500	27.2	27.2	100.0	O.K	
93,J지점	L-100×100×10	27.8	6	500	500	13.1	13.1	100.0	O.K	
41,J지점	L-100×100×10	6.6	6	500	500	3.1	3.1	100.0	O.K	
95,J지점	L-100×100×10	26.5	6	500	500	12.5	12.5	100.0	O.K	
96,J지점	L-100×100×10	42.8	6	500	500	20.2	20.2	100.0	O.K	
97,J지점	L-100×100×10	54.9	6	500	500	25.9	25.9	100.0	O.K	
98,J지점	L-100×100×10	62.8	6	500	500	29.6	29.6	100.0	O.K	
99,J지점	L-100×100×10	66.4	6	500	500	31.3	31.3	100.0	O.K	
100,J지점	L-100×100×10	65.8	6	500	500	31.0	31.0	100.0	O.K	
101,J지점	L-100×100×10	60.8	6	500	500	28.6	28.6	100.0	O.K	
102,J지점	L-100×100×10	51.4	6	500	500	24.3	24.3	100.0	O.K	
103,J지점	L-100×100×10	37.9	6	500	500	17.9	17.9	100.0	O.K	
104,J지점	L-100×100×10	19.4	6	500	500	9.2	9.2	100.0	O.K	
105,J지점	L-100×100×10	6.7	6	500	500	3.1	3.1	100.0	O.K	

9.2 교대부 다이아프램 (절점 1) (☞ 도.설.해 3.8.9.2)

▪ Diaphragm의 한계간격

L ≤ 50.0m의 경우 : L_D < 6.0m

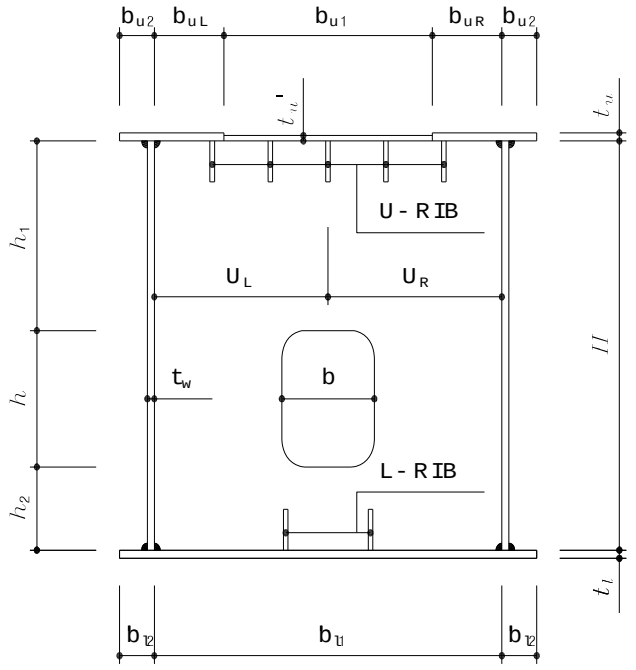
L > 50.0m의 경우 : L_D ≤ (0.14L - 1.0)m

단, L_D ≤ 20.0m

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [5.000 m]

L : 교량의 지간길이(m) [82.000 m]

L = 82.000 m > 50.000 m ⇒ L_D = 5.000 m ≤ L_{Dreq} = 10.480 m ····· **O.K !!**



b_{u1} =	1,700.0	mm	
b_{u2} =	250.0	mm	
b_{uL} =	250.0	mm	
b_{uR} =	250.0	mm	
U_L =	1,100.0	mm	
U_R =	1,100.0	mm	
b_{l1} =	2,200.0	mm	
b_{l2} =	100.0	mm	
b =	700.0	mm	
H =	2,800.0	mm	
h =	1,000.0	mm	
h_1 =	450.0	mm	
h_2 =	1,350.0	mm	
Θ_L =	0.000	°	
Θ_L =	0.000	°	

Diaphragm 두께 : t_D = 16.0 mm 강재 탄성계수 : 205,000 MPa 강재전단탄성계수 : 79,000 MPa

구 분	규 격	A_s(mm²)	X(mm)	$A_s \cdot X$(mm³)	$A_s \cdot X^2$(mm⁴)	I_{yo}(mm⁴)
UPPER FL.	2 - 500.0 × 16.0	16,000.0	-	-	-	3.333E+08
보강판	1 - 1,700.0 × 12.0	20,400.0	-	-	-	4.913E+09
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
L - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	-	-	-	4.032E+05
R - WEB	1 - 2,800.0 × 12.0	33,600.0	-	-	-	4.032E+05
LOWER RIB	2 - 150.0 × 12.0	3,600.0	-	-	-	6.750E+06
LOWER FL.	1 - 2,400.0 × 12.0	28,800.0	-	-	-	1.382E+10
합 계		136,000.0	-	-	-	1.908E+10

▪ Diaphragm의 개구율

ρ = √(A' / A) = √[(700.0×1,000.0) / {(2,200.0+2,200.0)/2 × 2,800.0}] = 0.337

0.4 ≥ ρ = **0.337** ⇒ **충복판 형식 적용**

▪ 상부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

F_u = 16,000.0 + 20,400.0 + 0.0 = 3.640E+04 mm²

▪ 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

F_l = 3,600.0 + 28,800.0 = 3.240E+04 mm²

▪ 복부 1개의 단면적

F_h = 33,600.0 = 3.360E+04 mm^2

▪ 상부플랜지의 복부판 중심간격

B_u = 2,200.0 + 12.0/2 + 12.0/2 = 2,212.0 mm

▪ 하부플랜지의 복부판 중심간격

B_l = 2,200.0 + 12.0/2 + 12.0/2 = 2,212.0 mm

▪ 상부플랜지의 돌출폭

b_1 = 250.0 - 12.0 = 238.0 mm

▪ 하부플랜지의 돌출폭

b_2 = 100.0 - 12.0 = 88.0 mm

▪ 리브를 포함하는 상부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

I_u = 5,246,333,333.3 + - + - = 5.246333E+09 mm^2

▪ 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

I_l = 13,824,000,000.0 + 6,750,000.000 + 576,000,000 = 1.441E+10 mm^2

▪ 변형함수

$\alpha_1 = \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$

$= \{25,093,797.3/(25,093,797.3+20,952,560.1\} \times \{(2,212.0+2,212.0)/4\} \times 2,800.0$ = 1.688E+06 mm^2

$\alpha_2 = \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$

$= \{20,952,560.1/(25,093,797.3+20,952,560.1\} \times \{(2,212.0+2,212.0)/4\} \times 2,800.0$ = 1.409E+06 mm^2

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u+2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$= (14,406,750,000.0/2,212.0) + \{(2,212.0+2 \times 2,212.0) \times 33,600.0/12\}$ = 2.509E+07 mm^3

$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u+B_l) \cdot F_h / 12\}$

$= (5,246,333,333.3/2,212.0) + \{(2 \times 2,212.0+2,212.0) \times 33,600.0/12\}$ = 2.095E+07 mm^3

▪ 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$I_{DW} = 1/3 \cdot \{\alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1+2 \cdot b_1/B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1+2 \cdot b_2/B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h\}$

$(1/3) \cdot \{1,687,657.3^2 \times 36,400.0 \times (1 + 2 \times 238.0 / 2,212.0)^2 +$

$1,409,142.7^2 \times 32,400.0 \times (1 + 2 \times 88.0 / 2,212.0)^2 + 2 \times (1,687,657.3^2$

$- 1,687,657.3 \times 1,409,142.7 + 1,409,142.7^2) \times 33,600.0\}$ = 1.310E+17 mm^6

▪ Diaphragm의 필요강도

$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3$ $= 20 \times 205,000.0 \times 131,033,261,227,674,000.0 / 10,480.0^3$ = 4.667E+11 N·mm

▪ Diaphragm의 강도 검토

$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D$ $= 4 \times 79,000.0 \times \{(2,200.0+2,200.0)/2 \times 2,800.0\} \times 16.0$ = 3.114E+13 N·mm

∴ K_{use} = 3.114E+13 N·mm ≥ K_{req} = 4.667E+11 N·mm ····· **O.K !!**

9.3 교각부 다이아프램 (절점 11) (☞ 도.설.해 3.8.9.2)

▪ Diaphragm의 한계간격

L ≤ 50.0m의 경우 : L_D < 6.0m

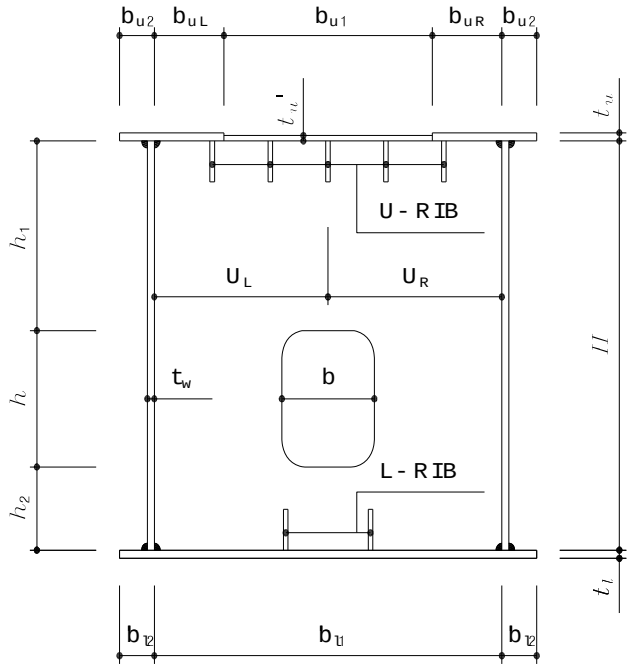
L > 50.0m의 경우 : L_D ≤ (0.14L - 1.0)m

단, L_D ≤ 20.0m

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [5.000 m]

L : 교량의 지간길이(m) [93.000 m]

L = 93.000 m > 50.000 m ⇒ L_D = 5.000 m ≤ L_{Dreq} = 12.020 m ····· **O.K !!**



b_{u1}	=	2,200.0	mm
b_{u2}	=	250.0	mm
b_{uL}	=	0.0	mm
b_{uR}	=	0.0	mm
U_L	=	1,100.0	mm
U_R	=	1,100.0	mm
b_{l1}	=	2,200.0	mm
b_{l2}	=	100.0	mm
b	=	**700.0**	mm
H	=	3,700.0	mm
h	=	**1,000.0**	mm
h_1	=	950.0	mm
h_2	=	1,750.0	mm
Θ_L	=	0.000	°
Θ_L	=	0.000	°

Diaphragm 두께 : t_D = 24.0 mm 강재 탄성계수 : 205,000 MPa 강재전단탄성계수 : 79,000 MPa

구 분	규 격	A_s(mm²)	X(mm)	$A_s \cdot X$(mm³)	$A_s \cdot X^2$(mm⁴)	I_{yo}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 2,700.0 × 26.0	70,200.0	-	-	-	4.265E+10
보강판	0 - 0.0 × 12.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
UPPER RIB	0 - 0.0 × 0.0	0.0	-	-	-	0.000E+00
L - WEB	1 - 3,700.0 × 16.0	59,200.0	-	-	-	1.263E+06
R - WEB	1 - 3,700.0 × 16.0	59,200.0	-	-	-	1.263E+06
LOWER RIB	1 - 220.0 × 20.0	4,400.0	-	-	-	1.775E+07
LOWER FL.	1 - 2,400.0 × 22.0	52,800.0	-	-	-	2.534E+10
합 계		245,800.0	-	-	-	6.801E+10

▪ Diaphragm의 개구율

$\rho = \sqrt{(A' / A)} = \sqrt{[(700.0 \times 1,000.0) / \{(2,200.0+2,200.0)/2 \times 3,700.0\}]} =$ 0.293

0.4 ≥ ρ = **0.293** ⇒ **충복판 형식 적용**

▪ 상부플랜지의 총단면적

F_u = 70,200.0 + 0.0 + 0.0 = 7.020E+04 mm²

▪ 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

F_l = 4,400.0 + 52,800.0 = 5.720E+04 mm²

▪ 복부 1개의 단면적

F_h = 59,200.0 = 5.920E+04 mm^2

▪ 상부플랜지의 복부판 중심간격

B_u = 2,200.0 + 16.0/2 + 16.0/2 = 2,216.0 mm

▪ 하부플랜지의 복부판 중심간격

B_l = 2,200.0 + 16.0/2 + 16.0/2 = 2,216.0 mm

▪ 상부플랜지의 돌출폭

b_1 = 250.0 - 16.0 = 234.0 mm

▪ 하부플랜지의 돌출폭

b_2 = 100.0 - 16.0 = 84.0 mm

▪ 리브를 포함하는 상부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

I_u = 42,646,500,000.0 + - + - = 4.264650E+10 mm^2

▪ 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

I_l = 25,344,000,000.0 +17,746,666.667 + - = 2.536E+10 mm^2

▪ 변형함수

$\alpha_1 = \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$

$= \{44,241,631.5/(44,241,631.5+52,041,610.5\} \times \{(2,216.0+2,216.0)/4\} \times 3,700.0$ = 1.884E+06 mm^2

$\alpha_2 = \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$

$= \{52,041,610.5/(44,241,631.5+52,041,610.5\} \times \{(2,216.0+2,216.0)/4\} \times 3,700.0$ = 2.216E+06 mm^2

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u+2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$= (25,361,746,666.7/2,216.0) + \{(2,216.0+2 \times 2,216.0) \times 59,200.0/12\}$ = 4.424E+07 mm^3

$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u+B_l) \cdot F_h / 12\}$

$= (42,646,500,000.0/2,216.0) + \{(2 \times 2,216.0+2,216.0) \times 59,200.0/12\}$ = 5.204E+07 mm^3

▪ 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$I_{DW} = 1/3 \cdot \{\alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1+2 \cdot b_1/B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1+2 \cdot b_2/B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h\}$

$(1/3) \cdot \{1,883,744.1^2 \times 70,200.0 \times (1 + 2 \times 234.0 / 2,216.0)^2 +$

$2,215,855.9^2 \times 57,200.0 \times (1 + 2 \times 84.0 / 2,216.0)^2 + 2 \times (1,883,744.1^2$

$- 1,883,744.1 \times 2,215,855.9 + 2,215,855.9^2) \times 59,200.0\}$ = 3.993E+17 mm^6

▪ Diaphragm의 필요강도

$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3 = 20 \times 205,000.0 \times 399,252,228,631,820,000.0 / 12,020.0^3$ = 9.426E+11 N·mm

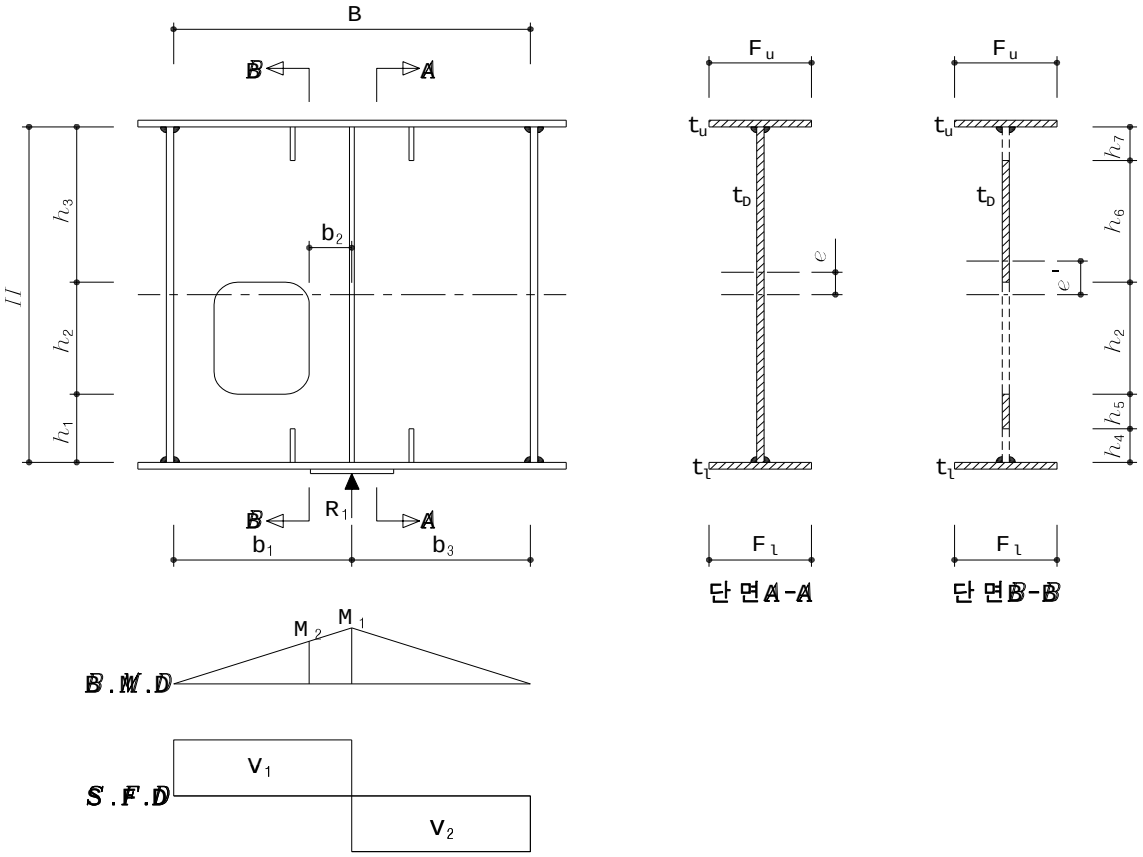
▪ Diaphragm의 강도 검토

$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D = 4 \times 79,000.0 \times \{(2,200.0+2,200.0)/2 \times 3,700.0\} \times 24.0$ = 6.173E+13 N·mm

∴ K_{use} = 6.173E+13 N·mm ≥ K_{req} = 9.426E+11 N·mm ····· O.K !!

9.4 다이아프램 응력검토

1) 시점교대부-1슈 (단면 1)



(단위 : mm)

B	H	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	b_1	b_2	b_3
2,200	2,800	450	1,000	1,350	150	300	1,350	0	1,100	255	1,100

t_u	t_D	t_l	F_u	F_l	R_1(kN)	R_2(kN)	M_1(kN·m)	M_2(kN·m)	V_1(kN)	V_2(kN)
16	16	12	384	288	3,127.626	0.000	1,720.2	1,321.4	1,563.8	-1,563.8

▪ 단면 A-A 응력검토

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	A_s·Y(mm^3)	A_s·Y^2(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 384.0 × 16.0	6,144.0	1,408.0	8.651E+06	1.218E+10	1.311E+05
Diaphragm	1 - 2,800.0 × 16.0	44,800.0	-	-	-	2.927E+10
LOWER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	-1,406.0	-4.859E+06	6.832E+09	4.147E+04
합 계		54,400.0	2.0	3.792E+06	1.901E+10	2.927E+10

$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s$ = 3,791,616.0 / 54,400.0 = 69.699 mm

$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2$ = 29,269,505,877.3+19,012,204,032.0-54,400.0×69.7² = 4.802E+10 mm^4

- 응력 계산

f_l = (1,720.194 / 48,017,438,734.9)×(2,800.0/2 + 12.0 + 69.7) = 53.081 MPa

∴ f_l = 53.081 MPa ≤ f_a = 230.000 MPa (HSB500) ····· **O.K !!**

υ = 1,563.8 / 44,800.0 = 34.907 MPa

∴ υ = 34.907 MPa ≤ υ_a = 135.000 MPa ····· **O.K !!**

- 2축 응력상태의 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.5)

f_v = 103.756 MPa 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a}\right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a}\right)\cdot\left(\frac{f_l}{f_a}\right) + \left(\frac{f_l}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2$$

$(103.76/230.0)^2 - (103.76/230.0)\times(53.08/230.0) + (53.08/230.0)^2 + (34.91/135.0)^2$ = 0.220

∴ 2축 응력 = 0.220 ≤ 1.200 ····· **O.K !!**

▪ 단면 B-B 응력검토

구 분	규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm³)	$A_s \cdot Y^2$(mm⁴)	I_{xo}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 384.0 × 16.0	6,144.0	1,408.0	8.651E+06	1.218E+10	1.311E+05
Diaphragm	1 - 1,350.0 × 16.0	21,600.0	725.0	1.566E+07	1.135E+10	3.281E+09
Diaphragm	1 - 300.0 × 16.0	4,800.0	-1,100.0	-5.280E+06	5.808E+09	3.600E+07
LOWER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	-1,406.0	-4.859E+06	6.832E+09	4.147E+04
합 계		36,000.0	-373.0	1.417E+07	3.617E+10	3.317E+09

e = $\Sigma A_s \cdot Y$ / ΣA_s = 14,171,616.0 / 36,000.0 = 393.656 mm

I_{33} = $\Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2$ = 3,316,672,544.0+36,173,704,032.0-36,000.0×393.7² = 3.391E+10 mm⁴

- 응력 계산

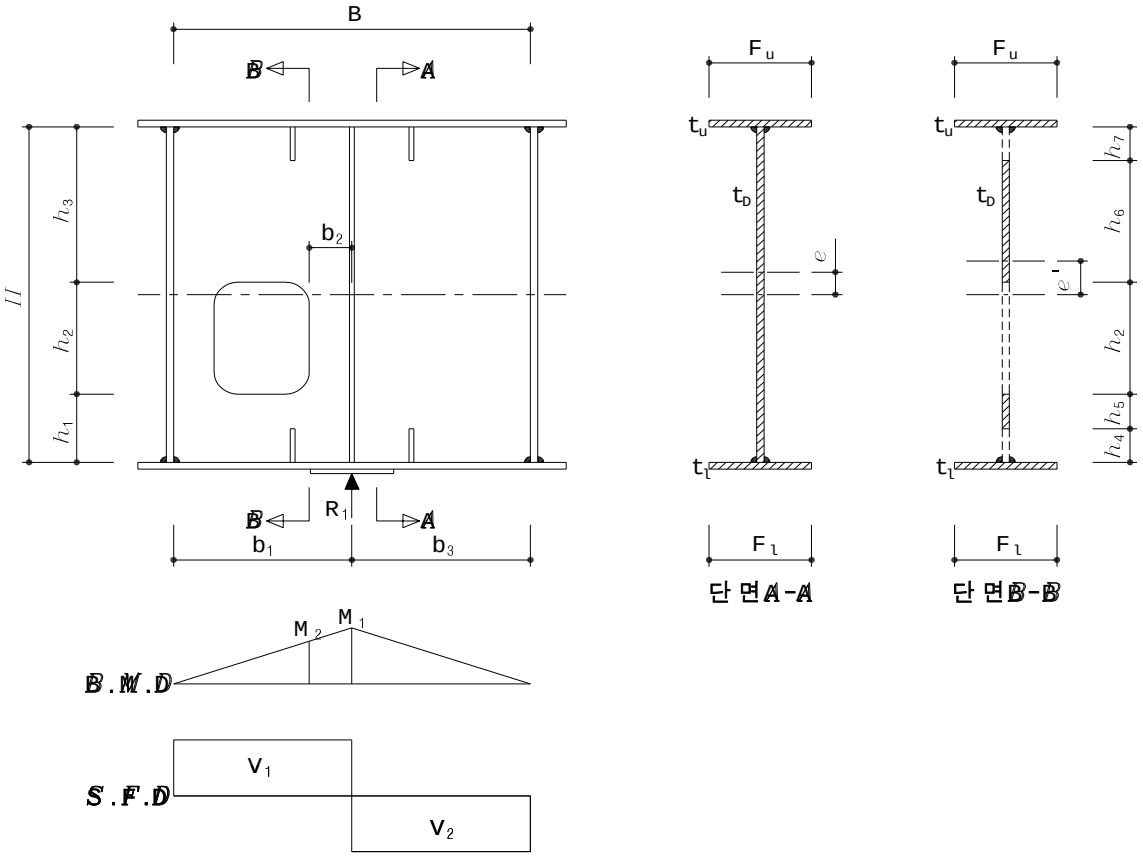
f_l = (1,321.422 / 33,911,634,907.9)×(2,800.0/2 + 12.0 + 393.7) = 70.360 MPa

∴ f_l = 70.360 MPa ≤ f_a = 230.000 MPa ····· **O.K !!**

υ = 1,563.813 / (21,600.0 + 4,800.0) = 59.235 MPa

∴ υ = 59.235 MPa ≤ υ_a = 135.000 MPa ····· **O.K !!**

2) 종점교대부-1슈 (단면 1)



(단위 : mm)

B	H	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	b_1	b_2	b_3
2,200	2,800	450	1,000	1,350	150	300	1,350	0	**1,700**	**755**	**500**

t_u	t_D	t_l	F_u	F_l	R_1(kN)	R_2(kN)	M_1(kN·m)	M_2(kN·m)	V_1(kN)	V_2(kN)
16	16	12	384	288	3,580.468	0.000	1,383.4	769.0	813.7	-2,766.7

▪ 단면 A-A 응력검토

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm^3)	$A_s \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 384.0 × 16.0	6,144.0	1,408.0	8.651E+06	1.218E+10	1.311E+05
Diaphragm	1 - 2,800.0 × 16.0	44,800.0	-	-	-	2.927E+10
LOWER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	-1,406.0	-4.859E+06	6.832E+09	4.147E+04
합 계		54,400.0	2.0	3.792E+06	1.901E+10	2.927E+10

$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s$ = 3,791,616.0 / 54,400.0 = 69.699 mm

$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2$ = 29,269,505,877.3+19,012,204,032.0-54,400.0×69.7² = 4.802E+10 mm^4

- 응력 계산

f_l = (1,383.363 / 48,017,438,734.9)×(2,800.0/2 + 12.0 + 69.7) = 42.687 MPa

∴ f_l = 42.687 MPa ≤ f_a = 230.000 MPa (HSB500) ····· **O.K !!**

υ = 2,766.7 / 44,800.0 = 61.757 MPa

∴ υ = 61.757 MPa ≤ $υ_a$ = 135.000 MPa ····· **O.K !!**

- 2축 응력상태의 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.5)

f_v = 103.756 MPa 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a}\right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a}\right)\cdot\left(\frac{f_l}{f_a}\right) + \left(\frac{f_l}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2$$

$(103.76/230.0)^2 - (103.76/230.0)\times(42.69/230.0) + (42.69/230.0)^2 + (61.76/135.0)^2$ = 0.363

∴ 2축 응력 = 0.363 ≤ 1.200 ····· **O.K !!**

▪ 단면 B-B 응력검토

구 분	규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm³)	$A_s \cdot Y^2$(mm⁴)	I_{xo}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 384.0 × 16.0	6,144.0	1,408.0	8.651E+06	1.218E+10	1.311E+05
Diaphragm	1 - 1,350.0 × 16.0	21,600.0	725.0	1.566E+07	1.135E+10	3.281E+09
Diaphragm	1 - 300.0 × 16.0	4,800.0	-1,100.0	-5.280E+06	5.808E+09	3.600E+07
LOWER FL.	1 - 288.0 × 12.0	3,456.0	-1,406.0	-4.859E+06	6.832E+09	4.147E+04
합 계		36,000.0	-373.0	1.417E+07	3.617E+10	3.317E+09

e = $\Sigma A_s \cdot Y$ / ΣA_s = 14,171,616.0 / 36,000.0 = 393.656 mm

I_{33} = $\Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2$ = 3,316,672,544.0+36,173,704,032.0-36,000.0×393.7² = 3.391E+10 mm⁴

- 응력 계산

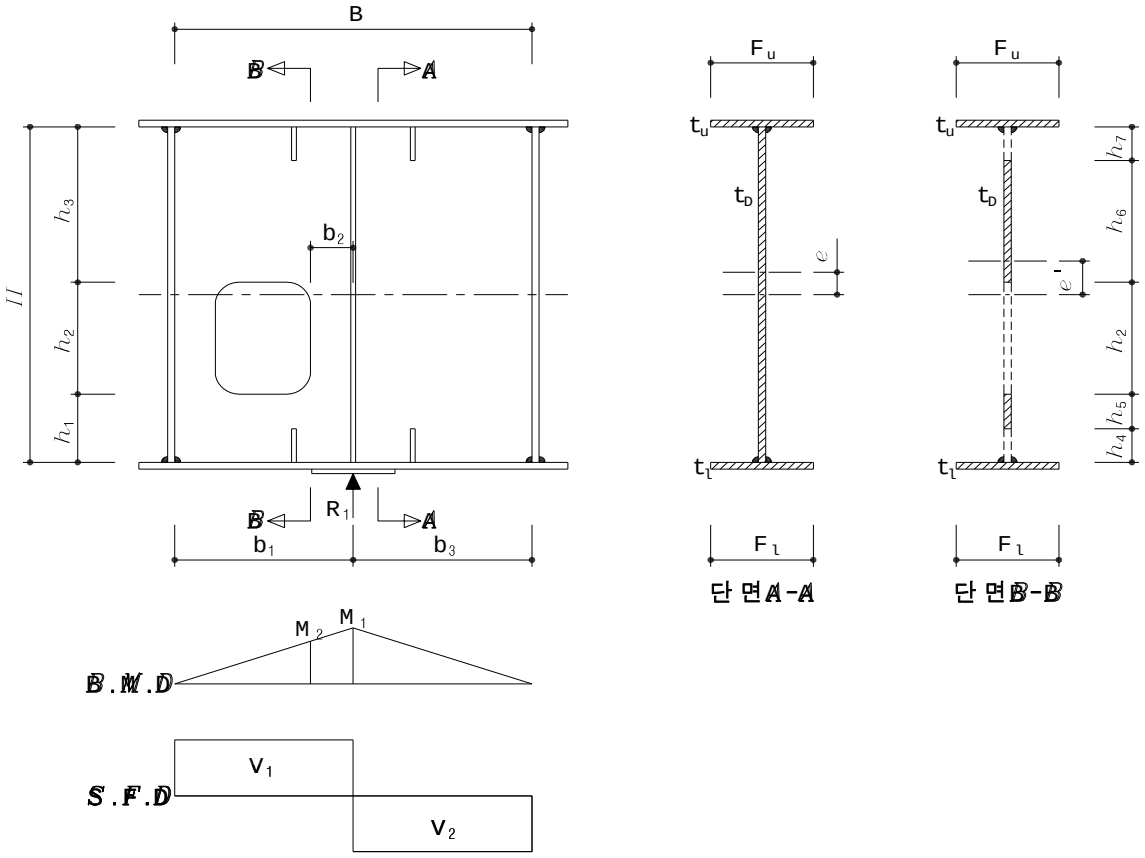
f_l = (768.987 / 33,911,634,907.9)×(2,800.0/2 + 12.0 + 393.7) = 40.945 MPa

∴ f_l = 40.945 MPa ≤ f_a = 230.000 MPa ····· **O.K !!**

υ = 2,766.725 / (21,600.0 + 4,800.0) = 104.800 MPa

∴ υ = 104.800 MPa ≤ $υ_a$ = 135.000 MPa ····· **O.K !!**

2) 교각부-1슈 (단면 11)



(단위 : mm)

B	H	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	h_7	b_1	b_2	b_3
2,200	3,700	950	1,000	1,750	220	730	1,750	0	1,100	255	1,100

t_u	t_D	t_l	F_u	F_l	R_1(kN)	R_2(kN)	M_1(kN·m)	M_2(kN·m)	V_1(kN)	V_2(kN)
26	24	22	624	528	11,634.299	0.000	6,398.9	4,915.5	5,817.1	-5,817.1

▪ 단면 A-A 응력검토

구 분	규 격	A_s(mm^2)	Y(mm)	$A_s \cdot Y$(mm^3)	$A_s \cdot Y^2$(mm^4)	I_{xo}(mm^4)
UPPER FL.	1 - 624.0 × 26.0	16,224.0	1,863.0	3.023E+07	5.631E+10	9.140E+05
Diaphragm	1 - 3,700.0 × 24.0	88,800.0	-	-	-	1.013E+11
LOWER FL.	1 - 528.0 × 22.0	11,616.0	-1,861.0	-2.162E+07	4.023E+10	4.685E+05
합 계		116,640.0	2.0	8.608E+06	9.654E+10	1.013E+11

$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s$ = 8,607,936.0 / 116,640.0 = 73.799 mm

$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2$ = 101,307,382,464.0+96,539,692,992.0-116,640.0×73.8² = 1.972E+11 mm^4

- 응력 계산

f_l = (6,398.864 / 197,211,816,863.9)×(3,700.0/2 + 22.0 + 73.8) = 63.135 MPa

∴ f_l = 63.135 MPa ≤ f_a = 230.000 MPa (HSB500) ····· **O.K !!**

υ = 5,817.1 / 88,800.0 = 65.508 MPa

∴ υ = 65.508 MPa ≤ υ_a = 135.000 MPa ····· **O.K !!**

- 2축 응력상태의 검토 (☞ 도.설.해 3.8.2.5)

f_v = 156.325 MPa 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a}\right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a}\right)\cdot\left(\frac{f_l}{f_a}\right) + \left(\frac{f_l}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{\nu}{\nu_a}\right)^2$$

$(156.33/230.0)^2 - (156.33/230.0)\times(63.13/230.0) + (63.13/230.0)^2 + (65.51/135.0)^2$ = 0.586

∴ 2축 응력 = 0.586 ≤ 1.200 ····· **O.K !!**

▪ 단면 B-B 응력검토

구 분	규 격	A_s(mm²)	Y(mm)	$A_s\cdot Y$(mm³)	$A_s\cdot Y^2$(mm⁴)	I_{xo}(mm⁴)
UPPER FL.	1 - 624.0 × 26.0	16,224.0	1,863.0	3.023E+07	5.631E+10	9.140E+05
Diaphragm	1 - 1,750.0 × 24.0	42,000.0	975.0	4.095E+07	3.993E+10	1.072E+10
Diaphragm	1 - 730.0 × 24.0	17,520.0	-1,265.0	-2.216E+07	2.804E+10	7.780E+08
LOWER FL.	1 - 528.0 × 22.0	11,616.0	-1,861.0	-2.162E+07	4.023E+10	4.685E+05
합 계		87,360.0	-288.0	2.740E+07	1.645E+11	1.150E+10

$e = \Sigma A_s\cdot Y / \Sigma A_s$ = 27,395,136.0 / 87,360.0 = 313.589 mm

$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A\cdot Y^2 - \Sigma A\cdot e^2$ = 11,498,166,464.0+164,501,884,992.0-87,360.0×313.6² = 1.674E+11 mm^4

- 응력 계산

f_l = (4,915.491 / 167,409,237,851.9)×(3,700.0/2 + 22.0 + 313.6) = 64.174 MPa

∴ f_l = 64.174 MPa ≤ f_a = 230.000 MPa ····· **O.K !!**

υ = 5,817.149 / (42,000.0 + 17,520.0) = 97.734 MPa

∴ υ = 97.734 MPa ≤ υ_a = 135.000 MPa ····· **O.K !!**

3) DIAPHRAGM 간격 및 응력검토 결과 정리

① 다이아프램의 간격 및 강도 검토

개구율 ρ=√(A'/A)　　A': 개구부 면적 , A : 총면적

구분		다이아프램의 간격 (mm)			다이어프램 형식				강 도 K (N·mm)		
		한계간격	적용간격	판정	A'(mm²)	A(mm²)	개구율	판정	필요강도	사용강도	판정
A1	G1	10480.0	5000.0	O.K	350000.0	6160000.0	0.24	충복판식	4.667E+11	3.114E+13	O.K
	G2	10480.0	5000.0	O.K	350000.0	6160000.0	0.24	충복판식	4.667E+11	3.114E+13	O.K
P1	G1	12020.0	5000.0	O.K	350000.0	8140000.0	0.21	충복판식	9.426E+11	6.173E+13	O.K
	G2	12020.0	5000.0	O.K	350000.0	8140000.0	0.21	충복판식	9.426E+11	6.173E+13	O.K
P2	G1	12020.0	5000.0	O.K	350000.0	8140000.0	0.21	충복판식	9.426E+11	6.173E+13	O.K
	G2	12020.0	5000.0	O.K	350000.0	8140000.0	0.21	충복판식	9.426E+11	6.173E+13	O.K
A2	G1	10480.0	5000.0	O.K	350000.0	6160000.0	0.24	충복판식	4.667E+11	3.114E+13	O.K
	G2	10480.0	5000.0	O.K	350000.0	6160000.0	0.24	충복판식	4.667E+11	3.114E+13	O.K

② 다이아프램의 응력검토

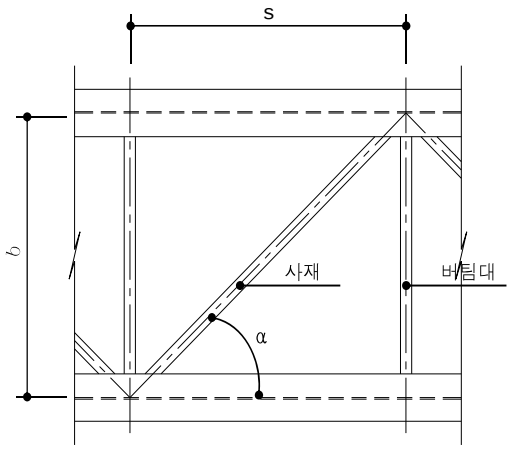
구분		휨 응 력 (MPa)				전 단 응 력 (MPa)				2축 합성응력도		
		단면A-A	단면B-B	허용응력	판정	단면A-A	단면B-B	허용응력	판정	작용	허용	판정
A1	G1	53.1	70.4	230.0	O.K	34.9	59.2	135.0	O.K	0.22	1.2	O.K
	G2	53.1	70.4	230.0	O.K	34.9	59.2	135.0	O.K	0.22	1.2	O.K
P1	G1	63.1	64.2	230.0	O.K	65.5	97.7	135.0	O.K	0.59	1.2	O.K
	G2	63.1	64.2	230.0	O.K	65.5	97.7	135.0	O.K	0.59	1.2	O.K
P2	G1	63.1	64.2	230.0	O.K	65.5	97.7	135.0	O.K	0.59	1.2	O.K
	G2	63.1	64.2	230.0	O.K	65.5	97.7	135.0	O.K	0.59	1.2	O.K
A2	G1	42.7	40.9	230.0	O.K	61.8	104.8	135.0	O.K	0.36	1.2	O.K
	G2	42.7	40.9	230.0	O.K	61.8	104.8	135.0	O.K	0.36	1.2	O.K

9.5 수평브레이싱 설계

개구형 강상자형의 경우 바닥판 콘크리트가 양생되어 합성단면으로의 역할을 수행하기 이전의 운반, 설치단계에서 충분한 강성을 확보하도록 상부플랜지에 수평브레이싱을 설치하여야 한다.
검토단계는 현장타설되는 바닥판 콘크리트가 굳기 이전 단계의 하중을 고려하여야 하며,
작용하중은 비틀림모멘트, 휨모멘트, 연직력에 의하여 발생하는 수평브레이싱 수직재와 사재의 축력에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다. (개구제형 강거더 설계지침, 2장)

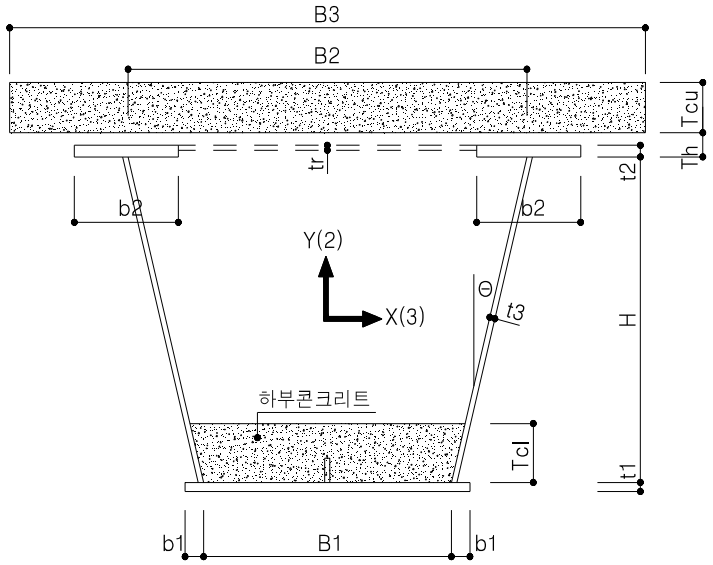
1) 수평브레이싱 및 단면제원도

- 수평브레이싱 설치 평면도



s = 2.500 m (수직재 설치간격)
b = 2.200 m
α = 41.3 °
(수직재)

- 단면제원



단위 mm

구분	지간중앙	내측지점
H	3,000	3,700
B1	2,200	2,200
B2	2,200	2,200
B3	4,500	4,500
b2	500	2,600
t1	22	22
t2	26	26
Tcu	240	240
Θ	0.000°	0.000°

- 부호규약

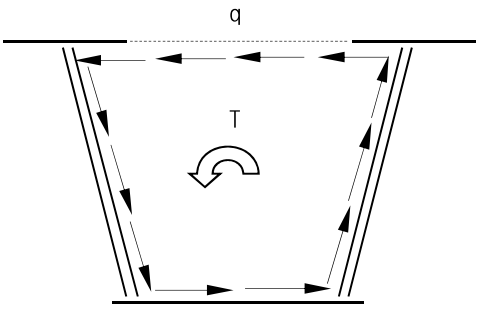
① 축 력 : (+) 인장력, (-) 압축력
② 응 력 : (+) 인장응력, (-) 압축응력

2) 작용하중별 수평브레이싱 축력산정

가) 비틀림모멘트에 의한 수평브레이싱 축력산정

① 비틀림모멘트에 의한 축력계산

상부오픈부 등가플랜지



$$q = \frac{T}{(\ 2 \times A_0\ )} \quad ; \text{ 전단흐름}$$

$$D_{tor} = \pm \frac{q \times b}{\sin \alpha}$$

$$S_{tor} = (\ D_{tor1} - D_{tor2}\ ) \sin \alpha$$

여기서, A = 준폐합단면적

b = 상부플랜지 중심간 거리

α = 상부플랜지와 사재의 예각 (radian)

- 위치별 비틀림에 의한 발생 부재력

부 재	T (kN·m)	A_0 (m^2)	b (m)	sin α	q (kN/m)	D_{tor} (kN)	S_{tor} (kN)	비 고
54,J지점	139.9	6.600	2.200	0.661	10.60	± 35.3	± 2.8	
55,J지점	156.6	6.600	2.200	0.661	11.86	± 39.5	± 0.9	
56,J지점	151.0	6.600	2.200	0.661	11.44	± 38.1	± 0.5	
57,J지점	148.2	6.600	2.200	0.661	11.23	± 37.4	± 0.1	
58,J지점	147.7	6.600	2.200	0.661	11.19	± 37.3	± 0.5	
59,J지점	144.9	6.600	2.200	0.661	10.98	± 36.6	± 1.4	
60,J지점	136.4	6.600	2.200	0.661	10.33	± 34.4	± 2.8	
61,J지점	119.3	6.600	2.200	0.661	9.04	± 30.1	± 6.5	
62,J지점	80.4	6.600	2.200	0.661	6.09	± 20.3	± 8.6	
63,J지점	28.7	6.600	2.200	0.661	2.17	± 7.2	± 0.9	
64,J지점	-33.9	6.600	2.200	0.661	-2.57	± 8.6	± 8.5	
65,J지점	-84.9	6.622	2.200	0.661	-6.41	± 21.4	± 3.3	
66,J지점	-106.7	6.743	2.200	0.661	-7.91	± 26.3	± 4.9	
67,J지점	-78.9	6.970	2.200	0.661	-5.66	± 18.9	± 4.9	
68,J지점	-39.3	7.302	2.200	0.661				P1: 폐합
16,J지점	-20.8	7.742	2.200	0.661				P1: 폐합
17,J지점	-50.4	0.000	2.200	0.661				P1:충복식
18,J지점	-258.3	7.627	2.200	0.661				P1: 폐합
72,J지점	-170.7	6.840	2.200	0.661				P1: 폐합
73,J지점	16.5	6.233	2.200	0.661	1.32	± 4.4	± 29.9	
74,J지점	173.5	5.808	2.200	0.661	14.94	± 49.7	± 18.3	
75,J지점	258.5	5.564	2.200	0.661	23.23	± 77.4	± 8.9	
76,J지점	300.2	5.500	2.200	0.661	27.29	± 90.9	± 2.6	
77,J지점	287.0	5.500	2.200	0.661	26.09	± 86.9	± 12.7	
78,J지점	223.3	5.500	2.200	0.661	20.30	± 67.6	± 20.1	
79,J지점	122.6	5.500	2.200	0.661	11.14	± 37.1	± 23.5	
80,J지점	5.1	5.500	2.200	0.661	0.46	± 1.5	± 21.5	
81,J지점	-112.7	5.500	2.200	0.661	-10.25	± 34.1	± 19.6	
82,J지점	-210.9	5.500	2.200	0.661	-19.17	± 63.8	± 18.5	
30,J지점	-303.6	5.500	2.200	0.661	-27.60	± 91.9	± 5.2	
84,J지점	-280.6	5.564	2.200	0.661	-25.22	± 84.0	± 11.3	
85,J지점	-233.1	5.808	2.200	0.661	-20.07	± 66.8	± 19.7	
86,J지점	-138.6	6.233	2.200	0.661	-11.12	± 37.0	± 19.7	

- 위치별 비틀림에 의한 발생 부재력

부 재	T (kN·m)	A_0 (m^2)	b (m)	sin α	q (kN/m)	D_{tor} (kN)	S_{tor} (kN)	비 고
87,J지점	24.4	6.840	2.200	0.661				P2: 폐합
35,J지점	244.8	7.627	2.200	0.661				P2: 폐합
36,J지점	621.8	0.000	2.200	0.661				P2:충복식
90,J지점	761.9	7.742	2.200	0.661				P2: 폐합
91,J지점	1085.9	7.302	2.200	0.661				P2: 폐합
92,J지점	1017.4	6.970	2.200	0.661	72.99	± 243.1	± 30.1	
93,J지점	799.9	6.743	2.200	0.661	59.31	± 197.5	± 31.4	
41,J지점	974.3	6.622	2.200	0.661	73.57	± 245.0	± 1.5	
95,J지점	980.2	6.600	2.200	0.661	74.26	± 247.3	± 17.8	
96,J지점	873.3	6.600	2.200	0.661	66.16	± 220.3	± 32.9	
97,J지점	676.0	6.600	2.200	0.661	51.21	± 170.5	± 44.5	
98,J지점	409.2	6.600	2.200	0.661	31.00	± 103.2	± 48.5	
99,J지점	118.3	6.600	2.200	0.661	8.96	± 29.9	± 12.2	
100,J지점	-191.7	6.600	2.200	0.661	-14.52	± 48.4	± 50.5	
101,J지점	-494.8	6.600	2.200	0.661	-37.48	± 124.8	± 46.7	
102,J지점	-775.1	6.600	2.200	0.661	-58.72	± 195.6	± 40.3	
103,J지점	-1017.1	6.600	2.200	0.661	-77.05	± 256.6	± 34.2	
104,J지점	-1222.4	6.600	2.200	0.661	-92.61	± 308.4	± 25.1	
105,J지점	-1373.0	6.600	2.200	0.661	-104.02	± 346.4	± 25.1	

※ 휨모멘트 및 비틀림 부재력 : 합성전강재자중+하부콘크리트자중+상부바닥판자중

나) 종방향 휨모멘트에 의한 수평브레이싱 축력산정

① 휨성분에 의한 축력계산

$D_{bend} = \dfrac{f_{xTop} \times s \times \cos\alpha}{k_1}$: 사재의 축력

$S_{bend} = -D_{bend} \times \sin\alpha$: 수직재의 축력

$f_{xTop} = M / Z$: 상부플랜지 중심에서의 종방향 응력

$f_{L\,bend} = \dfrac{1.5 \cdot s \cdot S_{bend}}{bf^2 \cdot tf}$: 상부플랜지 횡방향 휨응력

$k_1 = \dfrac{d}{A_d} + \dfrac{b}{As} \cdot \sin^2\alpha + \dfrac{s^3}{2\ b_f^3\ t_f} \cdot \sin^2\alpha$

여기서, M : 모멘트, Z : 단면계수

d = 사재의 길이 = 3.330 m (2.973

s = 수직재의 간격 = 2.500 m

b = 상부플랜지 중심간 거리 = 2.200 m

b_f = 상부플랜지의 폭

t_f = 상부플랜지의 두께

α = 상부플랜지와 사재의 예각 (radian)

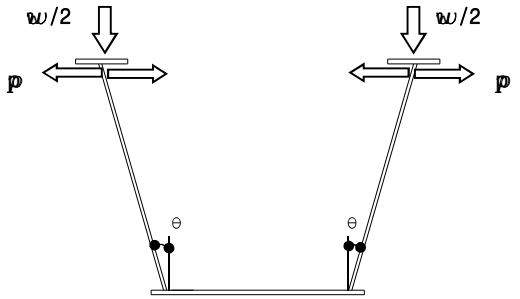
A_d = 사재의 단면적 (m^2)

A_s = 수직재의 단면적 (m^2)

- 위치별 휨모멘트에 의한 발생 부재력

부 재	M (kN·m)	단면계수 Z (m3)	f_{xTop} (MPa)	b_f (m)	t_f (m)	k_1 (1/m)	D_{bend} (kN)	S_{bend} (kN)	f_{Lbend} (MPa)	비 고
54,J지점	4259.1	0.092	-46.3	0.500	0.016	2,543	-27.34	18.06	16.9	
55,J지점	8625.8	0.092	-93.8	0.500	0.016	2,543	-55.36	36.57	34.3	
56,J지점	12300.0	0.112	-109.7	0.500	0.022	2,910	-70.76	46.75	31.9	
57,J지점	15899.8	0.112	-141.8	0.500	0.022	2,910	-91.47	60.43	41.2	
58,J지점	18382.9	0.125	-146.9	0.500	0.026	2,719	-101.38	66.97	38.6	
59,J지점	19736.0	0.125	-157.7	0.500	0.026	2,719	-108.84	71.90	41.5	
60,J지점	19965.2	0.125	-159.5	0.500	0.026	2,719	-110.10	72.74	42.0	
61,J지점	19069.8	0.125	-152.4	0.500	0.026	2,719	-105.17	69.48	40.1	
62,J지점	17028.7	0.112	-151.9	0.500	0.022	2,910	-97.97	64.72	44.1	
63,J지점	13838.5	0.112	-123.4	0.500	0.022	2,910	-79.61	52.60	35.9	
64,J지점	9488.9	0.097	-98.0	0.500	0.018	3,185	-57.73	38.14	31.8	
65,J지점	3998.6	0.096	-41.5	0.500	0.018	3,185	-24.47	16.17	13.5	
66,J지점	-2639.5	0.106	25.0	0.500	0.016	3,375	13.91	-9.19	-8.6	
67,J지점	-10433.1	0.148	70.7	0.500	0.014	3,618	36.67	-24.22	-26.0	
68,J지점	-19447.8	0.193	101.0	7.800	0.014					P1: 폐합
16,J지점	-30434.2	0.202	150.7	7.800	0.014					P1: 폐합
17,J지점	-44875.5	0.325	138.1	7.800	0.026					P1:충복식
18,J지점	-33741.0	0.237	142.5	7.800	0.018					P1: 폐합
72,J지점	-23361.4	0.201	116.3	7.800	0.018					P1: 폐합
73,J지점	-15153.1	0.133	113.8	0.500	0.016	3,375	63.29	-41.81	-39.2	
74,J지점	-8466.6	0.093	90.6	0.500	0.016	3,375	50.37	-33.28	-31.2	
75,J지점	-2987.1	0.072	41.7	0.500	0.016	3,375	23.19	-15.32	-14.4	
76,J지점	1371.3	0.071	-19.3	0.500	0.016	3,375	-10.74	7.09	6.7	
77,J지점	4618.4	0.071	-65.0	0.500	0.016	3,375	-36.17	23.89	22.4	
78,J지점	6765.9	0.071	-95.3	0.500	0.016	3,375	-52.98	35.00	32.8	
79,J지점	7820.3	0.071	-110.1	0.500	0.016	3,375	-61.24	40.46	37.9	
80,J지점	7783.0	0.071	-109.6	0.500	0.016	3,375	-60.95	40.26	37.7	
81,J지점	6653.2	0.071	-93.7	0.500	0.016	3,375	-52.10	34.42	32.3	
82,J지점	4431.1	0.071	-62.4	0.500	0.016	3,375	-34.70	22.92	21.5	
30,J지점	1111.8	0.071	-15.7	0.500	0.016	3,375	-8.71	5.75	5.4	
84,J지점	-3325.7	0.072	46.4	0.500	0.016	3,375	25.82	-17.06	-16.0	
85,J지점	-8882.9	0.093	95.0	0.500	0.016	3,375	52.85	-34.91	-32.7	
86,J지점	-15644.9	0.133	117.5	0.500	0.016	3,375	65.34	-43.17	-40.5	
87,J지점	-23949.8	0.201	119.2	7.800	0.018					P2: 폐합
35,J지점	-34219.3	0.237	144.5	7.800	0.018					P2: 폐합
36,J지점	-44621.0	0.325	137.3	7.800	0.026					P2:충복식
90,J지점	-31325.4	0.202	155.1	7.800	0.014					P2: 폐합
91,J지점	-21088.0	0.193	109.5	7.800	0.014					P2: 폐합
92,J지점	-11959.6	0.148	81.0	0.500	0.014	2,851	53.35	-35.25	-37.8	
93,J지점	-3425.2	0.106	32.5	0.500	0.016	2,607	23.37	-15.44	-14.5	
41,J지점	3897.3	0.096	-40.5	0.500	0.018	2,418	-31.42	20.76	17.3	
95,J지점	9583.5	0.097	-99.0	0.500	0.018	2,418	-76.82	50.75	42.3	
96,J지점	14236.3	0.112	-127.0	0.500	0.022	2,142	-111.26	73.50	50.1	
97,J지점	17682.5	0.112	-157.7	0.500	0.022	2,910	-101.73	67.21	45.8	
98,J지점	19939.6	0.125	-159.3	0.500	0.026	2,719	-109.96	72.64	41.9	
99,J지점	20973.1	0.125	-167.6	0.500	0.026	2,719	-115.66	76.41	44.1	
100,J지점	20778.5	0.125	-166.0	0.500	0.026	2,719	-114.59	75.70	43.7	
101,J지점	19354.4	0.125	-154.6	0.500	0.026	2,719	-106.74	70.51	40.7	
102,J지점	16694.7	0.112	-148.9	0.500	0.022	2,142	-130.47	86.19	58.8	
103,J지점	12834.1	0.112	-114.5	0.500	0.022	2,142	-100.30	66.26	45.2	
104,J지점	8946.5	0.092	-97.3	0.500	0.016	2,607	-70.01	46.25	43.4	
105,J지점	4398.1	0.092	-47.8	0.500	0.016	2,607	-34.42	22.74	21.3	

다) 연직력의 수평성분에 의한 수평브레이싱 축력산정



$D_{Lp} = 0.00$

$S_{Lp} = p \cdot s$

$$f_{Lp} = \frac{0.6 \cdot p \cdot s^2}{bf^2 \cdot tf}$$

D_{Lp} : 사재의 축력　　P : 수평분력

S_{Lp} : 수직재의 축력　　s : 수잭재 간격

f_{Lp} : 상부플랜재 횡방향 휨응력　　As : 강거더 단면적

① 복부경사에 의한 수평분력(p1)

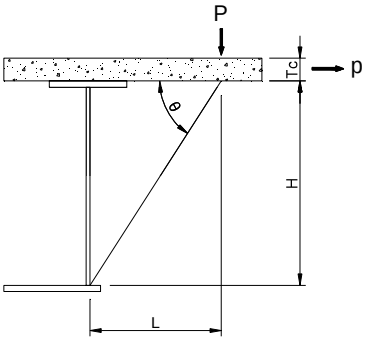
$w = \gamma_c \times Tcu \times B3 + \gamma_s \times As \times$ 강재할증

$= 25.0\ kN/m^3 \times 0.240\ m \times 4.500\ m + 78.5\ kN/m^3 \times As\ m^2 \times 1.3$

$p1 = w/2 \tan\theta$

② 캔틸레버부 바닥판 타설하중에 의한 수평분력(p2)

슬래브자중	= 0.240	× **0.650**	× 25	= 3.9	kN/m
거푸집하중	= 0.400	× **0.650**		= 0.3	kN/m
작업하중	= 3.750	× **0.650**		= 2.4	kN/m
			합 계(P2)	= 6.6	kN/m



$\theta 2 = \tan^{-1}(H/L) = 45.0\ °$

H = **1.000** m

L = **1.000** m

$p2 = P2 / \tan\theta 2 = 6.6 / 1.0 = 6.6\ kN/m$

- 위치별 연직력에 의한 수평분력

부 재	As (㎡)	p1 (kN)	p2 (kN)	S_{Lp} (kN)	D_{Lp} (kN)	f_{Lp} (MPa)	비 고
54,J지점	0.120	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
55,J지점	0.120	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
56,J지점	0.141	0.000	6.598	16.494	0.000	4.50	
57,J지점	0.141	0.000	6.598	16.494	0.000	4.50	
58,J지점	0.154	0.000	6.598	16.494	0.000	3.81	
59,J지점	0.154	0.000	6.598	16.494	0.000	3.81	
60,J지점	0.154	0.000	6.598	16.494	0.000	3.81	
61,J지점	0.154	0.000	6.598	16.494	0.000	3.81	
62,J지점	0.141	0.000	6.598	16.494	0.000	4.50	
63,J지점	0.141	0.000	6.598	16.494	0.000	4.50	
64,J지점	0.122	0.000	6.598	16.494	0.000	5.50	
65,J지점	0.123	0.000	6.598	16.494	0.000	5.50	
66,J지점	0.122	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
67,J지점	0.137	0.000	6.598	16.494	0.000	7.07	

- 위치별 연직력에 의한 수평분력

부 재	As (㎡)	p1 (kN)	p2 (kN)	S_{Lp} (kN)	D_{Lp} (kN)	f_{Lp} (MPa)	비 고
68,J지점	0.164	0.000	6.598	16.494	0.000	0.03	P1: 폐합
16,J지점	0.169	0.000	6.598	16.494	0.000	0.03	P1: 폐합
17,J지점	0.215	0.000	6.598	16.494	0.000	0.02	P1:충복식
18,J지점	0.179	0.000	6.598	16.494	0.000	0.02	P1: 폐합
72,J지점	0.170	0.000	6.598	16.494	0.000	0.02	P1: 폐합
73,J지점	0.131	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
74,J지점	0.126	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
75,J지점	0.109	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
76,J지점	0.108	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
77,J지점	0.108	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
78,J지점	0.108	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
79,J지점	0.108	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
80,J지점	0.108	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
81,J지점	0.108	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
82,J지점	0.108	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
30,J지점	0.108	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
84,J지점	0.109	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
85,J지점	0.126	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
86,J지점	0.131	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
87,J지점	0.170	0.000	6.598	16.494	0.000	0.02	P2: 폐합
35,J지점	0.179	0.000	6.598	16.494	0.000	0.02	P2: 폐합
36,J지점	0.215	0.000	6.598	16.494	0.000	0.02	P2:충복식
90,J지점	0.169	0.000	6.598	16.494	0.000	0.03	P2: 폐합
91,J지점	0.164	0.000	6.598	16.494	0.000	0.03	P2: 폐합
92,J지점	0.137	0.000	6.598	16.494	0.000	7.07	
93,J지점	0.122	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
41,J지점	0.123	0.000	6.598	16.494	0.000	5.50	
95,J지점	0.122	0.000	6.598	16.494	0.000	5.50	
96,J지점	0.141	0.000	6.598	16.494	0.000	4.50	
97,J지점	0.141	0.000	6.598	16.494	0.000	4.50	
98,J지점	0.154	0.000	6.598	16.494	0.000	3.81	
99,J지점	0.154	0.000	6.598	16.494	0.000	3.81	
100,J지점	0.154	0.000	6.598	16.494	0.000	3.81	
101,J지점	0.154	0.000	6.598	16.494	0.000	3.81	
102,J지점	0.141	0.000	6.598	16.494	0.000	4.50	
103,J지점	0.141	0.000	6.598	16.494	0.000	4.50	
104,J지점	0.120	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	
105,J지점	0.120	0.000	6.598	16.494	0.000	6.19	

3) 축력 계산값의 정리

- 수직재는 K 다이아프램과 상부 수평브레이싱의 상호작용 효과에 의한 각각의 구성요소 부재력보다 25~30% 증가한다는 기존 기술자료를 토대로 하중증가계수 1.3을 적용함.
  ("Interacion of Top Lateral and Internal Bracing Systems in Tub Girders"참조
  <Journal of Structural Engineering, Vol. 132, No. 10>
- K 다이아프램위치(가로보부)를 제외한 수직재는 하중증가계수 1.0을 적용함.
- K 다이아프램 상현재의 축력값은 "8.1 중간 다이아프램(K-다이아프램)" 참조

- 위치별 수평브레이싱 작용력

부 재	수평브레이싱 작용력(kN)					K-다이아프램 상현재	비고
	비틀림		휨모멘트		수평분력		
	D_{tor}	S_{tor}	D_{bend}	S_{bend}	S_{LP}	S_{k-bra}	
54,J지점	± 35.3	± 2.8	-27.3	18.1	16.5	± 1.9	
55,J지점	± 39.5	± 0.9	-55.4	36.6	16.5	± 7.3	
56,J지점	± 38.1	± 0.5	-70.8	46.7	16.5	± 11.4	
57,J지점	± 37.4	± 0.1	-91.5	60.4	16.5	± 19.3	
58,J지점	± 37.3	± 0.5	-101.4	67.0	16.5	± 22.7	
59,J지점	± 36.6	± 1.4	-108.8	71.9	16.5	± 24.6	
60,J지점	± 34.4	± 2.8	-110.1	72.7	16.5	± 24.9	
61,J지점	± 30.1	± 6.5	-105.2	69.5	16.5	± 23.7	
62,J지점	± 20.3	± 8.6	-98.0	64.7	16.5	± 20.8	
63,J지점	± 7.2	± 0.9	-79.6	52.6	16.5	± 16.4	
64,J지점	± 8.6	± 8.5	-57.7	38.1	16.5	± 10.4	
65,J지점	± 21.4	± 3.3	-24.5	16.2	16.5	± 2.7	
66,J지점	± 26.3	± 4.9	13.9	-9.2	16.5	± 9.7	
67,J지점	± 18.9	± 4.9	36.7	-24.2	16.5	± 19.6	
68,J지점							P1: 폐합
16,J지점							P1: 폐합
17,J지점							P1:충복식
18,J지점							P1: 폐합
72,J지점							P1: 폐합
73,J지점	± 4.4	± 29.9	63.3	-41.8	16.5	± 28.9	
74,J지점	± 49.7	± 18.3	50.4	-33.3	16.5	± 20.5	
75,J지점	± 77.4	± 8.9	23.2	-15.3	16.5	± 12.3	
76,J지점	± 90.9	± 2.6	-10.7	7.1	16.5	± 5.2	
77,J지점	± 86.9	± 12.7	-36.2	23.9	16.5	± 4.3	
78,J지점	± 67.6	± 20.1	-53.0	35.0	16.5	± 7.9	
79,J지점	± 37.1	± 23.5	-61.2	40.5	16.5	± 9.7	
80,J지점	± 1.5	± 21.5	-60.9	40.3	16.5	± 9.6	
81,J지점	± 34.1	± 19.6	-52.1	34.4	16.5	± 7.7	
82,J지점	± 63.8	± 18.5	-34.7	22.9	16.5	± 4.0	
30,J지점	± 91.9	± 5.2	-8.7	5.8	16.5	± 5.6	
84,J지점	± 84.0	± 11.3	25.8	-17.1	16.5	± 12.9	
85,J지점	± 66.8	± 19.7	52.8	-34.9	16.5	± 21.1	
86,J지점	± 37.0	± 19.7	65.3	-43.2	16.5	± 29.6	
87,J지점							P2: 폐합
35,J지점							P2: 폐합
36,J지점							P2:충복식
90,J지점							P2: 폐합
91,J지점							P2: 폐합
92,J지점	± 243.1	± 30.1	53.4	-35.2	16.5	± 21.6	
93,J지점	± 197.5	± 31.4	23.4	-15.4	16.5	± 10.8	
41,J지점	± 245.0	± 1.5	-31.4	20.8	16.5	± 2.6	
95,J지점	± 247.3	± 17.8	-76.8	50.7	16.5	± 10.5	
96,J지점	± 220.3	± 32.9	-111.3	73.5	16.5	± 17.0	
97,J지점	± 170.5	± 44.5	-101.7	67.2	16.5	± 21.7	
98,J지점	± 103.2	± 48.5	-110.0	72.6	16.5	± 24.9	
99,J지점	± 29.9	± 12.2	-115.7	76.4	16.5	± 26.3	
100,J지점	± 48.4	± 50.5	-114.6	75.7	16.5	± 26.0	
101,J지점	± 124.8	± 46.7	-106.7	70.5	16.5	± 24.1	
102,J지점	± 195.6	± 40.3	-130.5	86.2	16.5	± 20.4	
103,J지점	± 256.6	± 34.2	-100.3	66.3	16.5	± 15.0	
104,J지점	± 308.4	± 25.1	-70.0	46.3	16.5	± 7.7	
105,J지점	± 346.4	± 25.1	-34.4	22.7	16.5	± 2.6	

- 위치별 조합 설계하중

부 재	조합 설계하중(비틀림,휨,수평분력,K다이아프램)						비고
	수직재(가로보부)		수직재		사재		
	최대(kN)	최소(kN)	최대(kN)	최소(kN)	최대(kN)	최소(kN)	
54,J지점	50.9	38.9	37.3	31.8	8.0	-62.6	
55,J지점	79.7	58.2	54.0	52.1	-15.9	-94.9	
56,J지점	97.7	66.8	63.7	62.8	-32.7	-108.9	
57,J지점	125.2	74.8	77.0	76.8	-54.1	-128.9	
58,J지점	138.7	78.4	83.9	83.0	-64.1	-138.6	
59,J지점	148.7	81.1	89.8	87.0	-72.3	-145.4	
60,J지점	152.1	79.9	92.1	86.4	-75.7	-144.5	
61,J지점	151.0	72.6	92.5	79.5	-75.1	-135.3	
62,J지점	143.9	67.3	89.8	72.6	-77.7	-118.3	
63,J지점	112.3	67.4	70.0	68.2	-72.4	-86.9	
64,J지점	95.5	46.5	63.1	46.2	-49.2	-66.3	
65,J지점	50.3	34.6	35.9	29.4	-3.1	-45.8	
66,J지점	28.5	-9.5	12.2	2.4	40.2	-12.4	
67,J지점	21.9	-42.0	-2.8	-12.7	55.5	17.8	
68,J지점							P1: 폐합
16,J지점							P1: 폐합
17,J지점							P1:충복식
18,J지점							P1: 폐합
72,J지점							P1: 폐합
73,J지점	43.6	-109.4	4.6	-55.3	67.7	58.9	
74,J지점	28.5	-72.2	1.5	-35.0	100.1	0.6	
75,J지점	29.2	-26.1	10.1	-7.8	100.6	-54.2	
76,J지점	40.9	20.4	26.2	20.9	80.2	-101.6	
77,J지점	74.7	30.3	53.1	27.7	50.7	-123.0	
78,J지점	103.4	30.5	71.6	31.4	14.6	-120.6	
79,J지점	117.1	30.9	80.4	33.5	-24.1	-98.4	
80,J지점	114.2	33.3	78.3	35.2	-59.4	-62.5	
81,J지점	101.7	30.6	70.5	31.3	-18.0	-86.2	
82,J지점	80.6	21.9	58.0	20.9	29.1	-98.5	
30,J지점	43.1	14.8	27.5	17.0	83.2	-100.6	
84,J지점	30.8	-32.2	10.8	-11.9	109.8	-58.2	
85,J지점	29.1	-77.0	1.3	-38.1	119.7	-14.0	
86,J지점	29.4	-98.8	-7.0	-46.4	102.4	28.3	
87,J지점							P2: 폐합
35,J지점							P2: 폐합
36,J지점							P2:충복식
90,J지점							P2: 폐합
91,J지점							P2: 폐합
92,J지점	42.9	-91.6	11.3	-48.8	296.4	-189.7	
93,J지점	56.1	-53.4	32.4	-30.3	220.9	-174.2	
41,J지점	53.8	43.1	38.8	35.7	213.6	-276.4	
95,J지점	124.2	50.6	85.1	49.4	170.5	-324.1	
96,J지점	181.8	52.2	122.9	57.1	109.1	-331.6	
97,J지점	194.9	22.7	128.2	39.2	68.8	-272.3	
98,J지점	211.2	20.5	137.6	40.7	-6.7	-213.2	
99,J지점	170.9	70.7	105.1	80.7	-85.8	-145.5	
100,J지점	219.4	20.3	142.7	41.7	-66.2	-162.9	
101,J지점	205.1	21.1	133.7	40.3	18.1	-231.6	
102,J지점	212.4	54.6	143.0	62.4	65.1	-326.0	
103,J지점	171.6	43.6	117.0	48.5	156.3	-356.9	
104,J지점	124.2	38.9	87.8	37.6	238.4	-378.4	
105,J지점	87.1	14.9	64.3	14.1	312.0	-380.8	

4) 사재의 단면결정 및 응력검토

가) 사용강재 : SS400

나) 세장비 검토

(☞ 도.설 3.4.1.4)

- 압축부재 : $K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 120$ - 인장부재 : $L_{DK} / r_{min} \leq 200$ (주요부재)

$K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 150$ $L_{DK} / r_{min} \leq 240$ (2차부재)

여기서, K : 유효좌굴길이계수

양단이 볼트 연결되어 있거나 용접되어 있는 경우 : K = 0.750

양단이 핀연결되어 있는 경우 : K = 0.875

l : 비지지길이 (mm)

r_{min} : 단면의 최소회전반경 (mm)

다) 응력검토

① 압축응력 검토

- 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력 (☞ 개구제형 강거더 설계지침, 2.4(3))

(☞ 도.설 3.3.2.1)

$\frac{K \cdot \ell}{\gamma_x}$; 세장비

- 압축응력검토

$$f_c = \frac{F}{A_d} < f_{ca}$$

※ 본 부재의 허용응력은 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

② 인장응력 검토

As = ; 인장 L형강 또는 T형강의 유효단면적

$$f_s = \frac{F}{A_s} < f_{ta} = 175 \text{ MPa}$$

※ 본 부재의 허용응력은 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

라) 사재의 위치별 세장비 및 응력검토

부 재	사재 제원	단면적	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
			길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
			ℓ(mm)	$K \cdot \ell / r_{min}$	$K \cdot \ell / r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
54,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	26.8	136.5	4.4	175.0	O.K	
55,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	40.6	136.5	0.0	175.0	O.K	
56,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	46.5	136.5	0.0	175.0	O.K	
57,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	55.1	136.5	0.0	175.0	O.K	
58,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	59.3	136.5	0.0	175.0	O.K	
59,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	62.2	136.5	0.0	175.0	O.K	
60,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	61.8	136.5	0.0	175.0	O.K	
61,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	57.8	136.5	0.0	175.0	O.K	
62,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	50.6	136.5	0.0	175.0	O.K	
63,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	37.1	136.5	0.0	175.0	O.K	
64,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	28.3	136.5	0.0	175.0	O.K	
65,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	19.6	136.5	0.0	175.0	O.K	
66,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	5.3	136.5	22.3	175.0	O.K	
67,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	0.0	136.5	30.7	175.0	O.K	
68,J지점											P1: 폐합
16,J지점											P1: 폐합
17,J지점											P1:층복식
18,J지점											P1: 폐합
72,J지점											P1: 폐합
73,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	0.0	136.5	37.4	175.0	O.K	
74,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	0.0	136.5	55.4	175.0	O.K	
75,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	23.2	136.5	55.6	175.0	O.K	
76,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	43.4	136.5	44.3	175.0	O.K	
77,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	52.6	136.5	28.0	175.0	O.K	
78,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	51.6	136.5	8.1	175.0	O.K	
79,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	42.0	136.5	0.0	175.0	O.K	
80,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	26.7	136.5	0.0	175.0	O.K	
81,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	36.9	136.5	0.0	175.0	O.K	
82,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	42.1	136.5	16.1	175.0	O.K	
30,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	43.0	136.5	46.0	175.0	O.K	
84,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	24.9	136.5	60.7	175.0	O.K	
85,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	6.0	136.5	66.2	175.0	O.K	
86,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	0.0	136.5	56.6	175.0	O.K	
87,J지점											P2: 폐합
35,J지점											P2: 폐합
36,J지점											P2:층복식
90,J지점											P2: 폐합
91,J지점											P2: 폐합
92,J지점	T-170×250×9×14	5076	3330	41.6	55.8	37.4	136.9	70.5	175.0	O.K	
93,J지점	T-170×250×9×14	5076	3330	41.6	55.8	34.3	136.9	52.6	175.0	O.K	
41,J지점	T-170×250×9×14	5076	3330	41.6	55.8	54.5	136.9	50.8	175.0	O.K	
95,J지점	T-170×250×9×14	5076	3330	41.6	55.8	63.8	136.9	40.6	175.0	O.K	
96,J지점	T-170×250×9×14	5076	3330	41.6	55.8	65.3	136.9	26.0	175.0	O.K	
97,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	116.4	136.5	38.1	175.0	O.K	
98,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	91.1	136.5	0.0	175.0	O.K	
99,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	62.2	136.5	0.0	175.0	O.K	
100,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	69.7	136.5	0.0	175.0	O.K	
101,J지점	T-150×150×6.5×9	2339	3330	75.9	56.1	99.0	136.5	10.0	175.0	O.K	
102,J지점	T-170×250×9×14	5076	3330	41.6	55.8	64.2	136.9	15.5	175.0	O.K	
103,J지점	T-170×250×9×14	5076	3330	41.6	55.8	70.3	136.9	37.2	175.0	O.K	
104,J지점	T-170×250×9×14	5076	3330	41.6	55.8	74.5	136.9	56.7	175.0	O.K	
105,J지점	T-170×250×9×14	5076	3330	41.6	55.8	75.0	136.9	74.2	175.0	O.K	

5) 수직재의 단면결정 및 응력검토

가) 사용강재 : SM400B (가로보부)
SS400 (일반부)

나) 세장비 검토

(☞ 도.설 3.4.1.4)

- 압축부재 : $K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 120$ - 인장부재 : $L_{DK} / r_{min} \leq 200$ (주요부재)
$K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 150$ $L_{DK} / r_{min} \leq 240$ (2차부재)

여기서, K : 유효좌굴길이계수
양단이 볼트 연결되어 있거나 용접되어 있는 경우 : K = 0.750
양단이 핀연결되어 있는 경우 : K = 0.875
l : 비지지길이 (mm)
r_{min} : 단면의 최소회전반경 (mm)

다) 응력검토

① 압축응력 검토

- 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향 압축응력 (☞ 개구제형 강거더 설계지침, 2.4(3))
(☞ 도.설 3.3.2.1)

$\frac{K \cdot \ell}{r_x}$; 세장비

- 압축응력검토

$$f_c = \frac{F}{A_d} < f_{ca}$$

② 인장응력 검토

As = ; 인장 L형강의 유효단면적

$$f_s = \frac{F}{A_s} < f_{ta} = 175 \text{ MPa}$$

※ 본 부재는 가설용임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

라) 수직재의 위치별 세장비 및 응력검토

① 가로보부

부 재	수직재 제원	단면적	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
			길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
			ℓ (mm)	$K \cdot \ell / r_{min}$	$K \cdot \ell / r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
54,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	18.9	175.0	O.K	
55,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	29.5	175.0	O.K	
56,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	36.2	175.0	O.K	
57,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	46.4	175.0	O.K	
58,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	51.4	175.0	O.K	
59,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	55.1	175.0	O.K	
60,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	56.3	175.0	O.K	
61,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	55.9	175.0	O.K	
62,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	53.3	175.0	O.K	
63,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	41.6	175.0	O.K	
64,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	35.4	175.0	O.K	

① 가로보부 - 계속

부 재	수직재 제원	단면적	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
			길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
			ℓ(mm)	$K \cdot \ell / r_{min}$	$K \cdot \ell / r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
65,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	18.6	175.0	O.K	
66,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	2.4	169.3	10.6	175.0	O.K	
67,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	10.8	169.3	8.1	175.0	O.K	
68,J지점											P1: 폐합
16,J지점											P1: 폐합
17,J지점											P1:충복식
18,J지점											P1: 폐합
72,J지점											P1: 폐합
73,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	28.1	169.3	16.1	175.0	O.K	
74,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	18.5	169.3	10.6	175.0	O.K	
75,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	6.7	169.3	10.8	175.0	O.K	
76,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	15.1	175.0	O.K	
77,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	27.7	175.0	O.K	
78,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	38.3	175.0	O.K	
79,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	43.4	175.0	O.K	
80,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	42.3	175.0	O.K	
81,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	37.7	175.0	O.K	
82,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	29.8	175.0	O.K	
30,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	16.0	175.0	O.K	
84,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	8.3	169.3	11.4	175.0	O.K	
85,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	19.7	169.3	10.8	175.0	O.K	
86,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	25.3	169.3	10.9	175.0	O.K	
87,J지점											P2: 폐합
35,J지점											P2: 폐합
36,J지점											P2:충복식
90,J지점											P2: 폐합
91,J지점											P2: 폐합
92,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	23.5	169.3	15.9	175.0	O.K	
93,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	13.7	169.3	20.8	175.0	O.K	
41,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	19.9	175.0	O.K	
95,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	46.0	175.0	O.K	
96,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	67.3	175.0	O.K	
97,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	72.2	175.0	O.K	
98,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	78.2	175.0	O.K	
99,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	63.3	175.0	O.K	
100,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	81.3	175.0	O.K	
101,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	76.0	175.0	O.K	
102,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	78.7	175.0	O.K	
103,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	63.5	175.0	O.K	
104,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	46.0	175.0	O.K	
105,J지점	T-210×150×12×10	3900	2200	61.1	24.2	0.0	169.3	32.2	175.0	O.K	

② 일반부 L형강 : K다이아프램의 영향은 제외한 부재력으로 검토함.

부 재	수직재 제원	단면적	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
			길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
			ℓ (mm)	$K \cdot \ell / r_{min}$	$K \cdot \ell / r_x$	fc(MPa)	fca(MPa)	fc(MPa)	fta(MPa)		
54,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	25.7	175.0	O.K	
55,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	37.2	175.0	O.K	
56,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	43.9	175.0	O.K	
57,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	53.1	175.0	O.K	
58,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	57.9	175.0	O.K	
59,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	61.9	175.0	O.K	
60,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	63.5	175.0	O.K	
61,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	63.8	175.0	O.K	
62,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	62.0	175.0	O.K	
63,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	48.2	175.0	O.K	
64,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	43.5	175.0	O.K	
65,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	24.8	175.0	O.K	
66,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	1.2	138.4	8.4	175.0	O.K	
67,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	6.7	138.4	1.9	175.0	O.K	
68,J지점											P1: 폐합
16,J지점											P1: 폐합
17,J지점											P1:충복식
18,J지점											P1: 폐합
72,J지점											P1: 폐합
73,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	29.1	138.4	3.2	175.0	O.K	
74,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	18.4	138.4	1.0	175.0	O.K	
75,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	4.1	138.4	7.0	175.0	O.K	
76,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	18.1	175.0	O.K	
77,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	36.6	175.0	O.K	
78,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	49.4	175.0	O.K	
79,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	55.5	175.0	O.K	
80,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	54.0	175.0	O.K	
81,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	48.7	175.0	O.K	
82,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	40.0	175.0	O.K	
30,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	19.0	175.0	O.K	
84,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	6.3	138.4	7.4	175.0	O.K	
85,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	20.1	138.4	0.9	175.0	O.K	
86,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	24.4	138.4	4.8	175.0	O.K	
87,J지점											P2: 폐합
35,J지점											P2: 폐합
36,J지점											P2:충복식
90,J지점											P2: 폐합
91,J지점											P2: 폐합
92,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	25.7	138.4	7.8	175.0	O.K	
93,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	15.9	138.4	22.4	175.0	O.K	
41,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	26.7	175.0	O.K	
95,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	58.7	175.0	O.K	
96,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	84.7	175.0	O.K	
97,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	88.4	175.0	O.K	
98,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	94.9	175.0	O.K	
99,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	72.5	175.0	O.K	
100,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	98.4	175.0	O.K	
101,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	92.2	175.0	O.K	
102,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	98.6	175.0	O.K	
103,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	80.7	175.0	O.K	
104,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	60.6	175.0	O.K	
105,J지점	L-100×100×10×10	1900	2200	84.6	54.3	0.0	138.4	44.4	175.0	O.K	

6) 상부플랜지의 응력검토

가) 사용강재 : HSB500

나) 상부플랜지의 발생응력 검토

① 상부플랜지에 발생하는 응력은 다음을 만족해야 한다.

$f_f = f_{XTOP} + 1/3 \times f_L \leq f_a$

여기서, $f_{XTOP} = M / Z$: 상부플랜지 중심에서의 종방향응력

$f_L = f_{Lbend} + f_{LM/Rh} + f_{LP}$: 상부플랜지의 횡방향 휨응력

$f_{Lbend} = \dfrac{1.5 \cdot s \cdot S_{bend}}{bf^2 \cdot tf}$: 휨모멘트에 의한 횡방향휨응력

$f_{LM/Rh} = \dfrac{0.6 \cdot M \cdot s^2}{R \cdot h \cdot bf^2 \cdot tf}$: 수평곡률반경에 의한 횡방향휨응력

$f_{LP} = \dfrac{0.6 \cdot p \cdot s}{bf^2 \cdot tf}$: 연직력의 수평성분에 의한 횡방향 휨응력

$R = 300$: 거더의 수평곡률반경

h : 거더의 높이

② 위치별 상부플랜지의 횡방향 휨응력검토

부 재	M (kN·m)	h (m)	f_{xTop} (MPa)	f_L				f_f (MPa)	f_a (MPa)	판정	비고
				f_{Lbend} (MPa)	$f_{LM/Rh}$ (MPa)	f_{Lp} (MPa)	Total				
54,J지점	4259.06	3.00	-46.30	16.93	4.44	6.19	27.55	-55.48	-122.80	O.K	
55,J지점	8625.75	3.00	-93.76	34.29	8.99	6.19	49.46	-110.25	-122.80	O.K	
56,J지점	12300.04	3.00	-109.71	31.87	9.32	4.50	45.69	-124.94	-232.30	O.K	
57,J지점	15899.82	3.00	-141.82	41.20	12.05	4.50	57.75	-161.07	-232.30	O.K	
58,J지점	18382.92	3.00	-146.88	38.64	11.78	3.81	54.23	-164.95	-287.50	O.K	
59,J지점	19736.01	3.00	-157.69	41.48	12.65	3.81	57.94	-177.00	-287.50	O.K	
60,J지점	19965.23	3.00	-159.52	41.96	12.80	3.81	58.57	-179.04	-287.50	O.K	
61,J지점	19069.83	3.00	-152.36	40.08	12.22	3.81	56.11	-171.07	-287.50	O.K	
62,J지점	17028.67	3.00	-151.89	44.13	12.90	4.50	61.53	-172.40	-232.32	O.K	
63,J지점	13838.50	3.00	-123.44	35.86	10.48	4.50	14.98	-128.43	-232.32	O.K	
64,J지점	9488.93	3.00	-97.98	31.78	8.79	5.50	14.28	-102.74	-155.52	O.K	
65,J지점	3998.59	3.01	-41.53	13.47	3.69	5.50	9.19	-44.59	-155.52	O.K	
66,J지점	-2639.47	3.07	25.02	8.62	2.69	6.19	17.49	30.85	287.50	O.K	
67,J지점	-10433.14	3.17	70.69	25.95	11.76	7.07	44.78	85.62	287.50	O.K	
68,J지점	-19447.83	3.32	100.96	0.00	0.72	0.03	0.75	101.21	287.50	O.K	
16,J지점	-30434.19	3.52	150.69	0.00	1.06	0.03	1.09	151.06	287.50	O.K	
17,J지점	-44875.55	3.70	138.06	0.00	0.80	0.02	0.82	138.33	287.50	O.K	
18,J지점	-33741.03	3.47	142.53	0.00	0.93	0.02	0.95	142.84	287.50	O.K	
72,J지점	-23361.37	3.11	116.27	0.00	0.72	0.02	0.74	116.52	287.50	O.K	
73,J지점	-15153.13	2.83	113.80	39.20	16.71	6.19	62.10	134.50	287.50	O.K	
74,J지점	-8466.56	2.64	90.58	31.20	10.02	6.19	47.40	106.38	287.50	O.K	
75,J지점	-2987.09	2.53	41.70	14.36	3.69	6.19	24.24	49.78	287.50	O.K	
76,J지점	1371.26	2.50	-19.31	6.65	1.71	6.19	14.55	-24.16	-122.80	O.K	

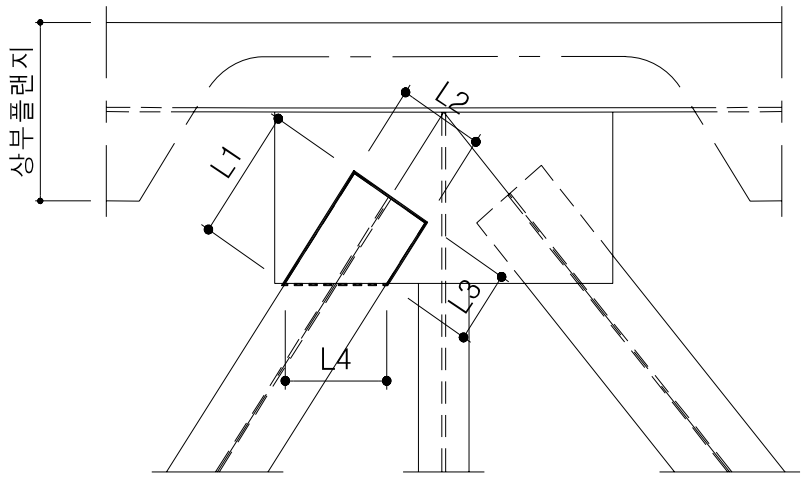
② 위치별 상부플랜지의 횡방향 휨응력검토 - 계속

부 재	M (kN·m)	h (m)	f_{xTop} (MPa)	f_L				f_f (MPa)	f_a (MPa)	판정	비고
				f_{Lbend} (MPa)	$f_{LM/Rh}$ (MPa)	f_{Lp} (MPa)	Total				
77,J지점	4618.44	2.50	-65.03	22.40	5.77	6.19	34.36	-76.49	-122.80	O.K	
78,J지점	6765.90	2.50	-95.27	32.81	8.46	6.19	47.46	-111.09	-122.80	O.K	
79,J지점	7820.28	2.50	-110.12	37.93	9.78	6.19	53.89	-128.08	-122.80	N.G	
80,J지점	7783.00	2.50	-109.59	37.75	9.73	6.19	53.66	-127.48	-122.80	N.G	
81,J지점	6653.23	2.50	-93.69	32.27	8.32	6.19	46.77	-109.28	-122.80	O.K	
82,J지점	4431.10	2.50	-62.40	21.49	5.54	6.19	33.21	-73.47	-122.80	O.K	
30,J지점	1111.80	2.50	-15.66	5.39	1.39	6.19	12.97	-19.98	-122.80	O.K	
84,J지점	-3325.69	2.53	46.42	15.99	4.11	6.19	26.28	55.18	287.50	O.K	
85,J지점	-8882.88	2.64	95.03	32.73	10.51	6.19	49.43	111.51	287.50	O.K	
86,J지점	-15644.90	2.83	117.49	40.47	17.26	6.19	63.91	138.79	287.50	O.K	
87,J지점	-23949.79	3.11	119.20	0.00	0.73	0.02	0.76	119.45	287.50	O.K	
35,J지점	-34219.31	3.47	144.55	0.00	0.94	0.02	0.96	144.87	287.50	O.K	
36,J지점	-44620.96	3.70	137.27	0.00	0.80	0.02	0.81	137.55	287.50	O.K	
90,J지점	-31325.45	3.52	155.11	0.00	1.09	0.03	1.12	155.48	287.50	O.K	
91,J지점	-21088.00	3.32	109.47	0.00	0.78	0.03	0.81	109.74	287.50	O.K	
92,J지점	-11959.57	3.17	81.04	37.76	13.48	7.07	58.31	100.47	287.50	O.K	
93,J지점	-3425.20	3.07	32.46	14.47	3.49	6.19	24.15	40.51	287.50	O.K	
41,J지점	3897.26	3.01	-40.48	17.30	3.60	5.50	26.39	-49.28	-155.52	O.K	
95,J지점	9583.46	3.00	-98.95	42.29	8.87	5.50	56.66	-117.84	-155.52	O.K	
96,J지점	14236.26	3.00	-126.98	50.11	10.79	4.50	65.40	-148.78	-232.32	O.K	
97,J지점	17682.53	3.00	-157.72	45.82	13.40	4.50	63.72	-178.96	-232.32	O.K	
98,J지점	19939.61	3.00	-159.31	41.91	12.78	3.81	58.50	-178.81	-287.50	O.K	
99,J지점	20973.10	3.00	-167.57	44.08	13.44	3.81	61.33	-188.01	-287.50	O.K	
100,J지점	20778.51	3.00	-166.02	43.67	13.32	3.81	60.80	-186.28	-287.50	O.K	
101,J지점	19354.41	3.00	-154.64	40.68	12.41	3.81	56.89	-173.60	-287.50	O.K	
102,J지점	16694.65	3.00	-148.91	58.77	12.65	4.50	75.91	-174.22	-232.30	O.K	
103,J지점	12834.08	3.00	-114.48	45.18	9.72	4.50	59.40	-134.28	-232.30	O.K	
104,J지점	8946.48	3.00	-97.25	43.36	9.32	6.19	58.86	-116.87	-122.80	O.K	
105,J지점	4398.08	3.00	-47.81	21.32	4.58	6.19	32.08	-58.50	-122.80	O.K	

6) 이음부 설계

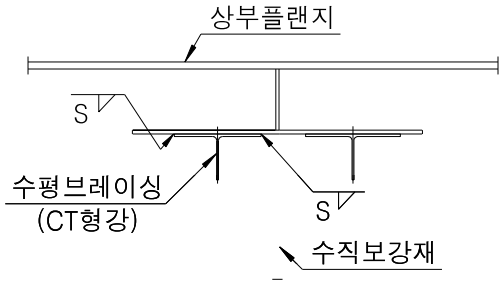
가) 사재 : (검토위치 92,J지점)

① 용접부 응력검토



- 사재 제원 : T- 170 × 250 × 9.0 × 14
- 거세트판 두께 : 12 mm
- 필렛용접 최소치수

두꺼운쪽 모재 두께	최소 필렛용접 치수
20mm 이하	6 mm
20mm 초과	8 mm



- 필렛용접 치수 범위 결정

t1 : 얇은 쪽 모재 두께 , 12 mm

t2 : 두꺼운 쪽 모재 두께 , 12 mm

t1 > S > √(2xt2) = 12 > S ≥ 6

- 필렛용접 치수 S 결정

S = 6 mm 적용

- 용접길이 산정 및 용접부 전단응력 검토

최소용접길이 Lmin은 10xS 및 80mm 이상으로 한다.

L1 = 250 mm > 80 mm ∴ **O.K**

L2 = 250 mm > 80 mm ∴ **O.K**

L3 = 250 mm > 80 mm ∴ **O.K**

L4 = 250 mm > 80 mm ∴ **O.K**

L = L1 + L2 + L3 + L4 = 250 + 250 + 250 + 250 = 1000 mm

A = L x S x 0.707 = 1000 x 6 x 0.707 = 4242 ㎟

$$fv = \frac{F}{A} = \frac{296,412}{4,242} = 69.9 < \mathbf{100.0}\ \text{Mpa} \quad \therefore \mathbf{O.K}$$

※ 본 부재는 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.
1.25x80=100MPa를 적용 함.

② 위치별 사재 용접검토

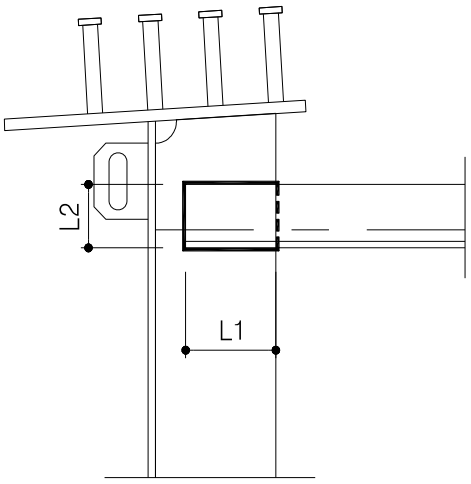
부 재	사재 제원	작용력		용접두께	용접길이	용접부 응력검토			판 정	비고
		인장력	압축력	S	L	A	작용응력	허용응력		
		(kN)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)		
54,J지점	T-150×150×6.5×9	8.0	62.6	6	800	3394	18.5	100.0	O.K	
55,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	94.9	6	800	3394	28.0	100.0	O.K	
56,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	108.9	6	800	3394	32.1	100.0	O.K	
57,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	128.9	6	800	3394	38.0	100.0	O.K	
58,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	138.6	6	800	3394	40.9	100.0	O.K	
59,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	145.4	6	800	3394	42.8	100.0	O.K	
60,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	144.5	6	800	3394	42.6	100.0	O.K	
61,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	135.3	6	800	3394	39.9	100.0	O.K	
62,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	118.3	6	800	3394	34.8	100.0	O.K	
63,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	86.9	6	800	3394	25.6	100.0	O.K	
64,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	66.3	6	800	3394	19.5	100.0	O.K	
65,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	45.8	6	800	3394	13.5	100.0	O.K	
66,J지점	T-150×150×6.5×9	40.2	12.4	6	800	3394	11.9	100.0	O.K	
67,J지점	T-150×150×6.5×9	55.5	0.0	6	800	3394	16.4	100.0	O.K	
68,J지점										P1: 폐합
16,J지점										P1: 폐합
17,J지점										P1:충복식
18,J지점										P1: 폐합
72,J지점										P1: 폐합
73,J지점	T-150×150×6.5×9	67.7	0.0	6	800	3394	19.9	100.0	O.K	
74,J지점	T-150×150×6.5×9	100.1	0.0	6	800	3394	29.5	100.0	O.K	
75,J지점	T-150×150×6.5×9	100.6	54.2	6	800	3394	29.6	100.0	O.K	
76,J지점	T-150×150×6.5×9	80.2	101.6	6	800	3394	29.9	100.0	O.K	
77,J지점	T-150×150×6.5×9	50.7	123.0	6	800	3394	36.3	100.0	O.K	
78,J지점	T-150×150×6.5×9	14.6	120.6	6	800	3394	35.5	100.0	O.K	
79,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	98.4	6	800	3394	29.0	100.0	O.K	
80,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	62.5	6	800	3394	18.4	100.0	O.K	
81,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	86.2	6	800	3394	25.4	100.0	O.K	
82,J지점	T-150×150×6.5×9	29.1	98.5	6	800	3394	29.0	100.0	O.K	
30,J지점	T-150×150×6.5×9	83.2	100.6	6	800	3394	29.6	100.0	O.K	
84,J지점	T-150×150×6.5×9	109.8	58.2	6	800	3394	32.4	100.0	O.K	
85,J지점	T-150×150×6.5×9	119.7	14.0	6	800	3394	35.3	100.0	O.K	
86,J지점	T-150×150×6.5×9	102.4	0.0	6	800	3394	30.2	100.0	O.K	
87,J지점										P2: 폐합
35,J지점										P2: 폐합
36,J지점										P2:충복식
90,J지점										P2: 폐합
91,J지점										P2: 폐합
92,J지점	T-170×250×9×14	296.4	189.7	6	1000	4242	69.9	100.0	O.K	
93,J지점	T-170×250×9×14	220.9	174.2	6	1000	4242	52.1	100.0	O.K	
41,J지점	T-170×250×9×14	213.6	276.4	6	1000	4242	65.2	100.0	O.K	
95,J지점	T-170×250×9×14	170.5	324.1	6	1000	4242	76.4	100.0	O.K	
96,J지점	T-170×250×9×14	109.1	331.6	6	1000	4242	78.2	100.0	O.K	
97,J지점	T-150×150×6.5×9	68.8	272.3	6	800	3394	80.2	100.0	O.K	
98,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	213.2	6	800	3394	62.8	100.0	O.K	
99,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	145.5	6	800	3394	42.9	100.0	O.K	
100,J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	162.9	6	800	3394	48.0	100.0	O.K	
101,J지점	T-150×150×6.5×9	18.1	231.6	6	800	3394	68.2	100.0	O.K	
102,J지점	T-170×250×9×14	65.1	326.0	6	1000	4242	76.9	100.0	O.K	
103,J지점	T-170×250×9×14	156.3	356.9	6	1000	4242	84.1	100.0	O.K	
104,J지점	T-170×250×9×14	238.4	378.4	6	1000	4242	89.2	100.0	O.K	
105,J지점	T-170×250×9×14	312.0	380.8	6	1000	4242	89.8	100.0	O.K	

나) 수직재 : (검토위치 58,J지점)

① 용접부 검토 (☞ 도.설 3.5.2.4 ~ 3.5.2.7)

- 수직재 제원 : L- 100 × 100 × 10
- 수직보강재 두께 : 16 ㎜
- 필렛용접 최소치수

두꺼운쪽 모재 두께	최소 필렛용접 치수
20㎜ 이하	6 ㎜
20㎜ 초과	8 ㎜



- 필렛용접 치수 범위 결정

t1 : 얇은 쪽 모재 두께 , 10 ㎜

t2 : 두꺼운 쪽 모재 두께 , 16 ㎜

t1 > S > √(2xt2) = 10 > S ≥ 6

- 필렛용접 치수 S 결정

S = **6** ㎜ 적용

- 용접길이 산정 및 용접부 전단응력 검토

최소용접길이 Lmin은 10xS 및 80㎜ 이상으로 한다.

L1 = **150** ㎜ > 80 ㎜ ∴ **O.K**

L2 = **100** ㎜ > 80 ㎜ ∴ **O.K**

A = (L1 + L2) x 2 x S x 0.707

= (150 + 100) x 2 x 6 x 0.707 = 2121 ㎟

$$fv = \frac{F}{A} = \frac{83,935}{2,121} = 39.6 < 100.0 \text{ Mpa}$$ ∴ **O.K**

※ 본 부재는 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.
1.25x80=100MPa를 적용 함.

② 위치별 수직재 용접이음부 검토

부 재	수직재 제원	작용력	용접 치수표			용접부 응력검토			판 정	비 고
			S	L1	L2	A	작용응력	허용응력		
		(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)		
54,J지점	L-100×100×10×10	37.3	6	150	100	2,121	17.6	100.0	O.K	
55,J지점	L-100×100×10×10	54.0	6	150	100	2,121	25.5	100.0	O.K	
56,J지점	L-100×100×10×10	63.7	6	150	100	2,121	30.0	100.0	O.K	
57,J지점	L-100×100×10×10	77.0	6	150	100	2,121	36.3	100.0	O.K	
58,J지점	L-100×100×10×10	83.9	6	150	100	2,121	39.6	100.0	O.K	
59,J지점	L-100×100×10×10	89.8	6	150	100	2,121	42.3	100.0	O.K	
60,J지점	L-100×100×10×10	92.1	6	150	100	2,121	43.4	100.0	O.K	
61,J지점	L-100×100×10×10	92.5	6	150	100	2,121	43.6	100.0	O.K	
62,J지점	L-100×100×10×10	89.8	6	150	100	2,121	42.4	100.0	O.K	
63,J지점	L-100×100×10×10	70.0	6	150	100	2,121	33.0	100.0	O.K	
64,J지점	L-100×100×10×10	63.1	6	150	100	2,121	29.7	100.0	O.K	
65,J지점	L-100×100×10×10	35.9	6	150	100	2,121	16.9	100.0	O.K	
66,J지점	L-100×100×10×10	12.2	6	150	100	2,121	5.8	100.0	O.K	
67,J지점	L-100×100×10×10	12.7	6	150	100	2,121	6.0	100.0	O.K	
68,J지점										P1: 폐합
16,J지점										P1: 폐합
17,J지점										P1:충복식
18,J지점										P1: 폐합
72,J지점										P1: 폐합
73,J지점	L-100×100×10×10	55.3	6	150	100	2,121	26.1	100.0	O.K	
74,J지점	L-100×100×10×10	35.0	6	150	100	2,121	16.5	100.0	O.K	
75,J지점	L-100×100×10×10	10.1	6	150	100	2,121	4.8	100.0	O.K	
76,J지점	L-100×100×10×10	26.2	6	150	100	2,121	12.4	100.0	O.K	
77,J지점	L-100×100×10×10	53.1	6	150	100	2,121	25.0	100.0	O.K	
78,J지점	L-100×100×10×10	71.6	6	150	100	2,121	33.8	100.0	O.K	
79,J지점	L-100×100×10×10	80.4	6	150	100	2,121	37.9	100.0	O.K	
80,J지점	L-100×100×10×10	78.3	6	150	100	2,121	36.9	100.0	O.K	
81,J지점	L-100×100×10×10	70.5	6	150	100	2,121	33.3	100.0	O.K	
82,J지점	L-100×100×10×10	58.0	6	150	100	2,121	27.3	100.0	O.K	
30,J지점	L-100×100×10×10	27.5	6	150	100	2,121	13.0	100.0	O.K	
84,J지점	L-100×100×10×10	11.9	6	150	100	2,121	5.6	100.0	O.K	
85,J지점	L-100×100×10×10	38.1	6	150	100	2,121	18.0	100.0	O.K	
86,J지점	L-100×100×10×10	46.4	6	150	100	2,121	21.9	100.0	O.K	
87,J지점										P2: 폐합
35,J지점										P2: 폐합
36,J지점										P2:충복식
90,J지점										P2: 폐합
91,J지점										P2: 폐합
92,J지점	L-100×100×10×10	48.8	6	150	100	2,121	23.0	100.0	O.K	
93,J지점	L-100×100×10×10	32.4	6	150	100	2,121	15.3	100.0	O.K	
41,J지점	L-100×100×10×10	38.8	6	150	100	2,121	18.3	100.0	O.K	
95,J지점	L-100×100×10×10	85.1	6	150	100	2,121	40.1	100.0	O.K	
96,J지점	L-100×100×10×10	122.9	6	150	100	2,121	57.9	100.0	O.K	
97,J지점	L-100×100×10×10	128.2	6	150	100	2,121	60.4	100.0	O.K	
98,J지점	L-100×100×10×10	137.6	6	150	100	2,121	64.9	100.0	O.K	
99,J지점	L-100×100×10×10	105.1	6	150	100	2,121	49.6	100.0	O.K	
100,J지점	L-100×100×10×10	142.7	6	150	100	2,121	67.3	100.0	O.K	
101,J지점	L-100×100×10×10	133.7	6	150	100	2,121	63.1	100.0	O.K	
102,J지점	L-100×100×10×10	143.0	6	150	100	2,121	67.4	100.0	O.K	
103,J지점	L-100×100×10×10	117.0	6	150	100	2,121	55.1	100.0	O.K	
104,J지점	L-100×100×10×10	87.8	6	150	100	2,121	41.4	100.0	O.K	
105,J지점	L-100×100×10×10	64.3	6	150	100	2,121	30.3	100.0	O.K	

10. 전단연결재 설계

10.1 상부바닥판 전단연결재

1) 합성후 하중에 의한 수평 전단력

(☞ 도.설.해 3.9.5.2)

※ 고려하는 단면의 휨모멘트의 부호에 관계없이 바닥판 콘크리트의 단면을 유효로 하여 전단연결재의 계산을 하는 것으로 한다. (☞ 도.설.해 3.9.5.7)

$$S_v = \frac{V \cdot Q_{vc}}{I_v}$$

$$Q_{vc} = \frac{A_c}{n} \cdot d_{vc}$$

여기서, S_v = 설계 대상 단면의 슬래브와 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

V = 합성후 하중에 의한 수직전단력[활하중 포함] (N)

Q_{vc} = 정모멘트부 콘크리트의 환산단면 또는 부모멘트부 철근면적의 합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm^3)

A_c = 바닥판 콘크리트 또는 철근의 단면적 (mm^2)

I_v = 합성단면의 단면2차모멘트 (mm^4)

d_{vc} = 합성단면 도심에서 바닥판 콘크리트 또는 철근 도심까지 거리(mm)

※ V_d : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력, V_A : 합성후 고정하중에 의한 수직전단력을 제외한 전단력 (충격계수를 포함한 활하중 포함)

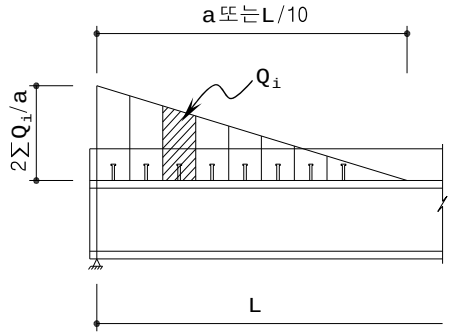
절점	단면 TYPE	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_d (kN)	V_a (kN)	V_d+V_a (kN)	S_v (N/mm)
1	1	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	493.4	897.0	1,390.4	506.4
2	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	441.8	744.7	1,186.5	380.4
3	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	374.9	674.4	1,049.4	336.4
4	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	307.5	619.0	926.5	297.0
5	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	223.0	555.5	778.5	249.6
6	2	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	138.5	495.5	634.0	189.9
7	2	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	53.8	440.1	493.9	147.9
8	3	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	31.0	389.8	420.8	126.1
9	3	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	115.2	396.0	511.2	153.1
10	4	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	198.8	447.6	646.4	186.4
11	4	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	281.5	504.9	786.4	226.8
12	5	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	363.9	567.4	931.3	278.9
13	6	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	446.6	636.7	1,083.3	344.4
14	8	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	531.2	717.1	1,248.2	355.8
15	8	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	624.9	810.1	1,435.0	409.0
16	9	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	744.4	974.0	1,718.4	426.9
17	10	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	901.1	1,350.2	2,251.3	491.1
18	11	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	905.2	1,594.1	2,499.3	447.1
19	11	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	766.6	1,180.9	1,947.5	348.4
20	12	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	643.8	964.6	1,608.5	336.5
21	13	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	547.3	849.6	1,396.9	332.1
22	14	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	459.1	765.2	1,224.2	391.2
23	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	374.2	691.4	1,065.6	401.6
24	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	290.6	627.0	917.6	345.8
25	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	207.5	566.9	774.5	291.9
26	17	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	123.8	511.4	635.2	243.0
27	17	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	39.6	460.9	500.5	191.5
28	17	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	44.6	415.4	460.0	176.0
29	17	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	128.4	451.8	580.2	222.0
30	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	211.6	508.1	719.7	271.2
31	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	295.3	569.6	864.8	325.9
32	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	380.0	638.2	1,018.1	383.7
33	14	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	467.1	715.0	1,182.1	377.7
34	13	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	559.3	819.2	1,378.5	327.7

절점	단면 TYPE	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_d (kN)	V_a (kN)	V_d+V_a (kN)	S_v (N/mm)
35	12	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	665.5	1,006.6	1,672.1	349.8
36	11	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	795.6	1,378.9	2,174.5	389.0
37	11	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	962.5	1,483.9	2,446.4	437.7
38	10	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	827.2	1,095.6	1,922.8	419.5
39	9	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	707.6	937.0	1,644.6	408.6
40	8	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	607.7	847.6	1,455.3	414.8
41	8	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	524.4	759.4	1,283.8	365.9
42	6	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	442.1	684.8	1,126.9	358.2
43	5	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	363.3	617.6	980.8	293.8
44	4	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	282.3	555.3	837.6	241.5
45	4	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	198.4	499.6	698.0	201.3
46	3	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	114.6	448.6	563.2	168.7
47	3	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	30.6	402.5	433.1	129.7
48	2	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	53.6	381.0	434.6	130.2
49	2	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	137.7	437.9	575.7	172.4
50	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	223.1	501.6	724.7	232.3
51	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	306.4	571.9	878.3	281.6
52	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	372.3	629.7	1,002.0	321.3
53	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	428.3	722.8	1,151.1	369.1
54	1	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	483.4	853.6	1,337.0	486.9
55	1	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	501.6	945.9	1,447.5	527.1
56	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	440.6	757.5	1,198.1	384.1
57	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	373.0	677.5	1,050.6	336.8
58	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	306.0	624.7	930.8	298.4
59	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	222.5	560.9	783.4	251.2
60	2	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	138.8	499.8	638.6	191.3
61	2	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	55.6	445.1	500.6	149.9
62	3	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	27.7	395.6	423.2	126.8
63	3	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	111.6	408.4	520.0	155.8
64	4	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	196.4	462.8	659.2	190.1
65	4	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	282.1	524.3	806.5	232.6
66	5	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	368.5	591.1	959.6	287.4
67	6	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	454.7	662.4	1,117.1	355.1
68	8	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	539.2	744.8	1,284.0	366.0
69	8	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	614.7	820.2	1,434.9	409.0
70	9	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	664.7	922.8	1,587.5	394.4
71	10	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	677.8	1,163.8	1,841.6	401.7
72	11	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	667.8	1,382.7	2,050.5	366.8
73	11	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	670.8	1,101.5	1,772.3	317.1
74	12	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	623.9	964.6	1,588.6	332.3
75	13	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	550.8	875.5	1,426.4	339.1
76	14	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	469.4	798.0	1,267.4	405.0
77	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	384.6	720.7	1,105.4	416.6
78	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	298.5	650.5	949.0	357.7
79	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	211.9	582.8	794.6	299.5
80	17	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	125.9	522.2	648.1	247.9
81	17	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	40.3	468.4	508.7	194.6
82	17	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	45.3	420.3	465.7	178.1
83	17	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	131.3	476.4	607.7	232.4
84	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	218.0	540.0	758.0	285.7
85	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	304.2	607.3	911.4	343.5
86	16	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	389.3	680.0	1,069.3	403.0
87	14	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	472.1	751.5	1,223.5	390.9
88	13	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	549.8	833.6	1,383.3	328.8

절점	단면 TYPE	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_d (kN)	V_a (kN)	V_d+V_a (kN)	S_v (N/mm)
89	12	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	613.5	959.5	1,573.0	329.1
90	11	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	653.3	1,186.2	1,839.5	329.1
91	11	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	798.6	1,333.2	2,131.9	381.4
92	10	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	764.0	1,053.3	1,817.3	396.5
93	9	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	713.9	959.7	1,673.5	415.7
94	8	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	643.9	892.9	1,536.8	438.1
95	8	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	557.4	803.4	1,360.8	387.9
96	6	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	469.8	724.3	1,194.1	379.6
97	5	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	378.7	646.8	1,025.5	307.2
98	4	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	289.8	577.2	867.0	250.0
99	4	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	203.8	518.1	721.9	208.2
100	3	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	117.7	463.3	581.0	174.0
101	3	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	31.8	414.0	445.8	133.5
102	2	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	53.9	399.9	453.8	135.9
103	2	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	139.7	460.2	599.9	179.7
104	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	224.2	524.1	748.4	239.9
105	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	310.9	600.6	911.5	292.2
106	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	380.8	666.5	1,047.3	335.8
107	1	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	460.8	801.2	1,262.0	404.6
108	1	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	516.8	921.5	1,438.3	523.8

2) 건조수축 및 온도차에 의한 수평전단력

(☞ 도.설.해 3.9.5.3)



주거더 간격 a = 2.200 m (시점부)

L / 10 = 257.000 / 10 = 25.700 m

∴ 전단 분포폭 = 2.200 m (시점부)

주거더 간격 a = 2.200 m (종점부)

L / 10 = 257.000 / 10 = 25.700 m

∴ 전단 분포폭 = 2.200 m (종점부)

※ L을 취하는 방법 : (1) 단순합성거더의 경우 L : 지간

(2) 연속합성거더의 경우 L : 지간의 합계

▪ 건조수축에 의한 전단력(GIRDER 계산 단면 TYPE -1 참조) (시점부)

$n_2 = n\cdot(1 + \phi_1/2)$ = 7.0 × (1 + 4.0 / 2) = 21.0

A_s = 115,600.0 mm^2 I_s = 1.344E+11 mm^4

A_c = 2,097,000.0 mm^2 I_c = 3.795E+10 mm^4

d = 1,829.7 mm (강재도심과 Con'c중심간 거리)

$p_2 = E_s\cdot\varepsilon_s\cdot A_c/n_2$ = 205,000×0.00027×2,097,000/21.0 = 5.527E+06 N

E_s = 205,000.0 MPa (강재의 탄성계수)

ε_s = 0.000270 (콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율)

$$F_2 = \frac{1}{1+\frac{A_c}{n_2\cdot A_s}+\frac{A_c\cdot d^2}{I_c+n_2\cdot I_s}}$$

F_2 = 1 + [1 + {2,097,000/(21×115,600)} + {(2,097,000×1,830²)
/ (37,948,011,000 + 21.0×134,412,784,178)}] = 0.232

$N_{cs} = p_2 \cdot F_2$ = 5,527,092.9 × 0.232 = 1.280E+06 N

$S_s = 2\cdot N_{cs} / a$ = 2 × 1,280,052.1 / 2.200 = 1,163.7 N/mm

▪ 건조수축에 의한 전단력(GIRDER 계산 단면 TYPE -1 참조) (종점부)

$n_2 = n\cdot(1 + \phi_1/2)$ = 7.0 × (1 + 4.0 / 2) = 21.0

A_s = 115,600.0 mm^2 I_s = 1.344E+11 mm^4

A_c = 2,097,000.0 mm^2 I_c = 3.795E+10 mm^4

d = 1,829.7 mm (강재도심과 Con'c중심간 거리)

$p_2 = E_s\cdot\varepsilon_s\cdot A_c/n_2$ = 205,000×0.00027×2,097,000/21.0 = 5.527E+06 N

E_s = 205,000.0 MPa (강재의 탄성계수)

ε_s = 0.000270 (콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율)

$$F_2 = \frac{1}{1+\frac{A_c}{n_2\cdot A_s}+\frac{A_c\cdot d^2}{I_c+n_2\cdot I_s}}$$

F_2 = 1 + [1 + {2,097,000/(21×115,600)} + {(2,097,000×1,830²)
/ (37,948,011,000 + 21.0×134,412,784,178)}] = 0.232

$N_{cs} = p_2 \cdot F_2$ = 5,527,092.9 × 0.232 = 1.280E+06 N

$S_s = 2\cdot N_{cs} / a$ = 2 × 1,280,052.1 / 2.200 = 1,163.7 N/mm

▪ 온도차에 의한 전단력 (시점부)

n = 7.0

A_s = 115,600.0 mm^2 I_s = 1.344E+11 mm^4

A_c = 2,097,000.0 mm^2 I_c = 3.795E+10 mm^4

d = 1,829.7 mm (강재도심과 Con'c중심간 거리)

$p_1 = E_s \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot A_c / n$ = 205,000×0.000012×10.0×2,097,000/7.0 = 7.369E+06 N

E_s = 205,000.0 MPa (강재의 탄성계수)

α = 0.000012 (강재 및 콘크리트의 선팽창계수)

Δt = 10.0 °C (바닥판 콘크리트와 강재와의 온도차)

$$F_1 = \frac{1}{1+\frac{A_c}{n \cdot A_s}+\frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n \cdot I_s}}$$

F_1 = 1 + [1 + {2,097,000/(7×115,600)} + {(2,097,000×1,830²) / (37,948,011,000 + 7.0×134,412,784,178)}] = 0.093

$N_{cs} = p_1 \cdot F_2$ = 7,369,457.1 × 0.093 = 6.847E+05 N

$S_t = 2 \cdot N_{cs} / a$ = 2 × 684,682.7 / 2.200 = 622.4 N/mm

▪ 온도차에 의한 전단력 (종점부)

n = 7.0

A_s = 115,600.0 mm^2 I_s = 1.344E+11 mm^4

A_c = 2,097,000.0 mm^2 I_c = 3.795E+10 mm^4

d = 1,829.7 mm (강재도심과 Con'c중심간 거리)

$p_1 = E_s \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot A_c / n$ = 205,000×0.000012×10.0×2,097,000/7.0 = 7.369E+06 N

E_s = 205,000.0 MPa (강재의 탄성계수)

α = 0.000012 (강재 및 콘크리트의 선팽창계수)

Δt = 10.0 °C (바닥판 콘크리트와 강재와의 온도차)

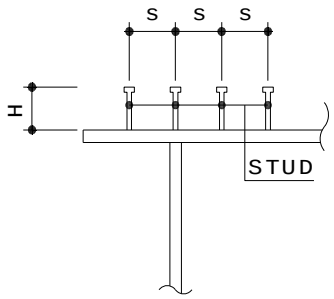
$$F_1 = \frac{1}{1+\frac{A_c}{n \cdot A_s}+\frac{A_c \cdot d^2}{I_c + n \cdot I_s}}$$

F_1 = 1 + [1 + {2,097,000/(7×115,600)} + {(2,097,000×1,830²) / (37,948,011,000 + 7.0×134,412,784,178)}] = 0.093

$N_{cs} = p_1 \cdot F_2$ = 7,369,457.1 × 0.093 = 6.847E+05 N

$S_t = 2 \cdot N_{cs} / a$ = 2 × 684,682.7 / 2.200 = 622.4 N/mm

3) STUD의 설계



s = 100.0 mm (s : STUD의 횡방향 배치간격)

d = 25.0 mm (d : STUD의 직경)

H = 150.0 mm (H : STUD의 전높이)

n = 8 본 (n : STUD의 횡방향 개수)

▪ STUD의 허용전단력 (☞ 도.설.해 3.9.5.6)

※ 전단연결재의 허용전단력은 다음 식으로 계산하고 바닥판 콘크리트와 강재 주거더의 플랜지 사이의 부착력은 무시한다.

H/d = 150.0 / 25.0 = 6.000 ≥ 5.50

Q_a = 9.50 × d^2 × $\sqrt{(f_{ck})}$ = 30,852.2 N/본 ∵ f_{ck} = 27.0 MPa

$\sum Q_a$ = 30,852.2 × 8.0 = 246,817.2 N

여기서, Q_a : 전단연결재의 허용전단력(N)

H : 스터드의 전 높이로서 150mm 정도를 표준으로 한다. (mm)

d : 스터드의 줄기의 지름으로서 19mm, 22mm, 25mm로 한다. (mm)

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준강도 (MPa)

4) 하중조합 및 STUD의 배치

▪ STUD의 배치간격

$d_o = \sum Q_a / S$ (S : 수평전단력)

절점	하 중 조 합 (N/mm)					횡방향 개수 n	소요 간격 d_o	배치 간격	비 고	
	S_v	S_s	S_t	S_v+S_t	S_s+S_t					
1	506.4	1,163.7	622.4	1,128.8	1,786.1	8	138.2mm	125.0mm	O.K	A1
2	380.4	0.0	0.0	380.4	0.0	8	648.8mm	250.0mm	O.K	
3	336.4	0.0	0.0	336.4	0.0	8	733.6mm	450.0mm	O.K	
4	297.0	0.0	0.0	297.0	0.0	8	830.9mm	450.0mm	O.K	
5	249.6	0.0	0.0	249.6	0.0	8	988.9mm	450.0mm	O.K	
6	189.9	0.0	0.0	189.9	0.0	8	1299.7mm	450.0mm	O.K	
7	147.9	0.0	0.0	147.9	0.0	8	1668.5mm	450.0mm	O.K	
8	126.1	0.0	0.0	126.1	0.0	8	1958.1mm	450.0mm	O.K	
9	153.1	0.0	0.0	153.1	0.0	8	1611.8mm	450.0mm	O.K	
10	186.4	0.0	0.0	186.4	0.0	8	1324.1mm	450.0mm	O.K	
11	226.8	0.0	0.0	226.8	0.0	8	1088.4mm	450.0mm	O.K	
12	278.9	0.0	0.0	278.9	0.0	8	884.8mm	450.0mm	O.K	
13	344.4	0.0	0.0	344.4	0.0	8	716.7mm	450.0mm	O.K	
14	355.8	0.0	0.0	355.8	0.0	8	693.7mm	450.0mm	O.K	
15	409.0	0.0	0.0	409.0	0.0	8	603.4mm	450.0mm	O.K	
16	426.9	0.0	0.0	426.9	0.0	8	578.2mm	450.0mm	O.K	
17	491.1	0.0	0.0	491.1	0.0	8	502.5mm	450.0mm	O.K	
18	447.1	0.0	0.0	447.1	0.0	8	552.0mm	450.0mm	O.K	P1
19	348.4	0.0	0.0	348.4	0.0	8	708.4mm	450.0mm	O.K	
20	336.5	0.0	0.0	336.5	0.0	8	733.5mm	450.0mm	O.K	
21	332.1	0.0	0.0	332.1	0.0	8	743.3mm	450.0mm	O.K	
22	391.2	0.0	0.0	391.2	0.0	8	631.0mm	450.0mm	O.K	
23	401.6	0.0	0.0	401.6	0.0	8	614.6mm	450.0mm	O.K	

절점	하 중 조 합 (N/mm)					횡방향 개수 n	소요 간격 d_o	배치 간격	비 고	
	S_v	S_s	S_t	S_v+S_t	S_s+S_t					
24	345.8	0.0	0.0	345.8	0.0	**8**	713.7mm	450.0mm	O.K	
25	291.9	0.0	0.0	291.9	0.0	**8**	845.6mm	450.0mm	O.K	
26	243.0	0.0	0.0	243.0	0.0	**8**	1015.9mm	450.0mm	O.K	
27	191.5	0.0	0.0	191.5	0.0	**8**	1289.2mm	450.0mm	O.K	
28	176.0	0.0	0.0	176.0	0.0	**8**	1402.7mm	450.0mm	O.K	
29	222.0	0.0	0.0	222.0	0.0	**8**	1112.0mm	450.0mm	O.K	
30	271.2	0.0	0.0	271.2	0.0	**8**	910.0mm	450.0mm	O.K	
31	325.9	0.0	0.0	325.9	0.0	**8**	757.2mm	450.0mm	O.K	
32	383.7	0.0	0.0	383.7	0.0	**8**	643.2mm	450.0mm	O.K	
33	377.7	0.0	0.0	377.7	0.0	**8**	653.5mm	450.0mm	O.K	
34	327.7	0.0	0.0	327.7	0.0	**8**	753.2mm	450.0mm	O.K	
35	349.8	0.0	0.0	349.8	0.0	**8**	705.6mm	450.0mm	O.K	
36	389.0	0.0	0.0	389.0	0.0	**8**	634.4mm	450.0mm	O.K	
37	437.7	0.0	0.0	437.7	0.0	**8**	563.9mm	450.0mm	O.K	P2
38	419.5	0.0	0.0	419.5	0.0	**8**	588.4mm	450.0mm	O.K	
39	408.6	0.0	0.0	408.6	0.0	**8**	604.1mm	450.0mm	O.K	
40	414.8	0.0	0.0	414.8	0.0	**8**	595.0mm	450.0mm	O.K	
41	365.9	0.0	0.0	365.9	0.0	**8**	674.5mm	450.0mm	O.K	
42	358.2	0.0	0.0	358.2	0.0	**8**	689.0mm	450.0mm	O.K	
43	293.8	0.0	0.0	293.8	0.0	**8**	840.1mm	450.0mm	O.K	
44	241.5	0.0	0.0	241.5	0.0	**8**	1021.9mm	450.0mm	O.K	
45	201.3	0.0	0.0	201.3	0.0	**8**	1226.2mm	450.0mm	O.K	
46	168.7	0.0	0.0	168.7	0.0	**8**	1463.0mm	450.0mm	O.K	
47	129.7	0.0	0.0	129.7	0.0	**8**	1902.6mm	450.0mm	O.K	
48	130.2	0.0	0.0	130.2	0.0	**8**	1896.0mm	450.0mm	O.K	
49	172.4	0.0	0.0	172.4	0.0	**8**	1431.4mm	450.0mm	O.K	
50	232.3	0.0	0.0	232.3	0.0	**8**	1062.3mm	450.0mm	O.K	
51	281.6	0.0	0.0	281.6	0.0	**8**	876.5mm	450.0mm	O.K	
52	321.3	0.0	0.0	321.3	0.0	**8**	768.3mm	450.0mm	O.K	
53	369.1	0.0	0.0	369.1	0.0	**8**	668.8mm	250.0mm	O.K	
54	486.9	1,163.7	622.4	1,109.3	1,786.1	**8**	138.2mm	125.0mm	O.K	A2
55	527.1	1,163.7	622.4	1,149.6	1,786.1	8	138.2mm	125.0mm	O.K	A1
56	384.1	0.0	0.0	384.1	0.0	8	642.6mm	250.0mm	O.K	
57	336.8	0.0	0.0	336.8	0.0	8	732.8mm	450.0mm	O.K	
58	298.4	0.0	0.0	298.4	0.0	8	827.1mm	450.0mm	O.K	
59	251.2	0.0	0.0	251.2	0.0	8	982.7mm	450.0mm	O.K	
60	191.3	0.0	0.0	191.3	0.0	8	1290.4mm	450.0mm	O.K	
61	149.9	0.0	0.0	149.9	0.0	8	1646.1mm	450.0mm	O.K	
62	126.8	0.0	0.0	126.8	0.0	8	1946.9mm	450.0mm	O.K	
63	155.8	0.0	0.0	155.8	0.0	8	1584.5mm	450.0mm	O.K	
64	190.1	0.0	0.0	190.1	0.0	8	1298.4mm	450.0mm	O.K	
65	232.6	0.0	0.0	232.6	0.0	8	1061.3mm	450.0mm	O.K	
66	287.4	0.0	0.0	287.4	0.0	8	858.7mm	450.0mm	O.K	
67	355.1	0.0	0.0	355.1	0.0	8	695.0mm	450.0mm	O.K	
68	366.0	0.0	0.0	366.0	0.0	8	674.4mm	450.0mm	O.K	
69	409.0	0.0	0.0	409.0	0.0	8	603.5mm	450.0mm	O.K	
70	394.4	0.0	0.0	394.4	0.0	8	625.9mm	450.0mm	O.K	
71	401.7	0.0	0.0	401.7	0.0	8	614.4mm	450.0mm	O.K	
72	366.8	0.0	0.0	366.8	0.0	8	672.8mm	450.0mm	O.K	P1
73	317.1	0.0	0.0	317.1	0.0	8	778.4mm	450.0mm	O.K	
74	332.3	0.0	0.0	332.3	0.0	8	742.7mm	450.0mm	O.K	
75	339.1	0.0	0.0	339.1	0.0	8	727.9mm	450.0mm	O.K	

절점	하 중 조 합 (N/mm)					횡방향 개수 n	소요 간격 d_o	배치 간격	비 고	
	S_v	S_s	S_t	S_v+S_t	S_s+S_t					
76	405.0	0.0	0.0	405.0	0.0	8	609.5mm	450.0mm	O.K	
77	416.6	0.0	0.0	416.6	0.0	8	592.5mm	450.0mm	O.K	
78	357.7	0.0	0.0	357.7	0.0	8	690.1mm	450.0mm	O.K	
79	299.5	0.0	0.0	299.5	0.0	8	824.2mm	450.0mm	O.K	
80	247.9	0.0	0.0	247.9	0.0	8	995.5mm	450.0mm	O.K	
81	194.6	0.0	0.0	194.6	0.0	8	1268.5mm	450.0mm	O.K	
82	178.1	0.0	0.0	178.1	0.0	8	1385.6mm	450.0mm	O.K	
83	232.4	0.0	0.0	232.4	0.0	8	1061.8mm	450.0mm	O.K	
84	285.7	0.0	0.0	285.7	0.0	8	864.0mm	450.0mm	O.K	
85	343.5	0.0	0.0	343.5	0.0	8	718.5mm	450.0mm	O.K	
86	403.0	0.0	0.0	403.0	0.0	8	612.5mm	450.0mm	O.K	
87	390.9	0.0	0.0	390.9	0.0	8	631.3mm	450.0mm	O.K	
88	328.8	0.0	0.0	328.8	0.0	8	750.6mm	450.0mm	O.K	
89	329.1	0.0	0.0	329.1	0.0	8	750.1mm	450.0mm	O.K	
90	329.1	0.0	0.0	329.1	0.0	8	750.0mm	450.0mm	O.K	
91	381.4	0.0	0.0	381.4	0.0	8	647.1mm	450.0mm	O.K	P2
92	396.5	0.0	0.0	396.5	0.0	8	622.5mm	450.0mm	O.K	
93	415.7	0.0	0.0	415.7	0.0	8	593.7mm	450.0mm	O.K	
94	438.1	0.0	0.0	438.1	0.0	8	563.4mm	450.0mm	O.K	
95	387.9	0.0	0.0	387.9	0.0	8	636.3mm	450.0mm	O.K	
96	379.6	0.0	0.0	379.6	0.0	8	650.2mm	450.0mm	O.K	
97	307.2	0.0	0.0	307.2	0.0	8	803.5mm	450.0mm	O.K	
98	250.0	0.0	0.0	250.0	0.0	8	987.1mm	450.0mm	O.K	
99	208.2	0.0	0.0	208.2	0.0	8	1185.5mm	450.0mm	O.K	
100	174.0	0.0	0.0	174.0	0.0	8	1418.4mm	450.0mm	O.K	
101	133.5	0.0	0.0	133.5	0.0	8	1848.6mm	450.0mm	O.K	
102	135.9	0.0	0.0	135.9	0.0	8	1815.9mm	450.0mm	O.K	
103	179.7	0.0	0.0	179.7	0.0	8	1373.6mm	450.0mm	O.K	
104	239.9	0.0	0.0	239.9	0.0	8	1028.7mm	450.0mm	O.K	
105	292.2	0.0	0.0	292.2	0.0	8	844.6mm	450.0mm	O.K	
106	335.8	0.0	0.0	335.8	0.0	8	735.1mm	450.0mm	O.K	
107	404.6	0.0	0.0	404.6	0.0	8	610.0mm	250.0mm	O.K	
108	523.8	1,163.7	622.4	1,146.2	1,786.1	8	138.2mm	125.0mm	O.K	A2

5) STUD 배치 간격 검토

(☞ 도.설.해 3.9.5.4, 3.9.5.5)

▪ STUD의 최대간격

※ 전단연결재의 최대 간격은 바닥판 콘크리트의 두께의 3배로 하고 600㎜를 넘지 않도록한다.
다만, 연속교의 내부지점부의 경우 높은 인장응력이 발생되는 곳의 전단연결재 설치를 피하기 위해 이 간격을 넓힐 수도 있다.

최대 간격 ⇒ 바닥판 두께의 3배 = 470.0 × 3 = 1,410.0 ㎜ 또는 600.0 ㎜ ⇒ 600.0 ㎜ 적용

적용 최대 간격 = 450.0 ㎜ ≤ 600.0 ㎜ ····· **O.K !!**

▪ STUD의 최소간격

- 교축방향 : 5 · d = 125.0 ㎜ 또는 100.0 ㎜ ≤ 125.0 ㎜ ····· **O.K !!**
- 교축직각방향 : d+30 = 55.0 ㎜ ≤ 100.0 ㎜ ····· **O.K !!**
- 최소연단순간격 : 25.0 ㎜ ≤ 130.0 - 12.5 = 117.5 ㎜ ····· **O.K !!**

6) 전단연결재의 피로설계

(☞ 도.설.해 3.9.5.9)

▪ 수평전단력 범위

$$S_r = \frac{V_r \cdot Q}{I_v}$$

여기서, S_r = 설계 대상 단면의 슬래브와 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

V_r = 합성후 하중에 의한 수직전단력[활하중 포함] (N)

Q = 정모멘트부 콘크리트의 환산단면 또는 부모멘트부 철근면적의 합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트 (mm^3)

A_c = 바닥판 콘크리트의 단면적 (mm^2)

I_v = 합성단면의 단면2차모멘트 (mm^4)

d_{vc} = 합성단면의 도심에서 바닥판 콘크리트 도심까지의 거리 (㎜)

▪ 허용수평전단력 범위

$Z_r = \beta \cdot d^2$ ⇒ 39.0 × 25.0 ² = 24,375.0 N (DB 하중의 경우)

⇒ 74.0 × 25.0 ² = 46,250.0 N (DL 하중의 경우)

여기서, Z_r : 전단연결재의 허용수평 전단력 범위 (N)

β : 39.0 (하중 반복회수 : DB 하중 = 2,000,000이상)

74.0 (하중 반복회수 : DL 하중 = 500,000.0)

▪ 피로를 고려한 전단연결재의 필요간격

$d_o = \sum Z_r / S_r$

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DB하중에 대한 검토)

절점	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고	
1	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	5.141E+05	187.2	8	1.950E+05	1041.6mm	125.0mm	O.K	A1
2	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	5.212E+05	167.1	8	1.950E+05	1167.0mm	250.0mm	O.K	
3	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	5.038E+05	161.5	8	1.950E+05	1207.1mm	450.0mm	O.K	
4	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	4.840E+05	155.2	8	1.950E+05	1256.5mm	450.0mm	O.K	
5	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	4.577E+05	146.7	8	1.950E+05	1329.0mm	450.0mm	O.K	
6	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	4.403E+05	131.9	8	1.950E+05	1478.7mm	450.0mm	O.K	
7	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	4.412E+05	132.2	8	1.950E+05	1475.5mm	450.0mm	O.K	
8	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	4.521E+05	135.4	8	1.950E+05	1439.9mm	450.0mm	O.K	
9	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	4.629E+05	138.7	8	1.950E+05	1406.3mm	450.0mm	O.K	
10	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	4.743E+05	136.8	8	1.950E+05	1425.7mm	450.0mm	O.K	
11	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	4.821E+05	139.0	8	1.950E+05	1402.7mm	450.0mm	O.K	
12	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	4.871E+05	145.9	8	1.950E+05	1336.7mm	450.0mm	O.K	
13	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	4.929E+05	156.7	8	1.950E+05	1244.5mm	450.0mm	O.K	
14	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	5.027E+05	143.3	8	1.950E+05	1361.0mm	450.0mm	O.K	
15	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	5.302E+05	151.1	8	1.950E+05	1290.4mm	450.0mm	O.K	
16	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	5.454E+05	135.5	8	1.950E+05	1439.3mm	450.0mm	O.K	
17	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	5.569E+05	121.5	8	1.950E+05	1605.0mm	450.0mm	O.K	
18	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	5.601E+05	100.2	8	1.950E+05	1946.1mm	450.0mm	O.K	P1
19	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	5.326E+05	95.3	8	1.950E+05	2046.4mm	450.0mm	O.K	
20	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	5.297E+05	110.8	8	1.950E+05	1759.8mm	450.0mm	O.K	
21	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	5.139E+05	122.2	8	1.950E+05	1596.2mm	450.0mm	O.K	
22	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	4.936E+05	157.7	8	1.950E+05	1236.3mm	450.0mm	O.K	
23	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	4.756E+05	179.2	8	1.950E+05	1088.0mm	450.0mm	O.K	
24	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	4.567E+05	172.1	8	1.950E+05	1132.8mm	450.0mm	O.K	
25	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	4.490E+05	169.2	8	1.950E+05	1152.3mm	450.0mm	O.K	
26	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	4.505E+05	172.3	8	1.950E+05	1131.5mm	450.0mm	O.K	
27	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	4.564E+05	174.6	8	1.950E+05	1116.8mm	450.0mm	O.K	
28	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	4.638E+05	177.4	8	1.950E+05	1099.0mm	450.0mm	O.K	
29	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	4.714E+05	180.3	8	1.950E+05	1081.3mm	450.0mm	O.K	
30	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	4.778E+05	180.1	8	1.950E+05	1082.8mm	450.0mm	O.K	
31	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	4.920E+05	185.4	8	1.950E+05	1051.7mm	450.0mm	O.K	
32	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	5.039E+05	189.9	8	1.950E+05	1026.7mm	450.0mm	O.K	
33	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	5.185E+05	165.7	8	1.950E+05	1177.1mm	450.0mm	O.K	
34	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	5.310E+05	126.2	8	1.950E+05	1545.0mm	450.0mm	O.K	
35	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	5.235E+05	109.5	8	1.950E+05	1780.4mm	450.0mm	O.K	
36	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	5.349E+05	95.7	8	1.950E+05	2037.7mm	450.0mm	O.K	
37	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	5.621E+05	100.6	8	1.950E+05	1939.2mm	450.0mm	O.K	P2
38	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	5.423E+05	118.3	8	1.950E+05	1648.2mm	450.0mm	O.K	
39	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	5.076E+05	126.1	8	1.950E+05	1546.3mm	450.0mm	O.K	
40	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	4.781E+05	136.3	8	1.950E+05	1430.9mm	450.0mm	O.K	
41	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	4.693E+05	133.8	8	1.950E+05	1457.8mm	450.0mm	O.K	
42	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	4.621E+05	146.9	8	1.950E+05	1327.3mm	450.0mm	O.K	
43	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	4.582E+05	137.3	8	1.950E+05	1420.7mm	450.0mm	O.K	
44	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	4.503E+05	129.9	8	1.950E+05	1501.7mm	450.0mm	O.K	
45	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	4.475E+05	129.0	8	1.950E+05	1511.1mm	450.0mm	O.K	
46	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	4.506E+05	135.0	8	1.950E+05	1444.9mm	450.0mm	O.K	
47	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	4.548E+05	136.2	8	1.950E+05	1431.5mm	450.0mm	O.K	
48	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	4.609E+05	138.1	8	1.950E+05	1412.4mm	450.0mm	O.K	
49	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	4.750E+05	142.3	8	1.950E+05	1370.6mm	450.0mm	O.K	
50	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	4.963E+05	159.1	8	1.950E+05	1225.6mm	450.0mm	O.K	
51	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	5.055E+05	162.1	8	1.950E+05	1203.2mm	450.0mm	O.K	
52	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	5.080E+05	162.9	8	1.950E+05	1197.3mm	450.0mm	O.K	
53	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	4.855E+05	155.6	8	1.950E+05	1252.9mm	250.0mm	O.K	
54	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	5.212E+05	189.8	8	1.950E+05	1027.3mm	125.0mm	O.K	A2

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DB하중에 대한 검토)

절점	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고	
55	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	7.285E+05	265.3	8	1.950E+05	743.1mm	125.0mm	O.K	A1
56	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	6.379E+05	204.5	8	1.950E+05	978.5mm	250.0mm	O.K	
57	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	6.382E+05	204.6	8	1.950E+05	953.0mm	450.0mm	O.K	
58	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	6.373E+05	204.3	8	1.950E+05	954.4mm	450.0mm	O.K	
59	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	6.287E+05	201.6	8	1.950E+05	967.5mm	450.0mm	O.K	
60	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	6.233E+05	186.7	8	1.950E+05	1044.4mm	450.0mm	O.K	
61	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	6.258E+05	187.4	8	1.950E+05	1040.3mm	450.0mm	O.K	
62	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	6.282E+05	188.2	8	1.950E+05	1036.3mm	450.0mm	O.K	
63	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	6.311E+05	189.0	8	1.950E+05	1031.5mm	450.0mm	O.K	
64	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	6.345E+05	183.0	8	1.950E+05	1065.6mm	450.0mm	O.K	
65	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	6.375E+05	183.8	8	1.950E+05	1060.7mm	450.0mm	O.K	
66	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	6.420E+05	192.3	8	1.950E+05	1014.0mm	450.0mm	O.K	
67	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	6.456E+05	205.2	8	1.950E+05	950.1mm	450.0mm	O.K	
68	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	6.555E+05	186.9	8	1.950E+05	1043.6mm	450.0mm	O.K	
69	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	6.652E+05	189.6	8	1.950E+05	1028.5mm	450.0mm	O.K	
70	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	6.601E+05	164.0	8	1.950E+05	1189.1mm	450.0mm	O.K	
71	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	6.646E+05	145.0	8	1.950E+05	1345.0mm	450.0mm	O.K	
72	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	7.508E+05	134.3	8	1.950E+05	1451.7mm	450.0mm	O.K	P1
73	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	7.107E+05	127.1	8	1.950E+05	1533.7mm	450.0mm	O.K	
74	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	6.900E+05	144.4	8	1.950E+05	1350.9mm	450.0mm	O.K	
75	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	6.819E+05	162.1	8	1.950E+05	1202.9mm	450.0mm	O.K	
76	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	6.702E+05	214.1	8	1.950E+05	910.6mm	450.0mm	O.K	
77	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	6.537E+05	246.4	8	1.950E+05	791.5mm	450.0mm	O.K	
78	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	6.404E+05	241.4	8	1.950E+05	807.9mm	450.0mm	O.K	
79	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	6.345E+05	239.1	8	1.950E+05	815.4mm	450.0mm	O.K	
80	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	6.313E+05	241.5	8	1.950E+05	807.5mm	450.0mm	O.K	
81	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	6.301E+05	241.0	8	1.950E+05	809.1mm	450.0mm	O.K	
82	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	6.305E+05	241.2	8	1.950E+05	808.5mm	450.0mm	O.K	
83	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	6.324E+05	241.9	8	1.950E+05	806.1mm	450.0mm	O.K	
84	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	6.364E+05	239.9	8	1.950E+05	813.0mm	450.0mm	O.K	
85	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	6.481E+05	244.3	8	1.950E+05	798.3mm	450.0mm	O.K	
86	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	6.604E+05	248.9	8	1.950E+05	783.5mm	450.0mm	O.K	
87	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	6.694E+05	213.9	8	1.950E+05	911.7mm	450.0mm	O.K	
88	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	6.729E+05	160.0	8	1.950E+05	1219.1mm	450.0mm	O.K	
89	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	6.717E+05	140.5	8	1.950E+05	1387.8mm	450.0mm	O.K	
90	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	6.545E+05	117.1	8	1.950E+05	1673.5mm	450.0mm	O.K	
91	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	7.317E+05	130.9	8	1.950E+05	1514.7mm	450.0mm	O.K	P2
92	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	6.712E+05	146.4	8	1.950E+05	1331.8mm	450.0mm	O.K	
93	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	6.747E+05	167.6	8	1.950E+05	1163.3mm	450.0mm	O.K	
94	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	6.738E+05	192.1	8	1.950E+05	1015.3mm	450.0mm	O.K	
95	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	6.588E+05	187.8	8	1.950E+05	1038.4mm	450.0mm	O.K	
96	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	6.509E+05	206.9	8	1.950E+05	942.4mm	450.0mm	O.K	
97	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	6.446E+05	193.1	8	1.950E+05	1010.0mm	450.0mm	O.K	
98	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	6.395E+05	184.4	8	1.950E+05	1057.3mm	450.0mm	O.K	
99	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	6.371E+05	183.7	8	1.950E+05	1061.3mm	450.0mm	O.K	
100	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	6.342E+05	189.9	8	1.950E+05	1026.6mm	450.0mm	O.K	
101	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	6.321E+05	189.3	8	1.950E+05	1030.0mm	450.0mm	O.K	
102	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	6.298E+05	188.6	8	1.950E+05	1033.7mm	450.0mm	O.K	
103	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	6.340E+05	189.9	8	1.950E+05	1026.9mm	450.0mm	O.K	
104	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	6.439E+05	206.4	8	1.950E+05	944.6mm	450.0mm	O.K	
105	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	6.468E+05	207.4	8	1.950E+05	940.3mm	450.0mm	O.K	
106	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	6.418E+05	205.8	8	1.950E+05	947.7mm	450.0mm	O.K	
107	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	6.363E+05	204.0	8	1.950E+05	955.8mm	250.0mm	O.K	
108	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	7.274E+05	264.9	8	1.950E+05	736.2mm	125.0mm	O.K	A2

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DL하중에 대한 검토)

절점	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고	
1	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	9.717E+05	353.9	8	3.700E+05	1045.6mm	125.0mm	O.K	A1
2	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	8.944E+05	286.8	8	3.700E+05	1290.3mm	250.0mm	O.K	
3	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	8.495E+05	272.4	8	3.700E+05	1358.4mm	450.0mm	O.K	
4	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	8.088E+05	259.3	8	3.700E+05	1426.8mm	450.0mm	O.K	
5	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	7.668E+05	245.8	8	3.700E+05	1505.0mm	450.0mm	O.K	
6	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.369E+05	220.7	8	3.700E+05	1676.4mm	450.0mm	O.K	
7	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.187E+05	215.3	8	3.700E+05	1718.8mm	450.0mm	O.K	
8	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.108E+05	212.9	8	3.700E+05	1737.8mm	450.0mm	O.K	
9	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.137E+05	213.8	8	3.700E+05	1730.7mm	450.0mm	O.K	
10	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	7.268E+05	209.6	8	3.700E+05	1765.2mm	450.0mm	O.K	P1
11	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	7.503E+05	216.4	8	3.700E+05	1710.0mm	450.0mm	O.K	
12	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.847E+05	235.0	8	3.700E+05	1574.2mm	450.0mm	O.K	
13	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	8.278E+05	263.2	8	3.700E+05	1405.9mm	450.0mm	O.K	
14	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	8.848E+05	252.2	8	3.700E+05	1467.0mm	450.0mm	O.K	
15	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	9.585E+05	273.2	8	3.700E+05	1354.3mm	450.0mm	O.K	
16	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	1.084E+06	269.4	8	3.700E+05	1373.5mm	450.0mm	O.K	
17	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	1.368E+06	298.4	8	3.700E+05	1239.9mm	450.0mm	O.K	
18	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	1.549E+06	277.1	8	3.700E+05	1335.0mm	450.0mm	O.K	P1
19	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	1.252E+06	224.0	8	3.700E+05	1652.1mm	450.0mm	O.K	
20	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	1.079E+06	225.7	8	3.700E+05	1639.1mm	450.0mm	O.K	
21	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	9.888E+05	235.1	8	3.700E+05	1574.1mm	450.0mm	O.K	
22	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	9.237E+05	295.1	8	3.700E+05	1253.6mm	450.0mm	O.K	
23	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	8.711E+05	328.3	8	3.700E+05	1127.1mm	450.0mm	O.K	
24	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	8.311E+05	313.2	8	3.700E+05	1181.3mm	450.0mm	O.K	
25	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	8.029E+05	302.6	8	3.700E+05	1222.7mm	450.0mm	O.K	
26	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	7.842E+05	300.0	8	3.700E+05	1233.4mm	450.0mm	O.K	
27	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	7.755E+05	296.6	8	3.700E+05	1247.3mm	450.0mm	O.K	
28	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	7.770E+05	297.2	8	3.700E+05	1244.9mm	450.0mm	O.K	
29	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	7.885E+05	301.6	8	3.700E+05	1226.8mm	450.0mm	O.K	
30	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	8.099E+05	305.2	8	3.700E+05	1212.2mm	450.0mm	O.K	
31	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	8.431E+05	317.8	8	3.700E+05	1164.4mm	450.0mm	O.K	
32	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	8.879E+05	334.6	8	3.700E+05	1105.7mm	450.0mm	O.K	
33	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	9.447E+05	301.9	8	3.700E+05	1225.8mm	450.0mm	O.K	
34	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	1.025E+06	243.6	8	3.700E+05	1518.6mm	450.0mm	O.K	
35	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	1.167E+06	244.1	8	3.700E+05	1516.1mm	450.0mm	O.K	
36	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	1.491E+06	266.7	8	3.700E+05	1387.3mm	450.0mm	O.K	
37	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	1.453E+06	260.0	8	3.700E+05	1423.2mm	450.0mm	O.K	P2
38	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	1.123E+06	244.9	8	3.700E+05	1510.7mm	450.0mm	O.K	
39	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	9.995E+05	248.3	8	3.700E+05	1490.1mm	450.0mm	O.K	
40	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	9.247E+05	263.6	8	3.700E+05	1403.8mm	450.0mm	O.K	
41	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	8.619E+05	245.7	8	3.700E+05	1506.0mm	450.0mm	O.K	
42	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	8.111E+05	257.9	8	3.700E+05	1434.9mm	450.0mm	O.K	
43	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.696E+05	230.5	8	3.700E+05	1605.1mm	450.0mm	O.K	
44	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	7.380E+05	212.8	8	3.700E+05	1738.6mm	450.0mm	O.K	
45	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	7.175E+05	206.9	8	3.700E+05	1788.2mm	450.0mm	O.K	
46	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.067E+05	211.7	8	3.700E+05	1747.9mm	450.0mm	O.K	
47	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.062E+05	211.5	8	3.700E+05	1749.1mm	450.0mm	O.K	
48	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.167E+05	214.7	8	3.700E+05	1723.5mm	450.0mm	O.K	
49	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.390E+05	221.4	8	3.700E+05	1671.5mm	450.0mm	O.K	
50	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	7.759E+05	248.8	8	3.700E+05	1487.3mm	450.0mm	O.K	
51	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	8.156E+05	261.5	8	3.700E+05	1415.0mm	450.0mm	O.K	
52	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	8.492E+05	272.3	8	3.700E+05	1359.0mm	450.0mm	O.K	
53	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	8.716E+05	279.4	8	3.700E+05	1324.1mm	250.0mm	O.K	
54	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	9.385E+05	341.8	8	3.700E+05	1082.6mm	125.0mm	O.K	A2

※ 피로설계에 의한 위치별 전단연결재 간격 검토 (DL하중에 대한 검토)

절점	A_c/n (mm^2)	d_{vc} (mm)	Q_{vc} (mm^3)	I_v (mm^4)	V_r (N)	S_r (N/mm)	n	$\sum Z_r$ (N)	소요 간격 d_o	배치 간격	비고	
55	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	1.036E+06	377.2	8	3.700E+05	981.0mm	125.0mm	O.K	A1
56	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	9.100E+05	291.8	8	3.700E+05	1268.2mm	250.0mm	O.K	
57	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	8.591E+05	275.4	8	3.700E+05	1343.4mm	450.0mm	O.K	
58	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	8.178E+05	262.2	8	3.700E+05	1411.2mm	450.0mm	O.K	
59	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	7.776E+05	249.3	8	3.700E+05	1484.2mm	450.0mm	O.K	
60	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.487E+05	224.3	8	3.700E+05	1649.8mm	450.0mm	O.K	
61	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.331E+05	219.6	8	3.700E+05	1685.0mm	450.0mm	O.K	
62	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.276E+05	217.9	8	3.700E+05	1697.8mm	450.0mm	O.K	
63	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.328E+05	219.5	8	3.700E+05	1685.6mm	450.0mm	O.K	
64	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	7.479E+05	215.7	8	3.700E+05	1715.5mm	450.0mm	O.K	P1
65	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	7.736E+05	223.1	8	3.700E+05	1658.5mm	450.0mm	O.K	
66	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	8.105E+05	242.8	8	3.700E+05	1524.0mm	450.0mm	O.K	
67	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	8.542E+05	271.6	8	3.700E+05	1362.5mm	450.0mm	O.K	
68	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	9.114E+05	259.8	8	3.700E+05	1424.2mm	450.0mm	O.K	
69	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	9.759E+05	278.2	8	3.700E+05	1330.1mm	450.0mm	O.K	
70	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	1.032E+06	256.3	8	3.700E+05	1443.6mm	450.0mm	O.K	
71	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	1.166E+06	254.4	8	3.700E+05	1454.2mm	450.0mm	O.K	
72	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	1.379E+06	246.6	8	3.700E+05	1500.3mm	450.0mm	O.K	P1
73	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	1.162E+06	208.0	8	3.700E+05	1779.2mm	450.0mm	O.K	
74	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	1.084E+06	226.8	8	3.700E+05	1631.4mm	450.0mm	O.K	
75	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	1.024E+06	243.5	8	3.700E+05	1519.5mm	450.0mm	O.K	
76	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	9.679E+05	309.3	8	3.700E+05	1196.4mm	450.0mm	O.K	
77	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	9.129E+05	344.1	8	3.700E+05	1075.4mm	450.0mm	O.K	
78	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	8.679E+05	327.1	8	3.700E+05	1131.2mm	450.0mm	O.K	
79	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	8.326E+05	313.8	8	3.700E+05	1179.1mm	450.0mm	O.K	
80	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	8.106E+05	310.1	8	3.700E+05	1193.3mm	450.0mm	O.K	
81	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	8.009E+05	306.4	8	3.700E+05	1207.7mm	450.0mm	O.K	
82	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	8.032E+05	307.2	8	3.700E+05	1204.3mm	450.0mm	O.K	
83	154,285.7	653.3	1.008E+08	2.635E+11	8.176E+05	312.8	8	3.700E+05	1183.0mm	450.0mm	O.K	
84	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	8.452E+05	318.5	8	3.700E+05	1161.6mm	450.0mm	O.K	
85	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	8.830E+05	332.8	8	3.700E+05	1111.8mm	450.0mm	O.K	
86	154,285.7	683.6	1.055E+08	2.798E+11	9.296E+05	350.3	8	3.700E+05	1056.1mm	450.0mm	O.K	
87	154,285.7	965.8	1.490E+08	4.663E+11	9.791E+05	312.8	8	3.700E+05	1182.7mm	450.0mm	O.K	
88	154,285.7	1,546.7	2.386E+08	1.004E+12	1.032E+06	245.2	8	3.700E+05	1508.8mm	450.0mm	O.K	
89	154,285.7	1,778.7	2.744E+08	1.312E+12	1.098E+06	229.6	8	3.700E+05	1611.5mm	450.0mm	O.K	
90	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	1.216E+06	217.6	8	3.700E+05	1700.4mm	450.0mm	O.K	
91	154,285.7	1,918.8	2.960E+08	1.655E+12	1.324E+06	236.8	8	3.700E+05	1562.2mm	450.0mm	O.K	P2
92	154,285.7	1,779.9	2.746E+08	1.259E+12	1.079E+06	235.4	8	3.700E+05	1571.5mm	450.0mm	O.K	
93	154,285.7	1,111.8	1.715E+08	6.905E+11	1.019E+06	253.0	8	3.700E+05	1462.2mm	450.0mm	O.K	
94	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	9.554E+05	272.3	8	3.700E+05	1358.6mm	450.0mm	O.K	
95	154,285.7	1,110.4	1.713E+08	6.010E+11	8.918E+05	254.2	8	3.700E+05	1455.6mm	450.0mm	O.K	
96	154,285.7	805.3	1.242E+08	3.908E+11	8.405E+05	267.2	8	3.700E+05	1384.7mm	450.0mm	O.K	
97	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.961E+05	238.5	8	3.700E+05	1551.7mm	450.0mm	O.K	
98	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	7.635E+05	220.2	8	3.700E+05	1680.5mm	450.0mm	O.K	
99	154,285.7	970.9	1.498E+08	5.195E+11	7.424E+05	214.1	8	3.700E+05	1728.3mm	450.0mm	O.K	
100	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.309E+05	218.9	8	3.700E+05	1690.1mm	450.0mm	O.K	
101	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.305E+05	218.8	8	3.700E+05	1691.1mm	450.0mm	O.K	
102	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.398E+05	221.6	8	3.700E+05	1669.8mm	450.0mm	O.K	
103	154,285.7	911.0	1.406E+08	4.693E+11	7.622E+05	228.3	8	3.700E+05	1620.7mm	450.0mm	O.K	
104	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	7.961E+05	255.2	8	3.700E+05	1449.6mm	450.0mm	O.K	
105	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	8.415E+05	269.8	8	3.700E+05	1371.5mm	450.0mm	O.K	
106	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	8.839E+05	283.4	8	3.700E+05	1305.6mm	450.0mm	O.K	
107	154,285.7	810.2	1.250E+08	3.899E+11	9.778E+05	313.5	8	3.700E+05	1180.3mm	250.0mm	O.K	
108	299,570.0	509.5	1.526E+08	4.191E+11	1.039E+06	378.3	8	3.700E+05	978.2mm	125.0mm	O.K	A2

7) 전단연결재의 극한강도검토

(☞ 도.설.해 3.9.5.10)

▪ 전단연결재의 극한강도

$V_u = 0.4 \cdot d^2 \cdot \sqrt{(f_{ck} \cdot E_c)}$

$= 0.4 \times 25.0^2 \times \sqrt{(27.0 \times 28,693.4)}$

$= 220,045.7\ N > A_{sc} f_u = \pi/4 \cdot d^2 \cdot f_u = 490.9 \times 410.0 = 201,258.3\ N$

여기서, V_u : 전단연결재의 극한강도 (N) 단, $V_u \le A_{sc} f_u$

d : 전단연결재의 지름 (mm)

f_{ck} : 콘크리트의 28일 압축강도 (MPa)

A_{sc} : 전단연결재의 단면적 (mm^2)

f_u : 전단연결재의 인장강도 (MPa)

▪ 최대 정모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘

※ 최대 정모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘은 다음 두 식의 값 중 작은 값을 취한다.

$P_1 = A_s \cdot f_y$

$P_2 = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot b \cdot t_s$

여기서, A_s : 덮개판을 포함하는 강재 단면의 총면적(mm^2)

f_y : 사용된 강재의 최소 공칭항복응력(MPa) [345.0 MPa]

f_{ck} : 콘크리트의 28일 압축강도(MPa)

b : 슬래브의 유효폭(mm)

t_s : 콘크리트 슬래브의 두께(mm) [240.0 mm]

▪ 최대 부모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘

$P_3 = A_r \cdot f^r_y$

여기서, A_r = 내부지점부 유효 슬래브 폭 내에 설치된 종방향 철근의 총단면적(mm^2)

f^r_y = 철근의 최소 항복응력(MPa) [400.0 MPa]

▪ 전단연결재 필요개수

$N_1 = P/(\Phi V_u)$

$N_2 = (P+P_3)/(\Phi V_u)$

여기서, N_1 : 최대 정모멘트부와 인접한 교대 지점부 사이의 전단연결재 개수

P : 슬래브에 작용하는 힘 P_1 또는 P_2중 작은값(N)

Φ : 감소계수 [0.85]

N_2 : 최대 정모멘트부와 인접한 최대부모멘트부 사이의 전단연결재 개수

※ 구간별 전단연결재 필요개수 및 설치개수 검토

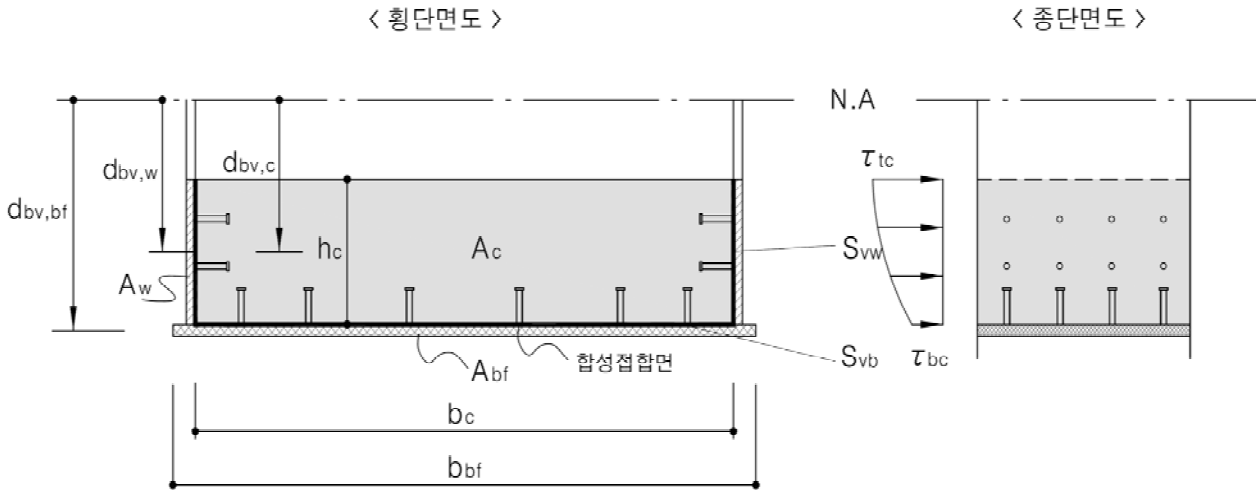
위 치 (절점번호)	b (mm)	A_s (mm^2)	A_r (mm^2)	P_1 (N)	P_2 (N)	P_3 (N)	필 요 개 수		설치 개수	비고
							N_1	N_2		
1 ~ 9	4,500.0	154,400.0	0.0	5.327E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	808	O.K
9 ~ 18	4,500.0	154,400.0	36,482.4	5.327E+07	2.479E+07	1.459E+07	-	230	936	O.K
18 ~ 27	4,500.0	108,400.0	36,482.4	3.740E+07	2.479E+07	1.459E+07	-	230	784	O.K
27 ~ 37	4,500.0	108,400.0	36,482.4	3.740E+07	2.479E+07	1.459E+07	-	230	872	O.K
37 ~ 46	4,500.0	154,400.0	36,482.4	5.327E+07	2.479E+07	1.459E+07	-	230	832	O.K
46 ~ 54	4,500.0	154,400.0	0.0	5.327E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	872	O.K
55 ~ 62	4,500.0	154,400.0	0.0	5.327E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	896	O.K
62 ~ 72	4,500.0	154,400.0	36,482.4	5.327E+07	2.479E+07	1.459E+07	-	230	848	O.K
72 ~ 81	4,500.0	108,400.0	36,482.4	3.740E+07	2.479E+07	1.459E+07	-	230	784	O.K
81 ~ 91	4,500.0	108,400.0	36,482.4	3.740E+07	2.479E+07	1.459E+07	-	230	872	O.K
91 ~ 100	4,500.0	154,400.0	36,482.4	5.327E+07	2.479E+07	1.459E+07	-	230	928	O.K
100 ~ 108	4,500.0	154,400.0	0.0	5.327E+07	2.479E+07	0.000E+00	145	-	784	O.K

※ b, A_s, A_r 값은 구간내에서 가장 큰 값을 사용합니다.

10.2 하부슬래브 전단연결재

1) 단일합성후 고정하중에 의한 수평전단력

(☞ 도.설 3.9.5.7~9)



① 수평전단력 산정 기본식

• Sv = V · Qv / Iv (N/mm) , • Qv = A · dv / n (mm^3)

여기서, Sv : 수평전단력 (N/mm)

Iv : 단일합성 중립축에서의 단면2차모멘트(mm^4)

V : 단일합성후 작용하중에 의한 수직전단력(N)

Qv : 단일합성단면 중립축에 대한 접합면 기준 단면1차모멘트(mm^3)

dv : 단일합성단면 중립축에서 접합면 외측 단면의 도심까지의 거리(mm)

② 하부플랜지와 콘크리트 최하단과의 접합면 수평전단력 산정

• Svb = V_d1 · Q_v,bf / Iv (N/mm)

여기서, V_d1 : 단일합성후 상부바닥판 자중에 의한 수직전단력(N)

Q_v,bf : 하부플랜지의 단일합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트(mm^3)

= A_bf · d_bv,bf

d_bv,bf : 하부플랜지 도심에서 단일합성단면 중립축까지의 거리(mm)

③ 복부하단부와 콘크리트 접합면 수평전단력 산정

• Svw = 2 · (τ_tc + τ_bc) · hc / 2

여기서, τ_tc : 복부측 접합면 최상단의 전단응력(MPa)

= V_d1 · (Q_v,c + Q_v,bf + Q_v,w) / (bc · Iv)

τ_bc : 복부측 접합면 최하단의 전단응력(Mpa)

= V_d1 · Q_v,bf / (bc · Iv)

Q_v,c : 하부콘크리트의 단일합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트(mm^3)

= Ac/n · d_bv,c

Q_v,bf : 하부플랜지의 단일합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트(mm^3)

= A_bf · d_bv,bf

Q_v,w : 양측 복부의 단일합성단면 중립축에 대한 단면1차모멘트(mm^3)

= 2 · A_w · d_bv,w

d_bv,c : 하부콘크리트 도심에서 단일합성단면 중립축까지의 거리(mm)

d_bv,bf : 하부플랜지 도심에서 단일합성단면 중립축까지의 거리(mm)

d_bv,w : 복부 도심에서 단일합성단면 중립축까지의 거리(mm)

④ 위치별 전단응력 산정

절점	단 면	A_c / n (mm^2)	A_bf (mm^2)	A_w (mm^2)	d_bv,c (mm)	d_bv,bf (mm)	d_bv,w (mm)	τ_tc (MPa)	τ_bc (MPa)	비 고
16	단면9	128,857	39,600	13,120	1,192	1,406	1,192	0.41053	0.10162	
17	단면10	154,000	43,200	15,680	811	1,065	811	0.23459	0.05878	
18	단면11	188,571	52,800	19,200	959	1,270	959	0.21484	0.05410	
19	단면12	166,571	43,200	16,960	846	1,120	846	0.19974	0.04746	
20	단면13	147,714	43,200	13,160	760	1,004	760	0.18445	0.04830	
21	단면14	121,000	39,600	10,780	1,000	1,202	1,000	0.34784	0.09227	

절점	단 면	Q_v,c (mm^3)	Q_v,bf (mm^3)	Q_v,w (mm^3)	Iv (mm^4)	V_{d1} (kN)	S_vw,d1 (N/mm)	S_vb,d1 (N/mm)	∑S_v,d1 (N/mm)	비 고
16	단면9	1.54.E+08	5.57.E+07	1.56.E+07	3.18.E+11	1,274.68	210.0	223.6	433.6	
17	단면10	1.25.E+08	4.60.E+07	1.27.E+07	5.51.E+11	1,548.38	143.8	129.3	273.1	
18	단면11	1.81.E+08	6.70.E+07	1.84.E+07	8.64.E+11	1,533.78	161.4	119.0	280.4	
19	단면12	1.41.E+08	4.84.E+07	1.43.E+07	6.14.E+11	1,324.33	131.0	104.4	235.4	
20	단면13	1.12.E+08	4.34.E+07	1.00.E+07	4.58.E+11	1,122.84	109.4	106.3	215.6	
21	단면14	1.21.E+08	4.76.E+07	1.08.E+07	2.21.E+11	944.46	169.4	203.0	372.4	

2) 이중합성후 고정하중 및 활하중에 의한 수평 전단력

※ "1) 단일합성후 고정하중에 의한 수평전단력 "과 수평전단력 산정방식은 동일하나, 단면강성과 하중이 변화 됨.

V_{d2}: 이중합성후 2차고정하중(DL3)에 의한 수직전단력, Va: 이중합성후 활하중(LL+SET)에 의한 수평전단력

절점	단 면	A_c / n (mm^2)	A_bf (mm^2)	A_w (mm^2)	d_bv,c (mm)	d_bv,bf (mm)	d_bv,w (mm)	τ_tc (MPa)	τ_bc (MPa)	비 고
16	단면9	128,857	39,600	13,120	1,456	1,670	1,456	0.49831	0.12078	
17	단면10	154,000	43,200	15,680	949	1,203	949	0.39704	0.09687	
18	단면11	188,571	52,800	19,200	1,074	1,385	1,074	0.39552	0.09762	
19	단면12	166,571	43,200	16,960	974	1,248	974	0.35324	0.08185	
20	단면13	147,714	43,200	13,160	889	1,133	889	0.32513	0.08290	
21	단면14	121,000	39,600	10,780	1,255	1,456	1,255	0.60678	0.15690	

절점	단 면	Q_v,c (mm^3)	Q_v,bf (mm^3)	Q_v,w (mm^3)	Iv (mm^4)	V_{d2} (kN)	V_a (kN)	$S_{_vw,d2+a}$ (N/mm)	$S_{_vb,d2+a}$ (N/mm)	$\sum S_{_v,d2+a}$ (N/mm)
16	단면9	1.88.E+08	6.61.E+07	1.91.E+07	4.21.E+11	744.40	948.53	253.8	265.7	519.5
17	단면10	1.46.E+08	5.20.E+07	1.49.E+07	6.74.E+11	1,548.38	1,214.32	242.0	213.1	455.1
18	단면11	2.03.E+08	7.31.E+07	2.06.E+07	9.91.E+11	1,533.78	1,376.33	295.9	214.8	510.7
19	단면12	1.62.E+08	5.39.E+07	1.65.E+07	7.32.E+11	1,324.33	1,120.44	230.6	180.1	410.7
20	단면13	1.31.E+08	4.89.E+07	1.17.E+07	5.54.E+11	1,122.84	941.38	191.8	182.4	374.2
21	단면14	1.52.E+08	5.77.E+07	1.35.E+07	2.97.E+11	944.46	835.07	294.0	345.2	639.2

3) 건조수축 및 온도차에 의한 지점부 수평전단력

① 전단력의 분포길이 산정 : (☞ 도.설 3.9.5.3)

- 하부콘크리트 폭 : 2.2 m

∴ 전단분포폭은 하부콘크리트 폭으로 함. a= 2.20 m

② 건조수축에 의한 수평전단력 : (☞ 도.설.편 p506-173)

(☞ 강교설계의 기초 p.262, 건설도서)

n_2 : 21

Ac : 하부콘크리트 단면적, mm^2

As : 강재 단면적, mm^2

d : 강재도심과 하부콘크리트 중심간 거리, mm

Is : 강재 단면2차모멘트, mm^4

Ic : 하부콘크리트 단면2차모멘트, mm^4

Es : 205,000 MPa (강재의 탄성계수)

εs : 0.00027 (콘크리트의 건조수축에 의한 최종수축율)

$P2 = Es \cdot \varepsilon s \cdot Ac/n_2$ (N)

$$F_2 = \frac{1}{1 + \frac{Ac}{n_2 \cdot As} + \frac{Ac \cdot d^2}{Ic + n_2 \cdot Is}}$$

Ncs = P2 · F2 = N

Ss = 2 · Ncs / a = N/mm

- 각위치별 건조수축에 의한 수평전단력 :

절점	단 면	Ac (mm^2)	As (mm^2)	d (mm)	Is (mm^4)	Ic (mm^4)	P2 (N)	F2	Ncs (N)	Ss (N/mm)	비고
16	단면9	902,000	201,640	1,192	3.53.E+11	1.26.E+10	2.377E+06	0.722	1.72E+06	1559.7	**경계부**
17	단면10	1,078,000	198,392	1,436	3.74.E+11	2.16.E+10	2.841E+06	0.649	1.84E+06	0.0	
18	단면11	1,320,000	248,680	1,670	5.81.E+11	3.96.E+10	3.479E+06	0.644	2.24E+06	2035.5	**교각부**
19	단면12	1,166,000	209,256	1,509	4.07.E+11	2.73.E+10	3.073E+06	0.635	1.95E+06	0.0	
20	단면13	1,034,000	185,332	1,360	3.08.E+11	1.90.E+10	2.725E+06	0.641	1.75E+06	0.0	
21	단면14	847,000	152,924	1,000	1.77.E+11	1.05.E+10	2.232E+06	0.670	1.50E+06	1360.4	**경계부**

※ "경계부"는 단일합성과의 경계 단부 임.

③ 온도차에 의한 수평전단력 :

n = 7

Ac : 하부콘크리트 단면적, mm^2

As : 강재 단면적, mm^2

d : 강재도심과 바닥판 중심간 거리, mm

Is : 강재 단면2차모멘트, mm^4

Ic : 하부콘크리트 단면2차모멘트, mm^4

$P1 = Es \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot Ac/n$ (N)

Es = 205,000 MPa (강재의 탄성계수)

α = 0.000012 (강재 및 콘크리트의 선팽창계수)

Δt = 5 °C (바닥판 콘크리트와 강재와의 온도차)

※ 하부콘크리트는 강박스 내부에 위치하여 온도영향이 미미하므로 5°C 만을 고려함.

$$F_1 = \frac{1}{1 + \frac{Ac}{n \cdot As} + \frac{Ac \cdot d^2}{Ic + n \cdot Is}}$$

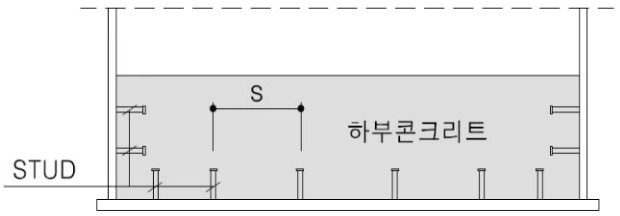
Ncs = P1 · F1 = N

St = 2 · Ncs / a = N/mm

- 각위치별 온도차에 의한 수평전단력 :

절점	단 면	Ac (mm^2)	As (mm^2)	d (mm)	Is (mm^4)	Ic (mm^4)	P1 (N)	F1	Ncs (N)	St (N/mm)	비고
16	단면9	902,000	201,640	1,192	3.53.E+11	1.26.E+10	1.585E+06	0.464	7.35E+05	668.5	**경계부**
17	단면10	1,078,000	198,392	1,436	3.74.E+11	2.16.E+10	1.894E+06	0.382	7.23E+05	0.0	
18	단면11	1,320,000	248,680	1,670	5.81.E+11	3.96.E+10	2.319E+06	0.377	8.73E+05	794.0	**교각부**
19	단면12	1,166,000	209,256	1,509	4.07.E+11	2.73.E+10	2.049E+06	0.368	7.54E+05	0.0	
20	단면13	1,034,000	185,332	1,360	3.08.E+11	1.90.E+10	1.817E+06	0.374	6.79E+05	0.0	
21	단면14	847,000	152,924	1,000	1.77.E+11	1.05.E+10	1.488E+06	0.405	6.02E+05	547.4	**경계부**

4) STUD의 배치 간격



H = 150 mm (h : stud 의 전높이)

d = 25 mm (d : stud 의 직경)

① STUD의 허용전단력 : (☞ 도.설 3.9.5.6)

H / d = 150 / 25 = 6.000 > 5.5 이므로

$Qa = 9.5 \cdot d^2 \sqrt{fck} = 9.5 \times (25)^2 \times \sqrt{40} =$ 37,552 N/본

- 단일합성 경계부 : Qa' = n(횡방향 스터드 갯수) x Qa(본당허용전단력 12 × 37,552 = 450,624 N
- 일반부 : Qa' = n(횡방향 스터드 갯수) x Qa(본당허용전단력 10 × 37,552 = 375,520 N
- 교각부 : Qa' = n(횡방향 스터드 갯수) x Qa(본당허용전단력 14 × 37,552 = 525,728 N

② STUD의 배치간격 :

d_o = Qa' / S (S : 수평전단력)

5) 하중조합에 따른 STUD 의 배치

절점	하 중 조 합 (N/mm)					소요간격	배치간격	비 고	
	Sv(고정하중+활하중)	Ss(건조수축)	St(온도차)	조합력(Sv+St)	조합력(Ss+St)	do=Qa'/S			
16	953.1	1,559.7	668.5	1,621.6	2,228.3	202 mm	150 mm	O.K	**경계부**
17	728.2	0.0	0.0	728.2	0.0	516 mm	150 mm	O.K	
18	791.0	2,035.5	794.0	1,585.0	2,829.5	186 mm	150 mm	O.K	**교각부**
19	646.1	0.0	0.0	646.1	0.0	581 mm	150 mm	O.K	
20	589.8	0.0	0.0	589.8	0.0	637 mm	150 mm	O.K	
21	1,011.6	1,360.4	547.4	1,559.1	1,907.9	236 mm	150 mm	O.K	**경계부**

① STUD 배치 간격 검토 : (☞ 도.설 3.9.5.4, 3.9.5.5)

- stud의 최대간격 검토

  바닥판콘크리트 두께의 3배 (3 × 385 = 1155 mm) 이고, 600 mm 이하

  ⇒ 150 mm 이하 사용 O.K

- stud의 최소간격 검토

  교축방향 : 5·d = 125 mm or 100 mm ⇒ 150 mm 사용 O.K

  교축직각방향 : d + 30 = 55 mm ⇒ 75 mm 사용 O.K

  플랜지연단 순간격 : 25 mm ⇒ 150 - 25 / 2 = 138 mm 사용 O.K

6) 전단연결재의 피로설계 (☞ 도.설 3.9.5.9)

① 수평전단력 범위 :

$$Sr = \frac{Vr \cdot Q}{I}$$

Sr : 설계대상 단면의 슬래브와 주거더 사이의 수평전단력 범위 (N/mm)

Vr : 충격을 포함하는 활하중에 대한 전단력의 범위 (N)

Q : 정모멘트부 ⇒ 합성단면의 중립축에 대한 접합면의 단면1차모멘트(mm^3)

부모멘트부 ⇒ 합성단면의 중립축에 대한 철근의 단면1차모멘트(mm^3)

I : 합성단면의 단면2차모멘트(mm^4) - 부모멘트부의 경우 철근 고려

② 허용수평전단력 범위 :

$Zr = \beta \cdot d^2$ ⇒ 55 × 25.0^2 = 34375 N (DB 하중의 경우)

⇒ 74 × 25.0^2 = 46250 N (DL 하중의 경우)

Zr : 전단연결재의 허용수평전단력 범위 (N)

d : 25 mm (stud 의 지름)

β : 55 (하중 반복회수 : DB 하중 - 200만이상)

74 (하중 반복회수 : DL 하중 - 50만)

③ 피로를 고려한 전단연결재의 필요간격 :

$$do = \frac{\Sigma Zr}{Sr}$$

do : $\Sigma Zr = n \cdot Zr$

n : 한 단면에 설치된 전단연결재의 총 개수

④ 활하중 피로에 의한 전단연결재 간격 검토

- 단면특성

절점	단 면	A_c / n (mm^2)	A_bf (mm^2)	A_w (mm^2)	d_bv,c (mm)	d_bv,bf (mm)	d_bv,w (mm)	Iv (mm^4)	Q_v,c (mm^3)	Q_v,bf (mm^3)	Q_v,w (mm^3)
16	단면9	128,857	39,600	13,120	1,456	1,670	1,456	4.21.E+11	1.88.E+08	6.61.E+07	1.91.E+07
17	단면10	154,000	43,200	15,680	949	1,203	949	6.74.E+11	1.46.E+08	5.20.E+07	1.49.E+07
18	단면11	188,571	52,800	19,200	1,074	1,385	1,074	9.91.E+11	2.03.E+08	7.31.E+07	2.06.E+07
19	단면12	166,571	43,200	16,960	974	1,248	974	7.32.E+11	1.62.E+08	5.39.E+07	1.65.E+07
20	단면13	147,714	43,200	13,160	889	1,133	889	5.54.E+11	1.31.E+08	4.89.E+07	1.17.E+07
21	단면14	121,000	39,600	10,780	1,255	1,456	1,255	2.97.E+11	1.52.E+08	5.77.E+07	1.35.E+07

- DB24에 대한 전단연결재 간격 검토

절점	단 면	Vr (kN)	τ_tc (MPa)	τ_bc (MPa)	$S_{vw,r}$ (N/mm)	$S_{vb,r}$ (N/mm)	∑Sr (N/mm)	횡갯수 n	∑Zr (N)	소요 간격 do(mm)	배치 간격 (mm)	비 고
16	단면9	436.30	0.12842	0.03113	65.4	68.5	133.9	12	4.125E+05	3081	150	O.K.
17	단면10	434.19	0.06240	0.01522	38.0	33.5	71.5	10	3.438E+05	4806	150	O.K.
18	단면11	473.81	0.06440	0.01589	48.2	35.0	83.1	14	4.813E+05	5788	150	O.K.
19	단면12	460.52	0.06654	0.01542	43.4	33.9	77.4	10	3.438E+05	4444	150	O.K.
20	단면13	460.23	0.07249	0.01848	42.8	40.7	83.4	10	3.438E+05	4121	150	O.K.
21	단면14	434.41	0.14813	0.03830	71.8	84.3	156.0	12	4.125E+05	2644	150	O.K.

- DL24에 대한 전단연결재 간격 검토

절점	단 면	Vr (kN)	τ_tc (MPa)	τ_bc (MPa)	$S_{vw,r}$ (N/mm)	$S_{vb,r}$ (N/mm)	∑Sr (N/mm)	횡갯수 n	∑Zr (N)	소요 간격 do(mm)	배치 간격 (mm)	비 고
16	단면9	436.30	0.12842	0.03113	65.4	68.5	133.9	12	5.550E+05	4145	150	O.K.
17	단면10	434.19	0.06240	0.01522	38.0	33.5	71.5	10	4.625E+05	6466	150	O.K.
18	단면11	473.81	0.06440	0.01589	48.2	35.0	83.1	14	6.475E+05	7788	150	O.K.
19	단면12	460.52	0.06654	0.01542	43.4	33.9	77.4	10	4.625E+05	5979	150	O.K.
20	단면13	460.23	0.07249	0.01848	42.8	40.7	83.4	10	4.625E+05	5544	150	O.K.
21	단면14	434.41	0.14813	0.03830	71.8	84.3	156.0	12	5.550E+05	3557	150	O.K.

7) 전단연결재의 극한강도검토 (☞ 도.설 3.9.5.10)

① 전단연결재의 극한강도 :

$Vu = 0.4\ d^2\ \sqrt{fck \cdot Ec}$

$= 0.4 \times 25^2 \times \sqrt{40 \times 30891}$

$= 277899\ N > Asc\ fu$

Vu : 전단연결재의 극한강도 (N) 단, Vu ≤Asc fu

d : 전단연결재의 지름 (mm)

fck: 콘크리트의 28일 압축강도 (MPa)

$Asc\ fu = \pi/4 \times 25^2 \times 410 = 201258\ N$

⇒ Vu = Asc fu = 201258.3 N

Asc: 전단연결재의 단면적 (mm²)

fu : 전단연결재의 인장강도 (MPa) ☞ 도.설 3.9.5.11)

② 최대 부모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘 (P) : P_1,P_2 중 작은 값을 취한다.

$P_1 = As \cdot fy$

$P_2 = 0.85\ fck\ b\ ts$

As : 덮개판을 포함하는 강재 단면의 총면적 (mm²)

fy : 사용된 강재의 공칭항복응력 380 (MPa)

fck: 콘크리트의 28일 압축강도 (MPa)

b : 슬래브의 유효폭 (mm)

ts : 콘크리트 슬래브의 두께 600 (mm) (최대두께)

③ 최대 정모멘트부의 슬래브에 작용하는 힘 :

$P_3 = As^r \cdot fy^r$

As^r: 지점부 유효슬래브 폭 내에 설치된 종방향 철근의 총면적 (mm²)

fy^r: 철근의 최소 항복응력 400 (MPa)

④ 전단연결재 필요개수 :

$N_1 = \dfrac{P}{\Phi\ Vu}$

$N_2 = \dfrac{P + P_3}{\Phi\ Vu}$

N_1 : 최대 부모멘트부와 인접한 교각 지점부 사이의 전단연결재 필요개수

P : P1,P2 중 작은 값

Φ : 감소계수 (0.85)

N_2 : 최대 부모멘트부와 인접한 최대정모멘트부 사이의 전단연결재 필요개수

⑤ 구간별 전단연결재 필요개수 및 설치개수 검토결과

위치 (절점)	b	ts	As	As^r	P_1	P_2	P_3	필 요 개 수		설치개수	비 고
	(mm)	(mm)	(mm^2)	(mm^2)	(N)	(N)	(N)	N_1	N_2		
16~18	2,200	600	248,680	0	94,498,400	44,880,000	0	262	-	780	O.K.
18~21	2,200	600	248,680	0	94,498,400	44,880,000	0	262	-	1176	O.K.

11. 사용성검토

11.1 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)

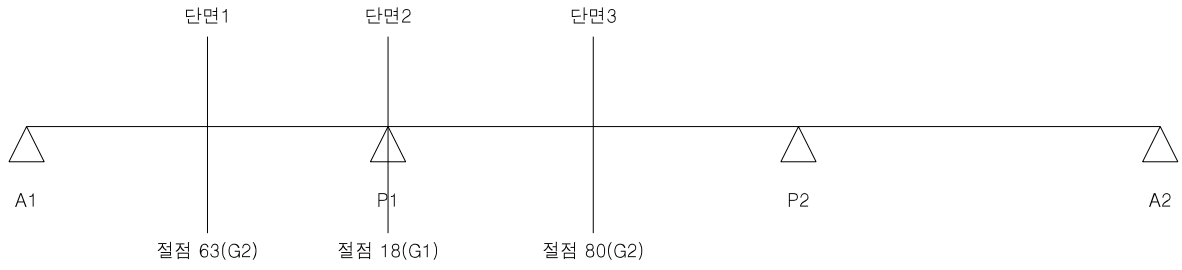
응 력	다재하 경로구조				단재하 경로구조			
범 주	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상	10 만회	50 만회	200 만회	200 만회이상
A	442	260	168	168	351	203	168	168
B	344	203	126	112	274	161	112	112
B'	274	161	101	84	218	126	77	77
C	250	147	91	70	196	112	70	63
				84*			84*	77*
D	196	112	70	49	154	91	56	35
E	154	91	56	31	119	70	42	16
E'	112	64	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

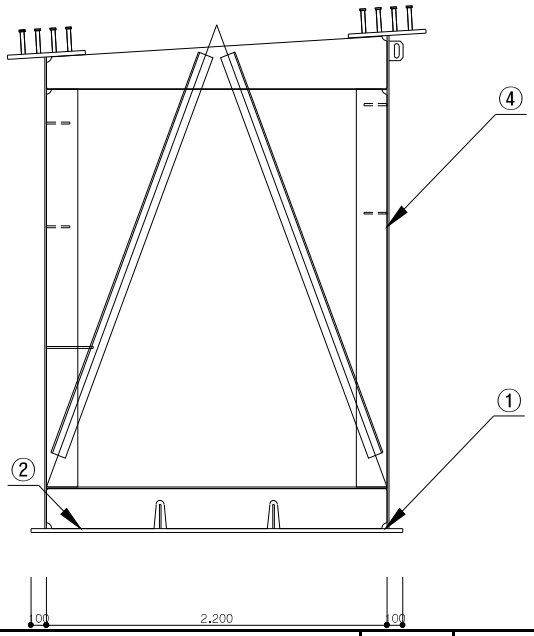
활하중에 의한 모멘트의 변동범위가 큰 단면에서 인장응력 및 교번응력이 발생하는 상세부에 대하여 피로검토를 수행 한다.

- 피로조사 단면위치



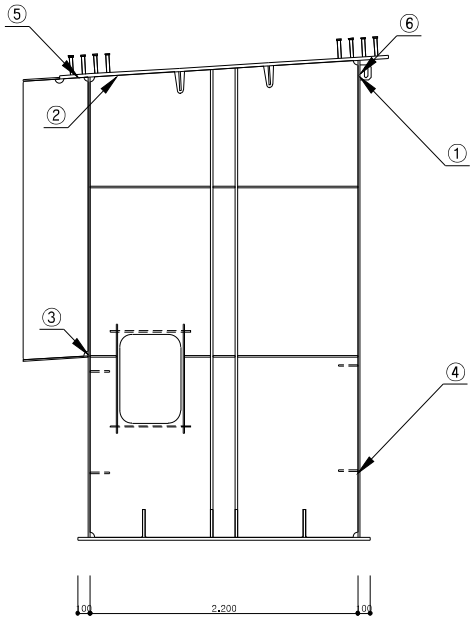
본 교량은 주간선도로에 속하는 다재하경로구조로서 트럭하중 2백만회 와 차선하중 50만회 에 대하여 검토 하는 것으로 한다.

단면 I



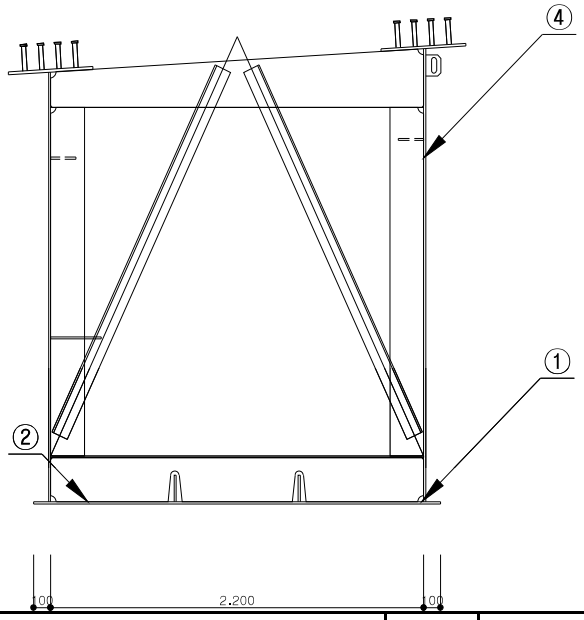
구분	상 세	응 력 범 주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

단면 II



구분	상 세	응력 범주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
		F	63	84	전단피로검토
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	
⑤	인장측 플랜지에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	C	91	147	

단면 III



구분	상 세	응력 범주	fsr (MPa)		비 고
			DB 하중	DL 하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필릿 용접부	B	126	203	
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필릿 용접부	C	91	147	
③	복부판에 부착된 가로보 연결용 거셋판 용접 끝부분	E	56	91	
④	수평보강재 용접 끝부분	E	56	91	

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 : 절점 100

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	10539.202	17491.886	5.306E+11	2218.1	44.058	73.122	B	126	203	O.K.
②				2218.1	44.058	73.122	C	91	147	O.K.
③				1024.1	20.341	33.761	E	56	91	O.K.
④				361.9	7.188	11.930	E	56	91	O.K.

단면 II : 절점 72

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	8062.097	23473.844	7.305E+11	1586.1	17.506	50.970	B	126	203	O.K.
②				1586.1	17.506	50.970	C	91	147	O.K.
③				619.9	6.842	19.921	E	56	91	O.K.
④				1595.9	17.614	51.285	E	56	91	O.K.
⑤				1599.1	17.649	51.388	E	56	91	O.K.
⑥				1612.1	17.793	51.805	C	91	147	O.K.

단면 II : 절점 83

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	7677.233	12844.751	2.677E+11	2023.9	58.035	97.098	B	126	203	O.K.
②				2023.9	58.035	97.098	C	91	147	O.K.
③				1029.9	29.532	49.410	E	56	91	O.K.
④				23.9	0.685	1.147	E	56	91	O.K.

· 전단에 대한 피로검토 - 플랜지와 복부판의 필릿용접부에 대한 전단피로검토

이 부위의 피로상세범주는 "F" 이며, 검토 단면은 전단력이 가장 큰 절점 72 을 설정 하였음

$$\Delta\upsilon = \frac{\Delta S \cdot Q}{Iv \cdot \Sigma a}$$

여기서, $\Delta\upsilon$: 설계전단피로응력범위 (최대응력과 최소응력의 차)

$\Delta S = Smax - Smin$ (4.4 라.피로하중 작용범위 참조)

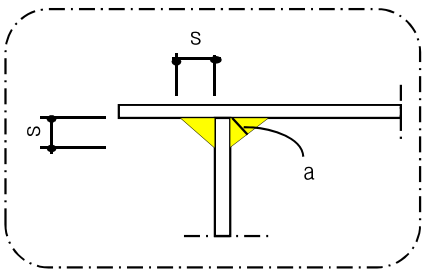
Q : 용접선 외측 플랜지의 총단면의 중립축에 관한 단면 1차 모멘트 ($mm^3 = A(mm^2) \cdot y(mm)$)

$y = Yvsu(l) - tu(l)/2$

Iv : 합성후 단면의 단면2차 모멘트

Σa : 필릿 용접의 목두께의 합 ($mm = 4EA \times s / \sqrt{2}$)

s : 필릿 용접 치수 (mm)



- 상부 플랜지와 복부판

구 분	ΔS (kN)	tu (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsu (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	752.536	26	2700	70200	1612	1.123E+08	7.305E+11	8	22.6	5.1	63	OK
DL하중	1380.652									9.4	84	OK

- 하부 플랜지와 복부판

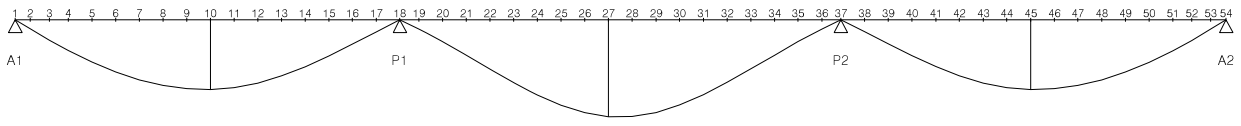
구 분	ΔS (kN)	tl (mm)	B (mm)	A (mm^2)	Yvsl (mm)	Q (mm^3)	Iv (mm^4)	s (mm)	Σa (mm)	Δυ (MPa)	υsr (MPa)	비고
DB하중	752.536	22	2400	52800	2136	1.122E+08	7.305E+11	8	22.6	5.1	63	OK
DL하중	1380.652									9.4	84	OK

11.2 처짐 검토

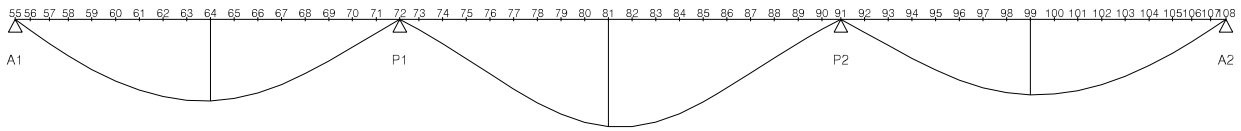
충격하중을 포함한 활하중에 의한 각 위치별 최대 처짐량 (전산 OUTPUT 참조) (☞ 도.설 3.2.3)

1) 거더별 절점번호

[G1]



[G2]



2) 거더별 처짐량

- G1 (단위 : mm)

절점	처짐량
1	0.0
2	-10.8
3	-23.4
4	-35.3
5	-48.6
6	-60.0
7	-69.0
8	-75.5
9	-79.2
10	-80.1
11	-78.0
12	-72.8
13	-64.5
14	-53.7
15	-41.0
16	-27.5
17	-13.7
18	0.0

(단위 : mm)

절점	처짐량
19	-9.5
20	-22.1
21	-35.5
22	-49.1
23	-62.4
24	-74.5
25	-84.5
26	-91.6
27	-95.3
28	-95.3
29	-91.7
30	-84.7
31	-74.8
32	-62.6
33	-49.3
34	-35.7
35	-22.2
36	-9.5

(단위 : mm)

절점	처짐량
37	0.0
38	-13.9
39	-27.9
40	-41.7
41	-54.5
42	-65.5
43	-73.8
44	-79.2
45	-81.4
46	-80.6
47	-76.8
48	-70.2
49	-60.9
50	-49.4
51	-35.7
52	-23.6
53	-10.8
54	0.0

- G2 (단위 : mm)

G2	
절점	처짐량
55	0.0
56	-11.5
57	-24.7
58	-37.1
59	-51.1
60	-62.9
61	-72.4
62	-79.2
63	-83.2
64	-84.2
65	-82.0
66	-76.5
67	-67.9
68	-56.5
69	-43.1
70	-28.9
71	-14.4
72	0.0

(단위 : mm)

G2	
절점	처짐량
73	-10.0
74	-23.6
75	-38.0
76	-52.9
77	-67.5
78	-80.8
79	-91.8
80	-99.6
81	-103.7
82	-103.8
83	-99.8
84	-92.1
85	-81.2
86	-67.8
87	-53.3
88	-38.4
89	-23.9
90	-10.2

(단위 : mm)

G2	
절점	처짐량
91	0.0
92	-14.9
93	-30.0
94	-44.9
95	-59.0
96	-71.3
97	-80.8
98	-86.9
99	-89.6
100	-88.9
101	-84.9
102	-77.7
103	-67.6
104	-54.9
105	-39.8
106	-26.4
107	-12.1
108	0.0

3) 처짐량 검토

① 1경간 지간 길이 L = 82.000 m

δ1 = 84.2 mm < δa = L / 500 82 m / 500 = 164.00 mm 0.K

② 2경간 지간 길이 L = 93.000 m

δ2 = 103.8 mm < δa = L / 500 93 m / 500 = 186.00 mm 0.K

② 2경간 지간 길이 L = 82.000 m

δ2 = 89.6 mm < δa = L / 500 82 m / 500 = 164.00 mm 0.K

12. 솟음(CAMBER)

< Girder 1 >

(단위 : mm)

절점 번호	누가 거리 (M)	합성전 고정하중		단일합성	이중합성	종곡선 보정량	편경사 보정량	솟음량					비고
		강재자중	하부콘크리트 타설	바닥판 타설	2차고정 하중			공장 제작시	현장 거치시	하부콘크리트 타설완료	바닥판 타설완료	2차 고정하중 재하시	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) : (1)~(6)	(8) : (7)-(1)	(9) : (8)-(2)	(10) : (9)-(3)	(11) : (10)-(4)	
1	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A1
2	4.00	15.5	-1.0	23.8	5.9	16.8	-0.2	60.9	45.4	46.4	22.6	16.7	
3	8.00	33.2	-2.3	51.0	12.7	36.9	-0.4	131.2	98.0	100.3	49.3	36.5	
4	12.00	49.4	-3.4	75.6	18.9	57.0	-0.6	196.9	147.5	150.9	75.3	56.4	
5	17.00	66.9	-4.8	101.9	25.5	82.1	-0.8	270.8	203.9	208.7	106.8	81.3	
6	22.00	80.9	-6.1	122.2	30.7	107.2	-1.0	333.9	253.0	259.1	136.9	106.2	
7	27.00	90.9	-7.3	136.4	34.3	132.3	-1.3	385.3	294.4	301.7	165.3	131.0	
8	32.00	96.9	-8.2	143.9	36.2	157.4	-1.4	424.8	327.9	336.2	192.2	156.0	
9	37.00	98.6	-9.0	144.9	36.4	179.2	-1.2	448.8	350.2	359.2	214.3	177.9	
10	42.00	96.2	-9.6	139.5	35.0	192.6	-1.1	452.6	356.4	366.0	226.5	191.5	
11	47.00	89.7	-9.8	127.9	32.1	197.7	-0.9	436.6	346.9	356.7	228.8	196.8	
12	52.00	79.6	-9.7	111.1	27.8	194.4	-0.8	402.4	322.8	332.6	221.5	193.7	
13	57.00	66.4	-9.2	90.3	22.6	182.9	-0.6	352.3	285.9	295.2	204.9	182.3	
14	62.00	51.5	-8.2	68.0	17.0	163.0	-0.5	290.7	239.2	247.5	179.5	162.5	
15	67.00	36.3	-6.8	46.9	11.7	134.7	-0.3	222.5	186.2	193.0	146.1	134.4	
16	72.00	22.3	-4.9	28.8	7.0	98.2	-0.1	151.3	129.0	133.8	105.0	98.0	
17	77.00	10.1	-2.6	13.0	3.1	53.2	0.0	76.8	66.7	69.3	56.3	53.2	
18	82.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	P1
19	86.00	-6.2	2.5	-7.4	-1.5	59.3	0.0	46.7	52.9	50.4	57.8	59.3	
20	91.00	-11.7	6.0	-11.4	-2.1	126.0	0.0	106.7	118.4	112.5	123.9	126.0	
21	96.00	-14.5	9.5	-8.0	-1.3	184.4	0.0	170.1	184.6	175.1	183.1	184.4	
22	101.00	-14.0	12.8	1.8	0.8	234.4	0.0	235.7	249.8	236.9	235.2	234.4	
23	106.00	-11.1	15.7	16.1	3.8	276.0	0.0	300.5	311.6	295.9	279.9	276.0	
24	111.00	-6.8	18.1	32.1	7.2	309.4	0.0	360.0	366.8	348.7	316.6	309.4	
25	116.00	-2.4	19.9	47.1	10.4	334.4	0.0	409.3	411.8	391.9	344.8	334.4	
26	121.00	1.0	21.1	58.4	12.9	351.0	0.0	444.4	443.4	422.3	363.9	351.0	
27	126.00	2.8	21.7	64.3	14.1	359.4	0.0	462.3	459.5	437.9	373.5	359.4	

< Girder 1 > - 계속

(단위 : mm)

절점 번호	누가 거리 (M)	합성전 고정하중		단일합성	이중합성	종곡선 보정량	편경사 보정량	솟음량					비고
		강재자중	하부콘크리트 타설	바닥판 타설	2차고정 하중			공장 제작시	현장 거치시	하부콘크리트 타설완료	바닥판 타설완료	2차 고정하중 재하시	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) : (1)~(6)	(8) : (7)-(1)	(9) : (8)-(2)	(10) : (9)-(3)	(11) : (10)-(4)	
28	131.00	2.6	21.7	64.1	14.1	359.4	0.0	461.8	459.2	437.5	373.5	359.4	
29	136.00	0.4	21.1	57.6	12.7	351.0	0.0	442.9	442.4	421.3	363.7	351.0	
30	141.00	-3.3	19.9	45.9	10.2	334.4	0.0	407.0	410.3	390.4	344.5	334.4	
31	146.00	-7.9	18.1	30.6	6.9	309.4	0.0	357.0	365.0	346.9	316.3	309.4	
32	151.00	-12.3	15.7	14.3	3.5	276.0	0.0	297.3	309.6	293.9	279.5	276.0	
33	156.00	-15.2	12.9	0.1	0.5	234.4	0.0	232.6	247.8	234.9	234.9	234.4	
34	161.00	-15.5	9.5	-9.5	-1.5	184.4	0.0	167.4	182.9	173.3	182.8	184.4	
35	166.00	-12.5	6.0	-12.5	-2.3	126.0	0.0	104.8	117.2	111.2	123.7	126.0	
36	171.00	-6.6	2.5	-7.9	-1.6	59.3	0.0	45.8	52.4	49.8	57.7	59.3	
37	175.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	P2
38	180.00	10.5	-2.7	13.6	3.2	63.6	0.0	88.2	77.7	80.3	66.7	63.6	
39	185.00	23.1	-4.9	30.0	7.2	118.8	0.0	174.2	151.1	156.0	126.0	118.8	
40	190.00	37.4	-6.8	48.5	11.9	165.7	0.0	256.8	219.3	226.1	177.6	165.7	
41	195.00	52.7	-8.3	69.8	17.3	204.3	0.0	335.8	283.1	291.4	221.6	204.3	
42	200.00	67.7	-9.3	92.1	23.0	234.5	0.0	408.1	340.3	349.6	257.5	234.5	
43	205.00	80.9	-9.8	112.8	28.2	256.4	0.0	468.6	387.7	397.4	284.6	256.4	
44	210.00	91.0	-9.8	129.5	32.5	269.9	0.0	513.1	422.1	431.9	302.4	269.9	
45	215.00	97.4	-9.6	140.9	35.4	275.2	0.0	539.4	442.0	451.5	310.6	275.2	
46	220.00	99.7	-9.0	146.2	36.8	272.1	0.0	545.7	446.0	455.1	308.9	272.1	
47	225.00	97.8	-8.2	145.0	36.6	260.6	0.0	531.7	433.9	442.2	297.2	260.6	
48	230.00	91.7	-7.3	137.2	34.6	240.8	0.0	497.0	405.3	412.6	275.4	240.8	
49	235.00	81.4	-6.1	122.8	31.0	212.7	0.0	441.8	360.3	366.5	243.7	212.7	
50	240.00	67.3	-4.8	102.1	25.7	176.3	0.0	366.6	299.3	304.1	202.0	176.3	
51	245.00	49.5	-3.4	75.6	19.0	131.5	0.0	272.1	222.6	226.0	150.5	131.5	
52	249.00	33.1	-2.2	50.7	12.7	89.7	0.0	184.0	150.9	153.1	102.4	89.7	
53	253.00	15.2	-1.0	23.4	5.8	42.5	0.0	86.0	70.7	71.7	48.4	42.5	
54	257.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A2

< Girder 2 >

(단위 : mm)

절점 번호	누가 거리 (M)	합성전 고정하중		단일합성	이중합성	종곡선 보정량	편경사 보정량	솟음량					비고
		강재자중	하부콘크리트 타설	바닥판 타설	2차고정 하중			공장 제작시	현장 거치시	하부콘크리트 타설완료	바닥판 타설완료	2차 고정하중 재하시	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) : (1)~(6)	(8) : (7)-(1)	(9) : (8)-(2)	(10) : (9)-(3)	(11) : (10)-(4)	
55	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A1
56	4.00	15.6	-1.1	24.0	6.0	16.8	-16.6	44.8	29.1	30.2	6.2	0.2	
57	8.00	33.5	-2.3	51.4	12.8	36.9	-36.5	95.9	62.4	64.7	13.2	0.4	
58	12.00	49.9	-3.5	76.3	19.0	57.0	-56.4	142.3	92.4	96.0	19.7	0.6	
59	17.00	67.7	-4.9	102.9	25.7	82.1	-81.2	192.2	124.6	129.5	26.6	0.9	
60	22.00	81.8	-6.3	123.5	31.0	107.2	-106.0	231.2	149.4	155.7	32.1	1.2	
61	27.00	92.1	-7.4	137.9	34.6	132.3	-130.9	258.7	166.5	174.0	36.0	1.5	
62	32.00	98.3	-8.4	145.7	36.5	157.4	-139.5	290.0	191.7	200.2	54.4	17.9	
63	37.00	100.2	-9.3	146.9	36.8	179.2	-124.0	329.9	229.7	238.9	92.0	55.2	
64	42.00	97.9	-9.8	141.6	35.4	192.6	-108.4	349.3	251.4	261.3	119.6	84.2	
65	47.00	91.4	-10.1	130.0	32.5	197.7	-92.8	348.7	257.3	267.4	137.4	104.9	
66	52.00	81.2	-10.0	113.0	28.2	194.4	-77.3	329.5	248.4	258.4	145.4	117.2	
67	57.00	67.8	-9.5	91.8	22.9	182.9	-61.7	294.2	226.4	235.9	144.1	121.2	
68	62.00	52.5	-8.5	69.0	17.2	163.0	-46.1	247.1	194.6	203.1	134.1	116.9	
69	67.00	37.0	-7.0	47.5	11.8	134.7	-30.5	193.5	156.6	163.5	116.0	104.2	
70	72.00	22.7	-5.0	29.2	7.1	98.2	-15.0	137.2	114.5	119.5	90.3	83.2	
71	77.00	10.3	-2.7	13.2	3.1	53.2	0.6	77.7	67.4	70.2	57.0	53.8	
72	82.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	P1
73	86.00	-6.4	2.6	-7.6	-1.6	59.3	0.0	46.3	52.7	50.1	57.7	59.3	
74	91.00	-12.2	6.1	-11.9	-2.2	126.0	0.0	105.9	118.0	111.9	123.8	126.0	
75	96.00	-15.0	9.8	-8.4	-1.4	184.4	0.0	169.4	184.4	174.6	183.0	184.4	
76	101.00	-14.5	13.3	2.1	0.8	234.4	0.0	236.0	250.5	237.2	235.1	234.4	
77	106.00	-11.3	16.3	17.5	3.9	276.0	0.0	302.5	313.8	297.5	280.0	276.0	
78	111.00	-6.7	18.9	34.9	7.5	309.4	0.0	364.0	370.7	351.8	316.9	309.4	
79	116.00	-2.0	20.8	51.2	10.9	334.4	0.0	415.3	417.3	396.5	345.3	334.4	
80	121.00	1.8	22.2	63.4	13.5	351.0	0.0	451.9	450.2	428.0	364.6	351.0	
81	126.00	3.7	22.8	69.9	14.9	359.4	0.0	470.7	467.0	444.2	374.3	359.4	

< Girder 2 > - 계속

(단위 : mm)

절점 번호	누가 거리 (M)	합성전 고정하중		단일합성	이중합성	종곡선 보정량	편경사 보정량	솟음량					비고
		강재자중	하부콘크리트 타설	바닥판 타설	2차고정 하중			공장 제작시	현장 거치시	하부콘크리트 타설완료	바닥판 타설완료	2차 고정하중 재하시	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7) : (1)~(6)	(8) : (7)-(1)	(9) : (8)-(2)	(10) : (9)-(3)	(11) : (10)-(4)	
82	131.00	3.5	22.8	69.6	14.8	359.4	0.0	470.1	466.6	443.8	374.2	359.4	
83	136.00	1.1	22.2	62.5	13.3	351.0	0.0	450.2	449.1	426.9	364.4	351.0	
84	141.00	-2.9	20.9	49.8	10.6	334.4	0.0	412.7	415.7	394.8	345.0	334.4	
85	146.00	-7.9	18.9	33.1	7.2	309.4	0.0	360.7	368.6	349.7	316.5	309.4	
86	151.00	-12.6	16.4	15.6	3.5	276.0	0.0	298.9	311.5	295.1	279.6	276.0	
87	156.00	-15.8	13.3	0.2	0.4	234.4	0.0	232.5	248.2	234.9	234.7	234.4	
88	161.00	-16.1	9.9	-10.0	-1.8	184.4	0.0	166.3	182.4	172.6	182.6	184.4	
89	166.00	-13.0	6.2	-13.1	-2.5	126.0	0.0	103.6	116.6	110.4	123.5	126.0	
90	171.00	-6.8	2.6	-8.2	-1.7	59.3	0.0	45.2	52.0	49.4	57.6	59.3	
91	175.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	P2
92	180.00	10.9	-2.8	14.1	3.3	63.6	0.0	89.1	78.2	81.0	66.9	63.6	
93	185.00	24.1	-5.1	31.1	7.6	118.8	0.0	176.5	152.4	157.5	126.4	118.8	
94	190.00	39.4	-7.1	50.7	12.6	165.7	0.0	261.2	221.9	229.0	178.3	165.7	
95	195.00	56.1	-8.7	73.9	18.4	204.3	0.0	343.9	287.8	296.5	222.6	204.3	
96	200.00	72.9	-9.8	98.8	24.5	234.5	0.0	420.8	347.9	357.8	259.0	234.5	
97	205.00	87.7	-10.4	122.1	30.2	256.4	0.0	486.0	398.3	408.7	286.6	256.4	
98	210.00	99.2	-10.5	141.1	34.9	269.9	0.0	534.5	435.3	445.9	304.8	269.9	
99	215.00	106.6	-10.3	154.2	38.1	275.2	0.0	563.8	457.2	467.5	313.3	275.2	
100	220.00	109.5	-9.7	160.5	39.6	272.1	0.0	571.9	462.4	472.2	311.7	272.1	
101	225.00	107.6	-8.9	159.5	39.4	260.6	0.0	558.3	450.7	459.6	300.0	260.6	
102	230.00	101.1	-7.9	151.2	37.3	240.8	0.0	522.5	421.5	429.3	278.2	240.8	
103	235.00	89.8	-6.6	135.4	33.4	212.7	0.0	464.8	375.0	381.6	246.1	212.7	
104	240.00	74.3	-5.2	112.7	27.8	176.3	0.0	385.8	311.5	316.8	204.0	176.3	
105	245.00	54.6	-3.7	83.4	20.5	131.5	0.0	286.3	231.7	235.4	152.0	131.5	
106	249.00	36.6	-2.4	56.0	13.7	89.7	0.0	193.6	157.0	159.4	103.4	89.7	
107	253.00	16.8	-1.1	25.8	6.3	42.5	0.0	90.4	73.6	74.7	48.8	42.5	
108	257.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	A2

13. 신축이음 검토

(1) 신축량 계산 및 설치유간

1) A1 (도.편 506.3.4.11, 도.설 2.4.2.2)

① 온도변화에 의한 이동량

$\Delta Lt = \Delta T \cdot \alpha \cdot L = \pm 25 \times 0.000012 \times 81.350 = 0.02441\ m = 24.4\ mm$

여기서, ΔT : 온도변화 (50 ℃ : 보 통 지 방)

α : 선팽창계수 (0.000012 : 강 상로교)

L : 신축 GIRDER의 길이 (81.350 m)

(일반받침은 고정단으로 부터, 연직받침은 교량중심에서부터 거리)

② 건조수축에 의한 이동량

ΔLs = 0.0 mm (강 상로교에서 고려하지 않음)

③ 크리프에 의한 이동량

ΔLc = 0.0 mm (강 상로교에서 고려하지 않음)

④ 보의 처짐에 의한 이동량

ΔLr = 0.0 mm (신축장 100m 이하 미고려)

⑤ 설치유간 및 신축이음장치 규격결정

수축량 = ΔLt + ΔLs + ΔLc + ΔLr

= 24.4 + 0.0 + 0.0 + 0.0 = 24.4 mm

신장량 = ΔLt

= 24.4 mm

설치유간 = 수축량 + 신장량 + 설치여유량 + 부가여유량

= 24.4 + 24.4 + 10.0 + 10.0 = 68.8 mm

여기서, 신축장 100m 미만 : 설치여유량 (기본 신축량의 20%), 부가여유량 (10mm)

신축장 100m 이상 : 설치여유량 (10mm), 부가여유량 (20mm)

=> 신축이음장치 UCF-100S, 최대허용신축량 100 mm O.K

⑥ 지진시 변위 검토 (☞ 도.편 511.1.4.1.(7))

우리나라는 지진 발생빈도가 낮고, 신축이음이 파손되는 경우도 대형사고가 발생할 우려 적음.

또한, 지진시 이동량의 예측은 매우 어렵기 때문에 이동량의 계산에 이를 고려하지 않는다.

2) A2

① 온도변화에 의한 이동량

$\Delta Lt = \Delta T \cdot \alpha \cdot L = \pm 25 \times 0.000012 \times 174.270 = 0.05228\ m = 52.3\ mm$

여기서, ΔT : 온도변화 (50 ℃ : 보 통 지 방)

α : 선팽창계수 (0.000012 : 강 상로교)

L : 신축 GIRDER의 길이 (174.270 m)

(일반받침은 고정단으로 부터, 연직받침은 교량중심에서부터 거리)

② 건조수축에 의한 이동량

ΔLs = 0.0 mm (강 상로교에서 고려하지 않음)

③ 크리프에 의한 이동량

ΔLc = 0.0 mm (강 상로교에서 고려하지 않음)

④ 보의 처짐에 의한 이동량

$\Delta Lr = \Sigma(hi \cdot \Theta i) = 2.300 \times 2 / 3 \times 1 / 150 = 0.01022\ m = 10.2\ mm$

여기서, hi : 보의 중립축에서 받침의 회전 중심까지의 거리 (m : 통상 보높이의 2/3)

Θi : 보의 회전각 (1/150 : 강교)

⑤ 설치유간 및 신축이음장치 규격결정

수축량 = ΔLt + ΔLs + ΔLc + ΔLr

= 52.3 + 0.0 + 0.0 + 10.2 = 62.5 mm

신장량 = ΔLt

= 52.3 mm

설치유간 = 수축량 + 신장량 + 설치여유량 + 부가여유량

= 62.5 + 52.3 + 10.0 + 20.0 = 144.8 mm

여기서, 신축장 100m 미만 : 설치여유량 (기본 신축량의 20%), 부가여유량 (10mm)

신축장 100m 이상 : 설치여유량 (10mm), 부가여유량 (20mm)

=> 신축이음장치 UCF-200S, 최대허용신축량 180 mm O.K

⑥ 지진시 변위 검토 (☞ 도.편 511.1.4.1.(7))

우리나라는 지진 발생빈도가 낮고, 신축이음이 파손되는 경우도 대형사고가 발생할 우려 적음.

또한, 지진시 이동량의 예측은 매우 어렵기 때문에 이동량의 계산에 이를 고려하지 않는다.