

9. 다이아프램 설계

9.1 중간다이아프램 (K-다이아프램)

1) Diaphragm의 한계간격

(도.설.해 3.8.9.2)

$L \leq 50.0\text{m}$ 의 경우	: $L_D < 6.0\text{m}$
$L > 50.0\text{m}$ 의 경우	: $L_D \leq (0.14L - 1.0)\text{m}$
단, $L_D \leq 20.0\text{m}$	
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	0.K	
중앙경간	93.0 m	5.0 m	12.0 m	0.K	

2) 부재력 산정

(검토위치 69,J지점)

	$S_L = -2,300 \text{ mm}$ $S_R = 4,000 \text{ mm}$ $b_u = 2,400 \text{ mm}$ $b_l = 2,400 \text{ mm}$ $h = 3,519 \text{ mm}$ $h_1 = 250 \text{ mm}$ $h_2 = 3,069 \text{ mm}$ $h_3 = 200 \text{ mm}$ $e1 = 850 \text{ mm}$ $e2 = 2,000 \text{ mm}$
--	---

$$D = \pm \frac{S_k \cdot L_{DK}}{2 \cdot A_0} \left(\frac{M}{R} - \frac{a}{b} e \cdot w \right) \quad S = \pm \frac{S_k \cdot a}{4 \cdot A_0} \left(\frac{a}{b} e \cdot w - \frac{M}{R} \right)$$

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, $(a + b)/2 \times h$ = 8.446 m²

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/m³ , 두께 = 240 mm

$$W_1 = (2.300 + 4.000) \times 0.240 \times 25.000 \quad ; \text{바닥판 일괄타설} = 37.800 \text{ kN/m}$$

$$W_2 = (2.300) \times 0.240 \times 25.000 \quad ; \text{바닥판 편측타설} = 13.800 \text{ kN/m}$$

② 바닥판 일괄타설시 부재력 산정

$$D_1 = \{(5.000 \times 3.295) / (2 \times 8.446)\} \times \{-149.773 - (2.400 / 2.400) \times 0.850 \times 37.800\} = -177.435 \text{ kN}$$

$$S_1 = \{(5.000 \times 2.400) / (4 \times 8.446)\} \times \{(2.400 / 2.400) \times 0.850 \times 37.800 - 149.773\} = 64.615 \text{ kN}$$

$$\therefore \text{인장 } P_{\max} = 177.435 \text{ kN} \quad \therefore \text{압축 } C_{\max} = 177.435 \text{ kN}$$

③ 바닥판 편측타설시 부재력 산정

$$D_2 = \{(5.000 \times 3.295) / (2 \times 8.446)\} \times \{-149.773 - (2.400 / 2.400) \times 2.000 \times 13.800\} = -173.016 \text{ kN}$$

$$S_2 = \{(5.000 \times 2.400) / (4 \times 8.446)\} \times \{(2.400 / 2.400) \times 2.000 \times 13.800 - 149.773\} = 63.005 \text{ kN}$$

$$\therefore \text{인장 } P_{\max} = 173.016 \text{ kN} \quad \therefore \text{압축 } C_{\max} = 173.016 \text{ kN}$$

④ 위치별 부재력 산정

※ 휨모멘트 : 합성전강재자중+하부콘크리트자중+상부바닥판자중

부재	길이방향간격	사재길이	폐단면적	휨모멘트	바닥판 타설 Max(일괄타설, 편측타설)		비고
	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: 중복식
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

부재	길이방향간격	사재길이	폐단면적	휨모멘트	바닥판 타설 Max(일괄타설, 편측타설)		비고
	$S_k(m)$	$L_{DK}(m)$	$A_0(m^2)$	$M(kN/m)$	$D(kN)$	$S(kN)$	
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: 중복식
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 고려하지 않은 허용축방향 압축응력

$$K \frac{l}{r_x} = 0.75 \frac{3,295}{30.4} = 81.3$$

$$f_{ca} = 1.25 \times [140 - 0.82(\ell/r - 18.6)] \quad , \quad (18.6 < \ell/r \leq 92.8)$$

$$= 110.7 \text{ MPa}$$

$$A_s = 1,900 \text{ mm}^2$$

$$f_s = \frac{F}{A_s} = \frac{177.43 \times 1,000}{1,900} = 93.4 \text{ MPa} < 110.7 \text{ MPa} \quad \therefore \text{O.K}$$

※ 본 부재는 가설용임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

④ 인장응력검토

$$A_s = 1,900 \times 0.75 = 1,425 \text{ mm}^2$$

$$f_s = \frac{F}{A_s} = \frac{177.43 \times 1,000}{1,425} = 124.5 \text{ MPa} < 175.0 \text{ MPa} \quad \therefore \text{O.K}$$

※ 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)	$K \cdot \ell / r_{\min}$	$K \cdot \ell / r_x$	f_c (MPa)	f_{ca} (MPa)	f_c (MPa)	f_{ta} (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: 총복식
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)	$K \cdot l / r_{\min}$	$K \cdot l / r_x$	f_c (MPa)	f_{ca} (MPa)	f_c (MPa)	f_{ta} (MPa)		
80,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	1.4	134.0	1.9	175.0	0.K	
81,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	3.5	134.0	4.7	175.0	0.K	
82,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	8.7	134.0	11.6	175.0	0.K	
30,J지점	L-100×100×10	2375	91.4	58.6	16.4	134.0	21.9	175.0	0.K	
84,J지점	L-100×100×10	2400	92.3	59.2	27.0	133.4	36.0	175.0	0.K	
85,J지점	L-100×100×10	2497	96.0	61.6	40.0	130.9	53.4	175.0	0.K	
86,J지점	L-100×100×10	2668	102.6	65.8	55.8	126.6	74.4	175.0	0.K	
87,J지점	L-100×100×10	2917	112.2	72.0	75.0	120.3	100.1	175.0	0.K	P2: 폐합
88,J지점	L-100×100×10	3247	124.9	80.1	98.4	112.0	131.2	175.0	0.K	P2: 폐합
36,J지점										P2: 중복식
90,J지점	L-100×100×10	3295	126.7	81.3	90.6	110.7	120.9	175.0	0.K	P2: 폐합
91,J지점	L-100×100×10	3110	119.6	76.7	65.3	115.4	87.1	175.0	0.K	P2: 폐합
92,J지점	L-100×100×10	2971	114.3	73.3	43.4	118.9	57.8	175.0	0.K	
93,J지점	L-100×100×10	2877	110.7	71.0	24.1	121.3	32.2	175.0	0.K	
41,J지점	L-100×100×10	2827	108.7	69.8	7.3	122.6	9.8	175.0	0.K	
95,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	8.5	122.8	11.3	175.0	0.K	
96,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	19.4	122.8	25.9	175.0	0.K	
97,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	27.5	122.8	36.7	175.0	0.K	
98,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	32.8	122.8	43.7	175.0	0.K	
99,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	35.2	122.8	46.9	175.0	0.K	
100,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	34.6	122.8	46.1	175.0	0.K	
101,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	31.1	122.8	41.5	175.0	0.K	
102,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	24.8	122.8	33.0	175.0	0.K	
103,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	15.8	122.8	21.1	175.0	0.K	
104,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	5.4	122.8	7.1	175.0	0.K	
105,J지점	L-100×100×10	2818	108.4	69.5	5.0	122.8	6.7	175.0	0.K	

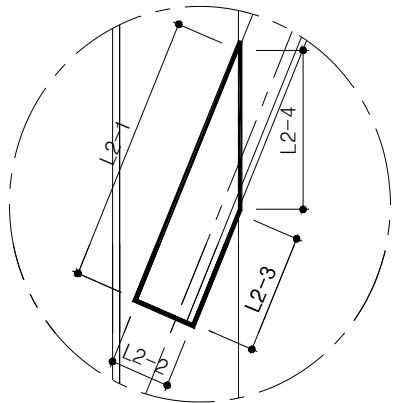
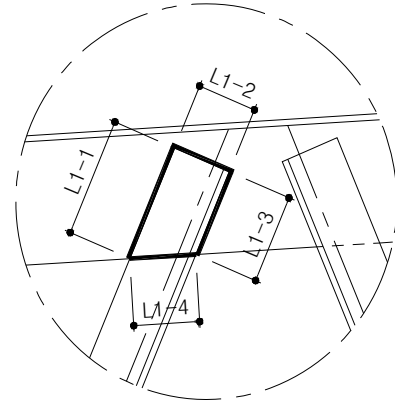
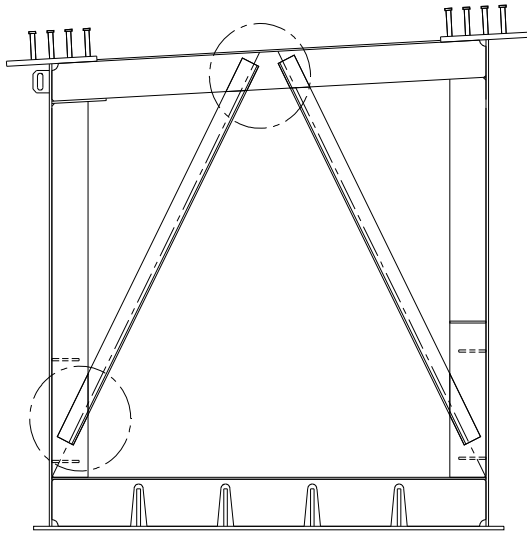
4) 이음부 설계

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

두꺼운 쪽 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

$t1 > S > \sqrt{2}t2 = 10 > S > 4.9$

- 필렛용접 치수 S 결정

S = 6 mm 적용

- 용접길이 산정 및 용접부 전단응력 검토

최소용접길이 L_{min} 은 $10 \times S$ 및 80mm 이상으로 한다.

$L_{1-1} = 180 \text{ mm} > 80 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$ $L_{1-2} = 100 \text{ mm} > 80 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$

$L_{1-3} = 140 \text{ mm} > 80 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$ $L_{1-4} = 100 \text{ mm} > 80 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$

$L_1 = L_{1-1} + L_{1-2} + L_{1-3} + L_{1-4} = 180 + 100 + 140 + 100 = 520 \text{ mm}$

$A_1 = L_1 \times S \times 0.707 = 520 \times 6 \times 0.707 = 2206 \text{ mm}^2$

$f_v = \frac{F}{A} = \frac{186,933}{2,206} = 84.7 < 100.0 \text{ Mpa} \therefore \text{O.K}$

※ 본 부재는 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

1.25×80=100MPa를 적용 함.

② 위치별 사재 용접검토

부 재	사재 재원	부재력	용접두	용접길이	용접길이	용접부 응력검토			판 정	비고
		F	S	L1	L2	상부응력	하부응력	허용응력		
		(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	v_U (MPa)	v_B (MPa)	v_a (MPa)		
54, J지점	L-100×100×10	6.8	6	520	900	3.1	1.8	100.0	0.K	
55, J지점	L-100×100×10	11.3	6	520	900	5.1	3.0	100.0	0.K	
56, J지점	L-100×100×10	25.8	6	520	900	11.7	6.7	100.0	0.K	
57, J지점	L-100×100×10	50.1	6	520	900	22.7	13.1	100.0	0.K	
58, J지점	L-100×100×10	63.0	6	520	900	28.6	16.5	100.0	0.K	
59, J지점	L-100×100×10	70.3	6	520	900	31.9	18.4	100.0	0.K	
60, J지점	L-100×100×10	71.7	6	520	900	32.5	18.8	100.0	0.K	
61, J지점	L-100×100×10	67.0	6	520	900	30.4	17.5	100.0	0.K	
62, J지점	L-100×100×10	56.2	6	520	900	25.5	14.7	100.0	0.K	
63, J지점	L-100×100×10	39.7	6	520	900	18.0	10.4	100.0	0.K	
64, J지점	L-100×100×10	17.3	6	520	900	7.9	4.5	100.0	0.K	
12, J지점	L-100×100×10	13.5	6	520	900	6.1	3.5	100.0	0.K	
66, J지점	L-100×100×10	48.6	6	520	900	22.0	12.7	100.0	0.K	
67, J지점	L-100×100×10	87.2	6	520	900	39.5	22.8	100.0	0.K	
68, J지점	L-100×100×10	129.7	6	520	900	58.8	34.0	100.0	0.K	
69, J지점	L-100×100×10	177.4	6	520	900	80.4	46.5	100.0	0.K	
17, J지점										P1: 총복식
71, J지점	L-100×100×10	152.3	6	520	900	69.1	39.9	100.0	0.K	
72, J지점	L-100×100×10	145.2	6	520	900	65.8	38.0	100.0	0.K	
73, J지점	L-100×100×10	108.1	6	520	900	49.0	28.3	100.0	0.K	
74, J지점	L-100×100×10	77.8	6	520	900	35.3	20.4	100.0	0.K	
75, J지점	L-100×100×10	52.7	6	520	900	23.9	13.8	100.0	0.K	
76, J지점	L-100×100×10	32.5	6	520	900	14.7	8.5	100.0	0.K	
77, J지점	L-100×100×10	17.2	6	520	900	7.8	4.5	100.0	0.K	
78, J지점	L-100×100×10	7.1	6	520	900	3.2	1.9	100.0	0.K	
79, J지점	L-100×100×10	2.6	6	520	900	1.2	0.7	100.0	0.K	
80, J지점	L-100×100×10	2.7	6	520	900	1.2	0.7	100.0	0.K	
81, J지점	L-100×100×10	6.7	6	520	900	3.0	1.7	100.0	0.K	
82, J지점	L-100×100×10	16.5	6	520	900	7.5	4.3	100.0	0.K	
30, J지점	L-100×100×10	31.2	6	520	900	14.2	8.2	100.0	0.K	
84, J지점	L-100×100×10	51.3	6	520	900	23.3	13.4	100.0	0.K	
85, J지점	L-100×100×10	76.0	6	520	900	34.5	19.9	100.0	0.K	
86, J지점	L-100×100×10	106.0	6	520	900	48.1	27.8	100.0	0.K	
87, J지점	L-100×100×10	142.6	6	520	900	64.6	37.3	100.0	0.K	
88, J지점	L-100×100×10	186.9	6	520	900	84.7	49.0	100.0	0.K	
36, J지점										P2: 총복식
90, J지점	L-100×100×10	172.2	6	520	900	78.1	45.1	100.0	0.K	
91, J지점	L-100×100×10	124.0	6	520	900	56.2	32.5	100.0	0.K	
92, J지점	L-100×100×10	82.4	6	520	900	37.4	21.6	100.0	0.K	
93, J지점	L-100×100×10	45.9	6	520	900	20.8	12.0	100.0	0.K	
41, J지점	L-100×100×10	13.9	6	520	900	6.3	3.6	100.0	0.K	
95, J지점	L-100×100×10	16.1	6	520	900	7.3	4.2	100.0	0.K	
96, J지점	L-100×100×10	37.0	6	520	900	16.8	9.7	100.0	0.K	
97, J지점	L-100×100×10	52.3	6	520	900	23.7	13.7	100.0	0.K	
98, J지점	L-100×100×10	62.3	6	520	900	28.3	16.3	100.0	0.K	
99, J지점	L-100×100×10	66.8	6	520	900	30.3	17.5	100.0	0.K	
100, J지점	L-100×100×10	65.7	6	520	900	29.8	17.2	100.0	0.K	
101, J지점	L-100×100×10	59.1	6	520	900	26.8	15.5	100.0	0.K	
102, J지점	L-100×100×10	47.1	6	520	900	21.3	12.3	100.0	0.K	
103, J지점	L-100×100×10	30.0	6	520	900	13.6	7.9	100.0	0.K	
104, J지점	L-100×100×10	10.2	6	520	900	4.6	2.7	100.0	0.K	
105, J지점	L-100×100×10	9.6	6	520	900	4.3	2.5	100.0	0.K	

9.2 교대부 다이아프램

(절점 1)

(도.설.해 3.8.9.2)

▪ Diaphragm의 한계간격

$L \leq 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D < 6.0\text{m}$

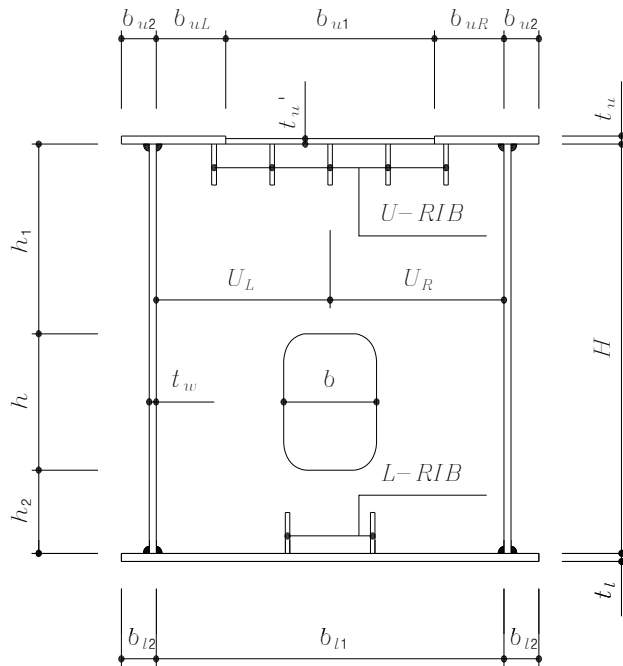
$L > 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D \leq (0.14L - 1.0)\text{m}$

단, $L_D \leq 20.0\text{m}$

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [5.000 m]

L : 교량의 지간길이(m) [82.000 m]

$L = 82.000\text{ m} > 50.000\text{ m} \Rightarrow L_D = 5.000\text{ m} \leq L_{D\text{req}} = 10.480\text{ m} \dots\dots \mathbf{O.K !!}$



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_R	=	0.000	°

Diaphragm 두께 : $t_D = 16.0\text{ mm}$ 강재 탄성계수 : 205,000 MPa 강재전단탄성계수 : 79,000 MPa

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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

$$\rho = \sqrt{(A' / A)} = \sqrt{[(700.0 \times 1,000.0) / \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 2,800.0\}]} = 0.323$$

$$\mathbf{0.4 \geq \rho = 0.323}$$

$\Rightarrow$ **충복판 형식 적용**

▪ 상부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

$$F_u = 18,000.0 + 22,800.0 + 0.0 = 4.080\text{E}+04\text{ mm}^2$$

▪ 하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

$$F_l = 3,600.0 + 31,200.0 = 3.480\text{E}+04\text{ mm}^2$$

▪ 복부 1개의 단면적

$$F_h = 33,600.0 = 3.360E+04 \text{ mm}^2$$

▪ 상부플랜지의 복부판 중심간격

$$B_u = 2,400.0 + 12.0/2 + 12.0/2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

▪ 하부플랜지의 복부판 중심간격

$$B_l = 2,400.0 + 12.0/2 + 12.0/2 = 2,412.0 \text{ mm}$$

▪ 상부플랜지의 돌출폭

$$b_1 = 250.0 - 12.0 = 238.0 \text{ mm}$$

▪ 하부플랜지의 돌출폭

$$b_2 = 100.0 - 12.0 = 88.0 \text{ mm}$$

▪ 리브를 포함하는 상부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_u = 7,234,000,000.0 + \quad - \quad + \quad - = 7.234000E+09 \text{ mm}^2$$

▪ 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_l = 17,576,000,000.0 + 6,750,000.000 + 576,000,000 = 1.816E+10 \text{ mm}^2$$

▪ 변형함수

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H \\ &= \{27,789,303.3 / (27,789,303.3+23,259,970.8) \times \{(2,412.0+2,412.0)/4\} \times 2,800.0 = 1.838E+06 \text{ mm}^2 \\ \alpha_2 &= \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H \\ &= \{23,259,970.8 / (27,789,303.3+23,259,970.8) \times \{(2,412.0+2,412.0)/4\} \times 2,800.0 = 1.539E+06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u+2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$$= (18,158,750,000.0/2,412.0) + \{(2,412.0 \times 2,412.0) \times 33,600.0/12\} = 2.779E+07 \text{ mm}^3$$

$$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u+B_l) \cdot F_h / 12\}$$

$$= (7,234,000,000.0/2,412.0) + \{(2 \times 2,412.0+2,412.0) \times 33,600.0/12\} = 2.326E+07 \text{ mm}^3$$

▪ 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$$\begin{aligned} I_{DW} &= 1/3 \cdot \{ \alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1+2 \cdot b_1/B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1+2 \cdot b_2/B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h \} \\ &= (1/3) \cdot \{ 1,838,202.8^2 \times 40,800.0 \times (1 + 2 \times 238.0 / 2,412.0)^2 + \\ &\quad 1,538,597.2^2 \times 34,800.0 \times (1 + 2 \times 88.0 / 2,412.0)^2 + 2 \times (1,838,202.8^2 \\ &\quad - 1,838,202.8 \times 1,538,597.2 + 1,538,597.2^2) \times 33,600.0 \} = 1.629E+17 \text{ mm}^6 \end{aligned}$$

▪ Diaphragm의 필요강도

$$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3 = 20 \times 205,000.0 \times 162,859,567,816,359,000.0 / 10,480.0^3 = 5.801E+11 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

▪ Diaphragm의 강도 검토

$$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D = 4 \times 79,000.0 \times \{(2,400.0+2,400.0)/2 \times 2,800.0\} \times 16.0 = 3.398E+13 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\therefore K_{use} = 3.398E+13 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq K_{req} = 5.801E+11 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \dots\dots \mathbf{O.K !!}$$

9.3 교각부 다이아프램

(절점 11)

(도.설.해 3.8.9.2)

Diaphragm의 한계간격

$L \leq 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D < 6.0\text{m}$

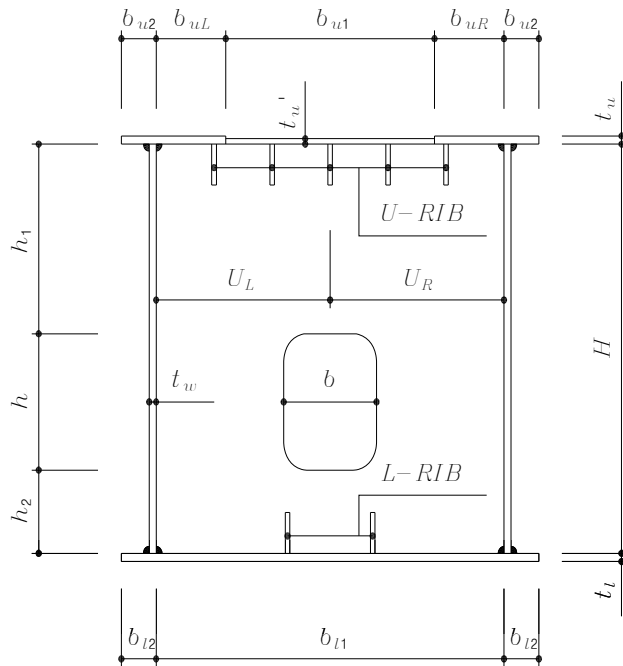
$L > 50.0\text{m}$ 의 경우 : $L_D \leq (0.14L - 1.0)\text{m}$

단, $L_D \leq 20.0\text{m}$

여기서, L_D : 중간 DIAPHRAGM의 간격(m) [5.000 m]

L : 교량의 지간길이(m) [93.000 m]

$L = 93.000\text{ m} > 50.000\text{ m} \Rightarrow L_D = 5.000\text{ m} \leq L_{D\text{req}} = 12.020\text{ m} \dots\dots \mathbf{O.K !!}$



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_R	=	0.000	°

Diaphragm 두께 : $t_D = 26.0\text{ mm}$ 강재 탄성계수 : 205,000 MPa 강재전단탄성계수 : 79,000 MPa

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$X(\text{mm})$	$A_s \cdot X(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot X^2(\text{mm}^4)$	$I_{yo}(\text{mm}^4)$
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

$$\rho = \sqrt{(A' / A)} = \sqrt{[(700.0 \times 1,000.0) / \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 3,700.0\}]} = 0.281$$

$$\mathbf{0.4 \geq \rho = 0.281}$$

$\Rightarrow$ **충복판 형식 적용**

상부플랜지의 총단면적

$$F_u = 116,000.0 + 0.0 + 0.0 = 1.160\text{E}+05\text{ mm}^2$$

하부플랜지의 총단면적 (리브 포함)

$$F_l = 5,600.0 + 72,800.0 = 7.840\text{E}+04\text{ mm}^2$$

▪ 복부 1개의 단면적

$$F_h = 66,600.0 = 6.660E+04 \text{ mm}^2$$

▪ 상부플랜지의 복부판 중심간격

$$B_u = 2,400.0 + 18.0/2 + 18.0/2 = 2,418.0 \text{ mm}$$

▪ 하부플랜지의 복부판 중심간격

$$B_l = 2,400.0 + 18.0/2 + 18.0/2 = 2,418.0 \text{ mm}$$

▪ 상부플랜지의 돌출폭

$$b_1 = 250.0 - 18.0 = 232.0 \text{ mm}$$

▪ 하부플랜지의 돌출폭

$$b_2 = 100.0 - 18.0 = 82.0 \text{ mm}$$

▪ 리브를 포함하는 상부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_u = 81,296,666,666.7 + \quad - \quad + \quad - = 8.129667E+10 \text{ mm}^2$$

▪ 리브를 포함하는 하부플랜지의 수직축 단면2차모멘트

$$I_l = 41,010,666,666.7 + 36,586,666.667 + \quad - = 4.105E+10 \text{ mm}^2$$

▪ 변형함수

$$\alpha_1 = \{e / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{57,235,404.4 / (57,235,404.4 + 73,881,150.2)\} \times \{(2,418.0 + 2,418.0) / 4\} \times 3,700.0 = 1.953E+06 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_2 = \{f / (e+f)\} \cdot \{(B_u+B_l)/4\} \cdot H$$

$$= \{73,881,150.2 / (57,235,404.4 + 73,881,150.2)\} \times \{(2,418.0 + 2,418.0) / 4\} \times 3,700.0 = 2.521E+06 \text{ mm}^2$$

여기서, $e = (I_l / B_l) + \{(B_u + 2B_l) \cdot F_h / 12\}$

$$= (41,047,253,333.4 / 2,418.0) + \{(2,418.0 + 2 \times 2,418.0) \times 66,600.0 / 12\} = 5.724E+07 \text{ mm}^3$$

$$f = (I_u / B_u) + \{(2B_u + B_l) \cdot F_h / 12\}$$

$$= (81,296,666,666.7 / 2,418.0) + \{(2 \times 2,418.0 + 2,418.0) \times 66,600.0 / 12\} = 7.388E+07 \text{ mm}^3$$

▪ 박스거더의 단면형상에 대한 상수

$$I_{DW} = 1/3 \cdot \{ \alpha_1^2 \cdot F_u \cdot (1 + 2 \cdot b_1 / B_u)^2 + \alpha_2^2 \cdot F_l \cdot (1 + 2 \cdot b_2 / B_l)^2 + 2 \cdot (\alpha_1^2 - \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \alpha_2^2) \cdot F_h \}$$

$$(1/3) \cdot \{ 1,952,698.8^2 \times 116,000.0 \times (1 + 2 \times 232.0 / 2,418.0)^2 +$$

$$2,520,601.2^2 \times 78,400.0 \times (1 + 2 \times 82.0 / 2,418.0)^2 + 2 \times (1,952,698.8^2$$

$$- 1,952,698.8 \times 2,520,601.2 + 2,520,601.2^2) \times 66,600.0 \} = 6.316E+17 \text{ mm}^6$$

▪ Diaphragm의 필요강도

$$K_{req} = 20 \cdot E \cdot I_{DW} / L_{Dreq}^3 = 20 \times 205,000.0 \times 631,629,176,737,761,000.0 / 12,020.0^3 = 1.491E+12 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

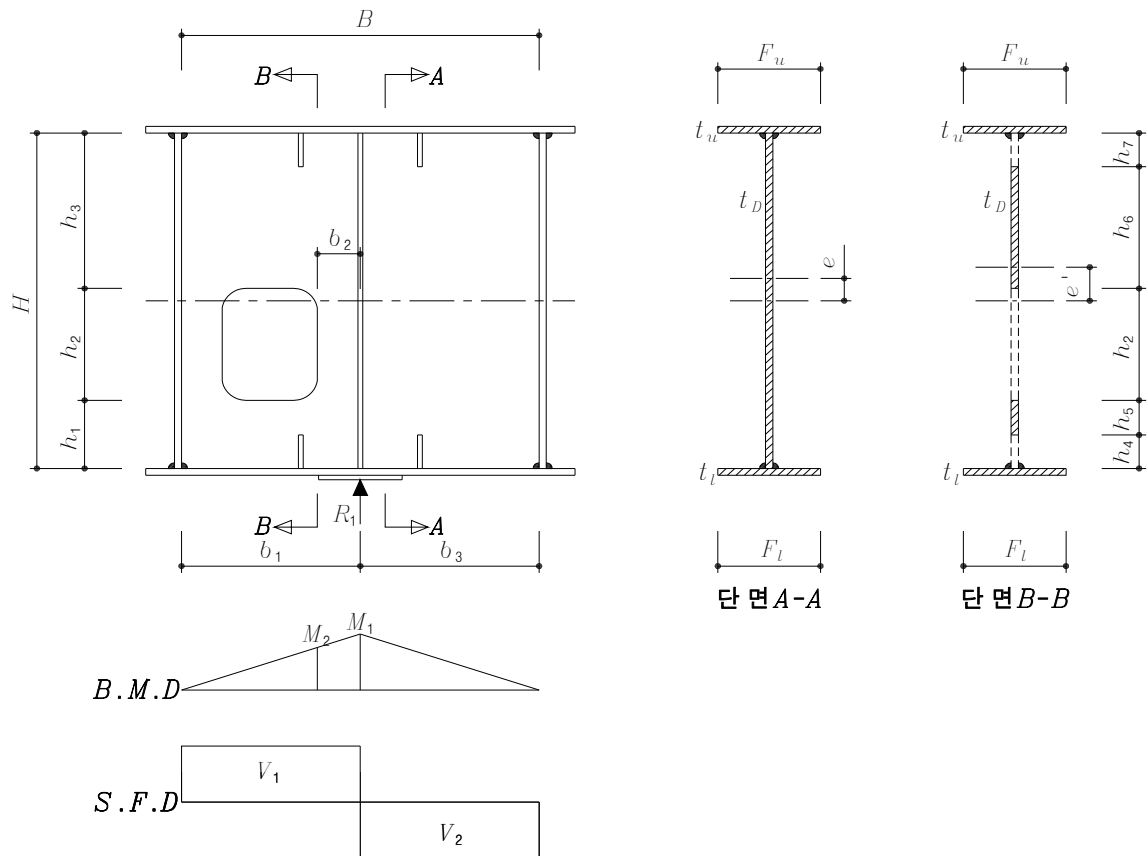
▪ Diaphragm의 강도 검토

$$K_{use} = 4 \cdot G \cdot A \cdot t_D = 4 \times 79,000.0 \times \{(2,400.0 + 2,400.0) / 2 \times 3,700.0\} \times 26.0 = 7.296E+13 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\therefore K_{use} = 7.296E+13 \text{ N} \cdot \text{mm} \geq K_{req} = 1.491E+12 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \dots\dots \text{O.K !!}$$

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	구 격	A _s (mm ²)	Y(mm)	A _s ·Y(mm ³)	A _s ·Y ² (mm ⁴)	I _{x0} (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

$$e = \sum A_s \cdot Y / \sum A_s = 6,097,248.0 / 56,032.0 = 108.817 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \sum I_{x0} + \sum A \cdot Y^2 - \sum A \cdot e^2 = 29,269,584,757.3 + 22,269,490,272.0 - 56,032.0 \times 108.8^2 = 5.088E+10 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (2,930.785 / 50,875,589,285.9) \times (2,800.0/2 + 12.0 + 108.8) = 87.610 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 87.610 \text{ MPa} \leq f_a = 230.000 \text{ MPa} \text{ (HSB500)} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$u = 2,442.3 / 44,800.0 = 54.516 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 54.516 \text{ MPa} \leq u_a = 135.000 \text{ MPa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 2축 응력상태의 검토

(도.설.해 3.8.2.5)

$f_v = 123.348 \text{ MPa}$ 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a} \right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a} \right) \cdot \left(\frac{f_l}{f_a} \right) + \left(\frac{f_l}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{v}{v_a} \right)^2$$

$$(123.35/230.0)^2 - (123.35/230.0) \times (87.61/230.0) + (87.61/230.0)^2 + (54.52/135.0)^2 = 0.391$$

$$\therefore \text{2축 응력} = 0.391 \leq 1.200 \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

▪ 단면 B-B 응력검토

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{xo}(\text{mm}^4)$
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

$$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s = 2,077,248.0 / 37,632.0 = 55.199 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \Sigma I_{xo} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2 = 2,425,751,424.0 + 40,321,990,272.0 - 37,632.0 \times 55.2^2 = 4.263E+10 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

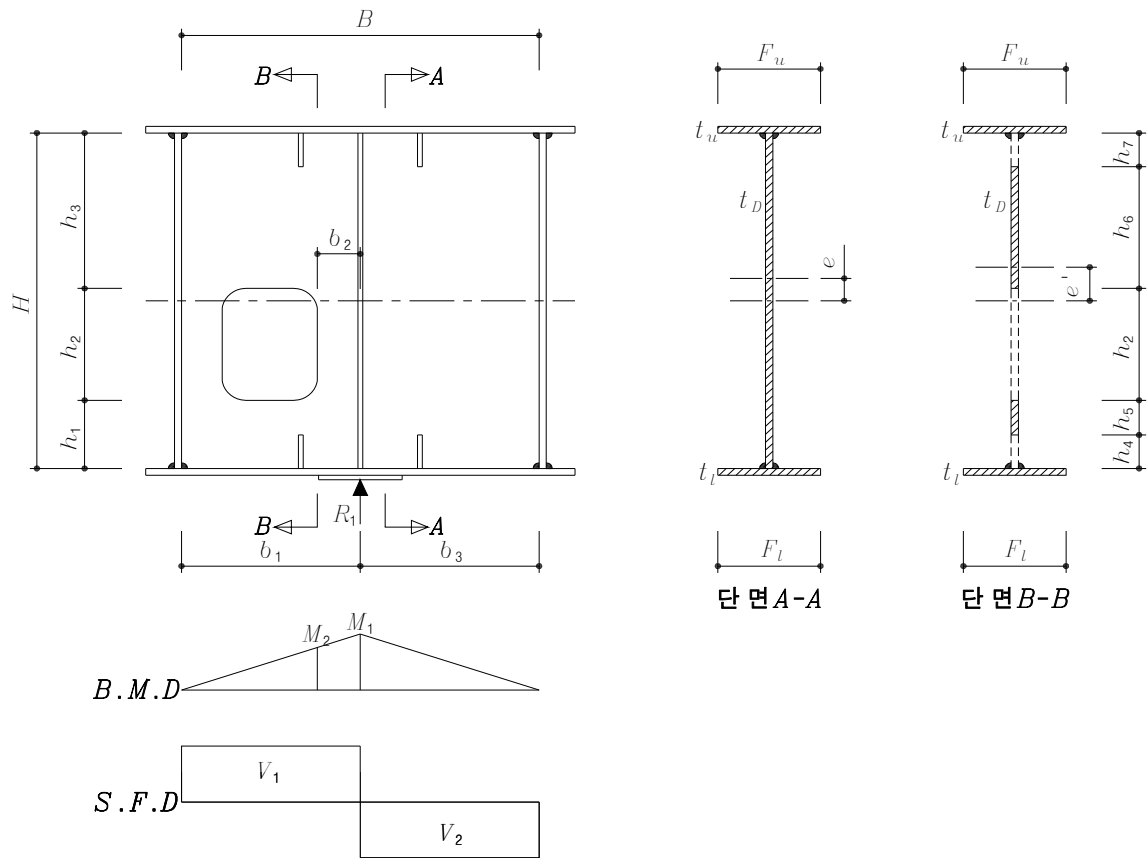
$$f_l = (1,941.645 / 42,633,079,726.0) \times (2,800.0/2 + 12.0 + 55.2) = 66.821 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 66.821 \text{ MPa} \leq f_a = 230.000 \text{ MPa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$u = 2,442.321 / (7,200.0 + 19,200.0) = 92.512 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 92.512 \text{ MPa} \leq u_a = 135.000 \text{ MPa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

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

구분	규격	A_s (mm ²)	Y (mm)	$A_s \cdot Y$ (mm ³)	$A_s \cdot Y^2$ (mm ⁴)	I_{x0} (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
합계		153,416.0	6.0	3.673E+07	1.997E+11	1.098E+11

$$e = \frac{\sum A_s \cdot Y}{\sum A_s} = \frac{36,734,976.0}{153,416.0} = 239.447 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \sum I_{x0} + \sum A \cdot Y^2 - \sum A \cdot e^2 = 109,754,515,978.7 + 199,657,076,736.0 - 153,416.0 \times 239.4^2 = 3.006E+11 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (8,293.008 / 300,615,518,891.1) \times (3,700.0/2 + 28.0 + 239.4) = 58.413 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 58.413 \text{ MPa} \leq f_a = 230.000 \text{ MPa} \text{ (HSB500)} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$u = 6,910.8 / 96,200.0 = 71.838 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 71.838 \text{ MPa} \leq u_a = 135.000 \text{ MPa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

- 2축 응력상태의 검토

(도.설.해 3.8.2.5)

$f_v = 185.715 \text{ MPa}$ 수직응력 [지점부 보강재 검토 참조]

$$\left(\frac{f_v}{f_a} \right)^2 - \left(\frac{f_v}{f_a} \right) \cdot \left(\frac{f_l}{f_a} \right) + \left(\frac{f_l}{f_a} \right)^2 + \left(\frac{v}{v_a} \right)^2$$

$$(185.72/230.0)^2 - (185.72/230.0) \times (58.41/230.0) + (58.41/230.0)^2 + (71.84/135.0)^2 = 0.795$$

$$\therefore \text{2축 응력} = 0.795 \leq 1.200 \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

▪ 단면 B-B 응력검토

구 분	규 격	$A_s(\text{mm}^2)$	$Y(\text{mm})$	$A_s \cdot Y(\text{mm}^3)$	$A_s \cdot Y^2(\text{mm}^4)$	$I_{x0}(\text{mm}^4)$
UPPER FL.	1 - 960.0 × 40.0	38,400.0	1,870.0	7.181E+07	1.343E+11	5.120E+06
Diaphragm	1 - 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

$$e = \Sigma A_s \cdot Y / \Sigma A_s = 25,783,776.0 / 120,136.0 = 214.622 \text{ mm}$$

$$I_{33} = \Sigma I_{x0} + \Sigma A \cdot Y^2 - \Sigma A \cdot e^2 = 16,768,761,645.3 + 248,081,153,736.0 - 120,136.0 \times 214.6^2 = 2.593E+11 \text{ mm}^4$$

- 응력 계산

$$f_l = (5,494.118 / 259,316,161,096.0) \times (3,700.0/2 + 28.0 + 214.6) = 44.336 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_l = 44.336 \text{ MPa} \leq f_a = 230.000 \text{ MPa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

$$u = 6,910.840 / (11,700.0 + 51,220.0) = 109.835 \text{ MPa}$$

$$\therefore u = 109.835 \text{ MPa} \leq u_a = 135.000 \text{ MPa} \dots\dots \mathbf{0.K !!}$$

3) DIAPHRAGM 간격 및 응력검토 결과 정리

① 다이아프램의 간격 및 강도 검토

개구율 $\rho = \sqrt{A' / A}$ A' : 개구부 면적 , A : 총면적

구분		다이아프램의 간격 (mm)			다이아프램 형식				강 도 K (N · mm)		
		한계간격	적용간격	판정	A' (mm ²)	A (mm ²)	개구율	판정	필요강도	사용강도	판정
A1	G1	10480.0	5000.0	0.K	350000.0	6720000.0	0.23	충복판식	5.801E+11	3.398E+13	0.K
	G2	10480.0	5000.0	0.K	350000.0	6720000.0	0.23	충복판식	5.801E+11	3.398E+13	0.K
P1	G1	12020.0	5000.0	0.K	350000.0	8880000.0	0.20	충복판식	1.491E+12	7.296E+13	0.K
	G2	12020.0	5000.0	0.K	350000.0	8880000.0	0.20	충복판식	1.491E+12	7.296E+13	0.K
P2	G1	12020.0	5000.0	0.K	350000.0	8880000.0	0.20	충복판식	1.491E+12	7.296E+13	0.K
	G2	12020.0	5000.0	0.K	350000.0	8880000.0	0.20	충복판식	1.491E+12	7.296E+13	0.K
A2	G1	10480.0	5000.0	0.K	350000.0	6720000.0	0.23	충복판식	5.801E+11	3.398E+13	0.K
	G2	10480.0	5000.0	0.K	350000.0	6720000.0	0.23	충복판식	5.801E+11	3.398E+13	0.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	0.K	54.5	92.5	135.0	0.K	0.39	1.2	0.K
	G2	87.6	66.8	230.0	0.K	54.5	92.5	135.0	0.K	0.39	1.2	0.K
P1	G1	58.4	44.3	230.0	0.K	71.8	109.8	135.0	0.K	0.79	1.2	0.K
	G2	58.4	44.3	230.0	0.K	71.8	109.8	135.0	0.K	0.79	1.2	0.K
P2	G1	58.4	44.3	230.0	0.K	71.8	109.8	135.0	0.K	0.79	1.2	0.K
	G2	58.4	44.3	230.0	0.K	71.8	109.8	135.0	0.K	0.79	1.2	0.K
A2	G1	87.6	66.8	230.0	0.K	54.5	92.5	135.0	0.K	0.39	1.2	0.K
	G2	87.6	66.8	230.0	0.K	54.5	92.5	135.0	0.K	0.39	1.2	0.K

9.5 수평브레이싱 설계

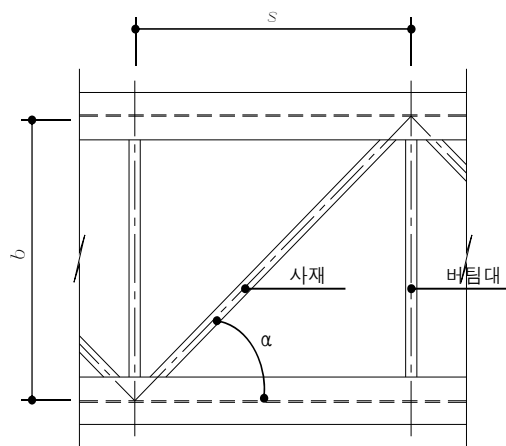
개구형 강상자형의 경우 바닥판 콘크리트가 양생되어 합성단면으로의 역할을 수행하기 이전의 운반, 설치단계에서 충분한 강성을 확보하도록 상부플랜지에 수평브레이싱을 설치하여야 한다.

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



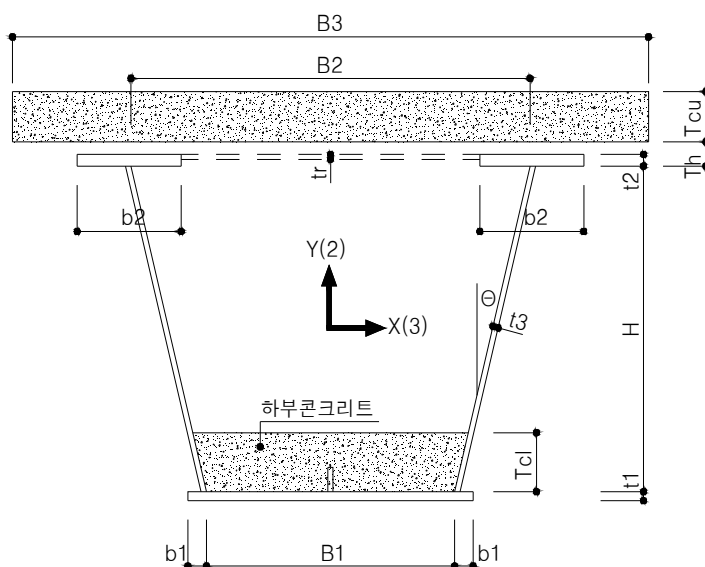
$s = 2.500 \text{ m}$ (수직재 설치간격)

$$b = 2.400 \text{ m}$$

$$\alpha = 43.8^\circ$$

(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

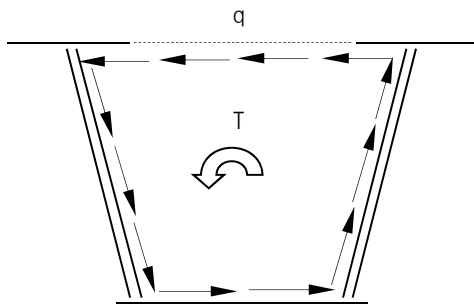
② 응 력 : (+) 인장응력, (-) 압축응력

2) 작용하중별 수평브레이싱 축력산정

가) 비틀림모멘트에 의한 수평브레이싱 축력산정

① 비틀림모멘트에 의한 축력계산

상부오픈부 등가플랜지



$$q = \frac{T}{(2 \times A_0)} \quad ; \quad \text{전단흐름}$$

$$D_{tor} = \pm \frac{q \times b}{\sin \alpha}$$

$$S_{tor} = (D_{tor1} - D_{tor2}) \sin \alpha$$

여기서, A = 준폐합단면적

b = 상부플랜지 중심간 거리

α = 상부플랜지와 사재의 예각 (radian)

- 위치별 비틀림에 의한 발생 부재력

부재	T (kN · m)	A ₀ (m ²)	b (m)	sin α	q (kN/m)	D _{tor} (kN)	S _{tor} (kN)	비고
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

$$D_{bend} = \frac{f_{xTop} \times s \times \cos \alpha}{k_1} \quad : \text{사재의 축력}$$

$$S_{bend} = - D_{bend} \times \sin \alpha \quad : \text{수직재의 축력}$$

$$f_{xTop} = M / Z \quad : \text{상부플랜지 중심에서의 종방향 응력}$$

$$f_{L \text{ bend}} = \frac{1.5 \cdot s \cdot S_{bend}}{bf^2 \cdot t_f} \quad : \text{상부플랜지 횡방향 휨응력}$$

$$k_1 = \frac{d}{A_d} + \frac{b}{A_s} \cdot \sin^2 \alpha + \frac{s^3}{2 b_f^3 t_f} \cdot \sin^2 \alpha$$

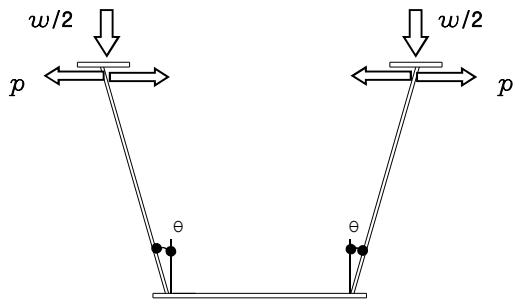
여기서, M : 모멘트, Z : 단면계수

$$\begin{aligned} d &= \text{사재의 길이} &= 3.466 \text{ m (} 3.124 \\ s &= \text{수직재의 간격} &= 2.500 \text{ m} \\ b &= \text{상부플랜지 중심간 거리} &= 2.400 \text{ m} \\ b_f &= \text{상부플랜지의 폭} \\ t_f &= \text{상부플랜지의 두께} \\ \alpha &= \text{상부플랜지와 사재의 예각 (radian)} \\ A_d &= \text{사재의 단면적 (m}^2 \text{)} \\ A_s &= \text{수직재의 단면적 (m}^2 \text{)} \end{aligned}$$

- 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: 폐 합
69,J지점	-44931.8	0.294	152.9	8.200	0.024					P1: 폐 합
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: 폐 합
72,J지점	-34929.3	0.288	121.2	8.200	0.028					P1: 폐 합
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: 폐 합
88,J지점	-47847.2	0.334	143.4	8.200	0.028					P2: 폐 합
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: 폐 합
91,J지점	-28489.5	0.287	99.1	8.200	0.024					P2: 폐 합
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



$$D_{Lp} = 0.00$$

$$S_{Lp} = p \cdot s$$

$$f_{Lp} = \frac{0.6 \cdot p \cdot s^2}{bf^2 \cdot tf}$$

D_{Lp} : 사재의 축력

S_{Lp} : 수직재의 축력

f_{Lp} : 상부플랜재 횡방향 휨응력

P : 수평분력

s : 수직재 간격

As : 강거더 단면적

① 복부경사에 의한 수평분력(p1)

$$w = \gamma_c \times T_{cu} \times B3 + \gamma_s \times A_s \times \text{강재할증}$$

$$= 25.0 \text{ kN/m}^3 \times 0.240 \text{ m} \times 6.300 \text{ m} + 78.5 \text{ kN/m}^3 \times A_s \text{ m}^2 \times 1.3$$

$$p1 = w/2 \tan \theta 1$$

② 캔틸레버부 바닥판 타설하중에 의한 수평분력(p2)

$$\text{슬래브자중} = 0.240 \times 0.850 \times 25 = 5.1 \text{ kN/m}$$

$$\text{거푸집하중} = 0.400 \times 0.850 = 0.3 \text{ kN/m}$$

$$\text{작업하중} = 3.750 \times 0.850 = 3.2 \text{ kN/m}$$

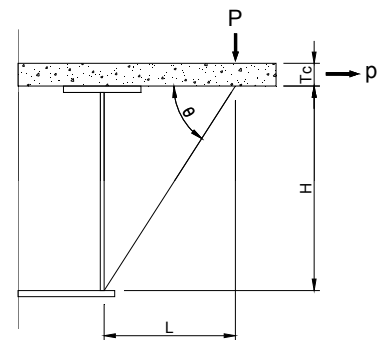
$$\text{합 계}(P2) = 8.6 \text{ kN/m}$$

$$\theta 2 = \tan^{-1}(H/L) = 45.0^\circ$$

$$H = 1.000 \text{ m}$$

$$L = 1.000 \text{ m}$$

$$p2 = P2 / \tan \theta 2 = 8.6 / 1.0 = 8.6 \text{ kN/m}$$



- 위치별 연직력에 의한 수평분력

부 재	As (m ²)	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

부재	As (m ²)	p1 (kN)	p2 (kN)	S _{LD} (kN)	D _{LD} (kN)	f _{LD} (MPa)	비고
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	비고
	비틀림		휨모멘트		수평분력	상현재	
	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: 폐 합
69, J지점							P1: 폐 합
17, J지점							P1: 중복식
71, J지점							P1: 폐 합
72, J지점							P1: 폐 합
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: 폐 합
88, J지점							P2: 폐 합
36, J지점							P2: 중복식
90, J지점							P2: 폐 합
91, J지점							P2: 폐 합
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)

$$\begin{array}{ll} \text{-- 압축부재} : K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 120 & \text{-- 인장부재} : L_{DK} / r_{min} \leq 200 \quad (\text{주요부재}) \\ & K \cdot L_{DK} / r_{min} \leq 150 \quad L_{DK} / r_{min} \leq 240 \quad (\text{2차부재}) \end{array}$$

여기서, K : 유효좌굴길이계수

양단이 볼트 연결되어 있거나 용접되어 있는 경우

$$: K = 0.750$$

양단이 편연결되어 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))

$$\frac{K \cdot l}{\gamma_x} ; \text{세장비}$$

(도.설 3.3.2.1)

-- 압축응력검토

$$f_c = \frac{F}{A_d} < f_{ca}$$

※ 본 부재의 허용응력은 가설용 부재임을 감안하여 허용응력할증 1.25를 고려 함.

② 인장응력 검토

$A_s =$; 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	세장비 검토		압축응력검토			인장응력검토		판 정	비 고
		길이	세장비	세장비	작용응력	허용응력	작용응력	허용응력		
		ℓ (mm)	$K \cdot \ell / r_{\min}$	$K \cdot \ell / r_x$	f_c (MPa)	f_{ca} (MPa)	f_c (MPa)	f_{ta} (MPa)		
54, J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	90.0	134.6	85.1	175.0	0.K	
55, J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	108.8	134.6	83.0	175.0	0.K	
56, J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	103.9	134.6	68.2	175.0	0.K	
57, J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	103.1	134.6	39.8	175.0	0.K	
58, J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	85.5	134.6	12.0	175.0	0.K	
59, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	118.4	134.2	4.8	175.0	0.K	
60, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	83.7	134.2	0.0	175.0	0.K	
61, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	64.4	134.2	0.0	175.0	0.K	
62, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	96.1	134.2	0.0	175.0	0.K	
63, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	117.2	134.2	39.9	175.0	0.K	
64, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	123.0	134.2	87.2	175.0	0.K	
12, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	123.8	134.2	131.0	175.0	0.K	
66, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	94.9	134.2	147.3	175.0	0.K	
67, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	75.4	134.2	151.5	175.0	0.K	
68, J지점										P1: 폐합
69, J지점										P1: 폐합
17, J지점										P1: 총복식
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	0.K	
74, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	0.0	134.2	37.2	175.0	0.K	
75, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	3.3	134.2	51.3	175.0	0.K	
76, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	31.4	134.2	42.2	175.0	0.K	
77, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	47.4	134.2	27.6	175.0	0.K	
78, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	50.7	134.2	8.3	175.0	0.K	
79, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	43.4	134.2	0.0	175.0	0.K	
80, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	28.6	134.2	0.0	175.0	0.K	
81, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	35.9	134.2	0.0	175.0	0.K	
82, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	38.9	134.2	15.0	175.0	0.K	
30, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	34.9	134.2	43.8	175.0	0.K	
84, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	12.4	134.2	59.9	175.0	0.K	
85, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	0.0	134.2	60.6	175.0	0.K	
86, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	0.0	134.2	41.1	175.0	0.K	
87, J지점										P2: 폐합
88, J지점										P2: 폐합
36, J지점										P2: 총복식
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	0.K	
93, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	30.4	134.2	60.0	175.0	0.K	
41, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	63.0	134.2	52.9	175.0	0.K	
95, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	72.2	134.2	23.6	175.0	0.K	
96, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	80.1	134.2	0.0	175.0	0.K	
97, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	81.7	134.2	0.0	175.0	0.K	
98, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	69.1	134.2	0.0	175.0	0.K	
99, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	58.1	134.2	0.0	175.0	0.K	
100, J지점	T-150×150×6.5×9	3466	79.0	58.4	67.0	134.2	0.0	175.0	0.K	
101, J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	48.5	134.6	0.0	175.0	0.K	
102, J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	54.0	134.6	0.0	175.0	0.K	
103, J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	51.6	134.6	7.1	175.0	0.K	
104, J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	49.5	134.6	19.4	175.0	0.K	
105, J지점	T-170×250×9×14	3466	43.3	58.0	44.8	134.6	34.3	175.0	0.K	

5) 수직재의 단면결정 및 응력검토

가) 사용강재 : SM400B (가로보부)
SS400 (일반부)

나) 세장비 검토

(도.설 3.4.1.4)

$$\begin{aligned} \text{압축부재} : K \cdot L_{DK} / r_{\min} &\leq 120 & \text{인장부재} : L_{DK} / r_{\min} &\leq 200 & (\text{주요부재}) \\ & & & & \\ & K \cdot L_{DK} / r_{\min} &\leq 150 & L_{DK} / r_{\min} &\leq 240 & (\text{2차부재}) \end{aligned}$$

여기서, K : 유효좌굴길이계수

양단이 볼트 연결되어 있거나 용접되어 있는 경우

$$: K = 0.750$$

양단이 편연결되어 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))

$$\frac{K \cdot \ell}{\gamma_x} ; \text{세장비}$$

(도.설 3.3.2.1)

- 압축응력검토

$$f_c = \frac{F}{A_d} < f_{ca}$$

② 인장응력 검토

$A_s =$; 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)	$K \cdot \ell / r_{\min}$	$K \cdot \ell / r_x$	f_c (MPa)	f_{ca} (MPa)	f_c (MPa)	f_{ta} (MPa)		
54, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	42.8	175.0	0.K	
55, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	61.0	175.0	0.K	
56, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	76.4	175.0	0.K	
57, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	114.5	175.0	0.K	
58, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	120.4	175.0	0.K	
59, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	97.2	175.0	0.K	
60, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	83.3	175.0	0.K	
61, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	93.1	175.0	0.K	
62, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	88.7	175.0	0.K	
63, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	68.7	175.0	0.K	
64, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	49.1	175.0	0.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)	$K \cdot l / r_{\min}$	$K \cdot l / r_x$	f_c (MPa)	f_{ca} (MPa)	f_c (MPa)	f_{ta} (MPa)		
12, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	28.3	175.0	0.K	
66, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	9.1	167.0	19.1	175.0	0.K	
67, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	20.2	167.0	17.4	175.0	0.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	0.K	
74, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	31.9	167.0	22.7	175.0	0.K	
75, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	17.1	167.0	17.1	175.0	0.K	
76, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	19.6	175.0	0.K	
77, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	29.3	175.0	0.K	
78, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	38.6	175.0	0.K	
79, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	43.6	175.0	0.K	
80, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	41.1	175.0	0.K	
81, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	38.8	175.0	0.K	
82, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	32.2	175.0	0.K	
30, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.5	167.0	22.3	175.0	0.K	
84, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	15.8	167.0	17.1	175.0	0.K	
85, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	29.2	167.0	20.6	175.0	0.K	
86, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	34.4	167.0	23.9	175.0	0.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	0.K	
93, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	10.8	167.0	23.9	175.0	0.K	
41, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	27.0	175.0	0.K	
95, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	39.8	175.0	0.K	
96, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	56.8	175.0	0.K	
97, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	72.0	175.0	0.K	
98, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	74.8	175.0	0.K	
99, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	74.7	175.0	0.K	
100, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	77.7	175.0	0.K	
101, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	97.1	175.0	0.K	
102, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	91.4	175.0	0.K	
103, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	62.1	175.0	0.K	
104, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	47.2	175.0	0.K	
105, J지점	T-210×150×12×10	3900	2400	66.7	26.4	0.0	167.0	32.6	175.0	0.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)	$K \cdot \ell / r_{\min}$	$K \cdot \ell / r_x$	f_c (MPa)	f_{ca} (MPa)	f_c (MPa)	f_{ta} (MPa)		
54, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	59.3	175.0	0.K	
55, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	84.1	175.0	0.K	
56, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	101.9	175.0	0.K	
57, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	149.2	175.0	0.K	
58, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	154.0	175.0	0.K	
59, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	118.5	175.0	0.K	
60, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	98.2	175.0	0.K	
61, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	113.7	175.0	0.K	
62, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	110.6	175.0	0.K	
63, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	86.8	175.0	0.K	
64, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	65.3	175.0	0.K	
12, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	36.6	175.0	0.K	
66, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	3.7	133.4	13.4	175.0	0.K	
67, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	13.4	133.4	0.7	175.0	0.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	0.K	
74, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	30.7	133.4	6.8	175.0	0.K	
75, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	13.2	133.4	6.3	175.0	0.K	
76, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	16.8	175.0	0.K	
77, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	35.9	175.0	0.K	
78, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	52.9	175.0	0.K	
79, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	61.5	175.0	0.K	
80, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	58.0	175.0	0.K	
81, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	53.3	175.0	0.K	
82, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	40.4	175.0	0.K	
30, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	7.5	133.4	21.1	175.0	0.K	
84, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	11.4	133.4	6.8	175.0	0.K	
85, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	27.0	133.4	4.3	175.0	0.K	
86, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	29.3	133.4	1.3	175.0	0.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	0.K	
93, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	7.0	133.4	21.1	175.0	0.K	
41, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	34.7	175.0	0.K	
95, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	52.3	175.0	0.K	
96, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	70.5	175.0	0.K	
97, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	87.7	175.0	0.K	
98, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	88.9	175.0	0.K	
99, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	87.3	175.0	0.K	
100, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	91.9	175.0	0.K	
101, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	121.8	175.0	0.K	
102, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	117.1	175.0	0.K	
103, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	80.1	175.0	0.K	
104, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	64.6	175.0	0.K	
105, J지점	L-100×100×10×10	1900	2400	92.3	59.2	0.0	133.4	43.9	175.0	0.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

$f_{Lbend} = \frac{1.5 \cdot s \cdot S_{bend}}{bf^2 \cdot tf}$: 휨모멘트에 의한 횡방향휨응력

$f_{LM/Rh} = \frac{0.6 \cdot M \cdot s^2}{R \cdot h \cdot bf^2 \cdot tf}$: 수평곡률반경에 의한 횡방향휨응력

$f_{LP} = \frac{0.6 \cdot p \cdot s}{bf^2 \cdot tf}$: 연직력의 수평성분에 의한 횡방향 휨응력

$R = 300$: 거더의 수평곡률반경

h : 거더의 높이

② 위치별 상부플랜지의 횡방향 휨응력검토

부재	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	0.K	
55,J지점	12616.32	3.00	-128.95	58.66	11.68	7.19	77.53	-154.80	-192.00	0.K	
56,J지점	18155.42	3.00	-142.32	48.13	11.64	4.98	64.75	-163.91	-287.50	0.K	
57,J지점	23639.78	3.00	-153.72	42.84	9.12	3.00	54.96	-172.04	-220.40	0.K	
58,J지점	27593.67	3.00	-155.28	38.44	8.87	2.50	49.81	-171.88	-287.50	0.K	
59,J지점	29841.07	3.00	-167.93	26.87	9.59	2.50	38.96	-180.91	-287.50	0.K	
60,J지점	30249.47	3.00	-170.23	27.24	9.73	2.50	39.46	-183.38	-287.50	0.K	
61,J지점	28807.08	3.00	-162.11	25.94	9.26	2.50	37.70	-174.67	-287.50	0.K	
62,J지점	25511.87	3.00	-164.46	30.29	9.84	3.00	43.12	-178.84	-220.40	0.K	
63,J지점	20458.17	3.00	-131.88	24.29	7.89	3.00	10.89	-135.51	-220.40	0.K	
64,J지점	13595.34	3.00	-118.04	33.76	11.33	6.47	17.80	-123.97	-192.00	0.K	
12,J지점	5491.39	3.01	-47.94	13.71	4.56	6.47	11.03	-51.62	-192.00	0.K	
66,J지점	-5279.94	3.07	40.33	11.53	4.31	6.47	22.31	47.77	287.50	0.K	
67,J지점	-17142.90	3.17	88.69	25.36	13.53	6.47	45.36	103.81	287.50	0.K	
68,J지점	-30225.69	3.32	105.18	0.00	0.56	0.02	0.58	105.38	287.50	0.K	
69,J지점	-44931.83	3.52	152.91	0.00	0.79	0.02	0.81	153.18	287.50	0.K	
17,J지점	-61991.70	3.70	129.63	0.00	0.62	0.01	0.63	129.84	287.50	0.K	
71,J지점	-48913.69	3.47	146.57	0.00	0.75	0.02	0.77	146.83	287.50	0.K	
72,J지점	-34929.33	3.11	121.21	0.00	0.60	0.02	0.61	121.41	287.50	0.K	
73,J지점	-23430.59	2.83	113.49	26.67	14.77	4.62	46.06	128.84	287.50	0.K	
74,J지점	-14057.41	2.64	104.45	24.55	9.51	4.62	38.68	117.34	287.50	0.K	
75,J지점	-6365.63	2.53	81.22	24.56	6.99	7.19	38.74	94.14	287.50	0.K	
76,J지점	-202.36	2.50	2.67	0.81	0.22	7.19	8.22	5.41	287.50	0.K	

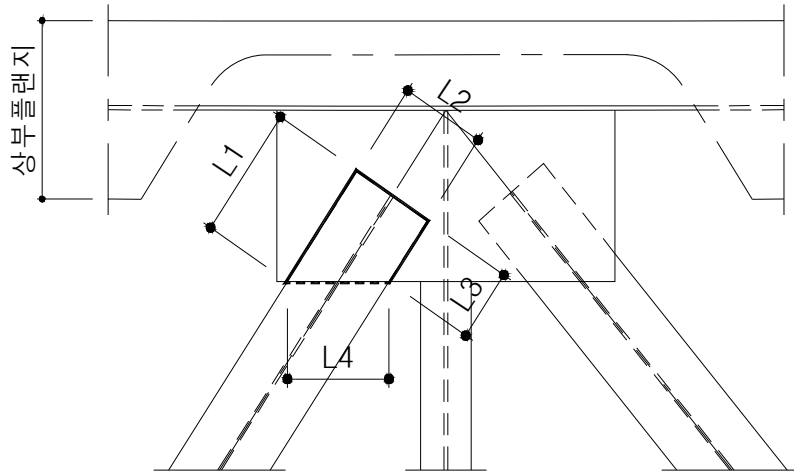
② 위치별 상부플랜지의 횡방향 휨응력검토 - 계속

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	0.K	
78,J지점	7494.31	2.50	-98.78	29.87	8.33	7.19	45.39	-113.91	-155.50	0.K	
79,J지점	9055.92	2.50	-119.37	36.09	10.06	7.19	53.35	-137.15	-155.50	0.K	
80,J지점	9098.45	2.50	-119.93	36.26	10.11	7.19	53.56	-137.78	-155.50	0.K	
81,J지점	7622.21	2.50	-100.47	30.38	8.47	7.19	46.04	-115.81	-155.50	0.K	
82,J지점	4632.95	2.50	-61.07	18.47	5.15	7.19	30.80	-71.33	-155.50	0.K	
30,J지점	172.74	2.50	-2.28	0.69	0.19	7.19	8.07	-4.97	287.50	0.K	
84,J지점	-5932.49	2.53	75.70	22.89	6.52	7.19	36.59	87.90	287.50	0.K	
85,J지점	-13509.35	2.64	100.38	23.59	9.14	4.62	37.35	112.83	287.50	0.K	
86,J지점	-22777.25	2.83	110.33	25.93	14.36	4.62	44.90	125.29	287.50	0.K	
87,J지점	-34122.18	3.11	118.41	0.00	0.58	0.02	0.60	118.61	287.50	0.K	
88,J지점	-47847.24	3.47	143.38	0.00	0.73	0.02	0.75	143.63	287.50	0.K	
36,J지점	-61371.38	3.70	128.33	0.00	0.62	0.01	0.63	128.54	287.50	0.K	
90,J지점	-43327.49	3.52	147.45	0.00	0.76	0.02	0.78	147.71	287.50	0.K	
91,J지점	-28489.50	3.32	99.14	0.00	0.53	0.02	0.55	99.33	287.50	0.K	
92,J지점	-15663.53	3.17	81.03	23.17	12.36	6.47	42.01	95.04	287.50	0.K	
93,J지점	-4434.11	3.07	33.87	9.69	3.62	6.47	19.77	40.46	287.50	0.K	
41,J지점	5373.55	3.01	-46.91	13.42	4.46	6.47	24.35	-55.03	-192.00	0.K	
95,J지점	13211.77	3.00	-114.71	32.80	11.01	6.47	50.28	-131.47	-192.00	0.K	
96,J지점	19609.28	3.00	-126.41	23.28	7.57	3.00	33.84	-137.69	-220.40	0.K	
97,J지점	24318.49	3.00	-156.77	28.87	9.38	3.00	41.25	-170.52	-220.40	0.K	
98,J지점	27391.28	3.00	-154.14	24.66	8.81	2.50	35.97	-166.13	-287.50	0.K	
99,J지점	28759.94	3.00	-161.84	25.90	9.25	2.50	37.64	-174.39	-287.50	0.K	
100,J지점	28422.14	3.00	-159.94	25.59	9.14	2.50	37.23	-172.35	-287.50	0.K	
101,J지점	26388.64	3.00	-148.50	36.76	8.48	2.50	47.74	-164.41	-287.50	0.K	
102,J지점	22711.60	3.00	-147.69	41.16	8.76	3.00	52.92	-165.33	-220.40	0.K	
103,J지점	17491.04	3.00	-137.12	46.37	11.21	4.98	62.56	-157.97	-287.50	0.K	
104,J지점	12184.49	3.00	-124.54	49.04	11.28	7.19	67.51	-147.04	-192.00	0.K	
105,J지점	5967.93	3.00	-61.00	24.02	5.53	7.19	36.74	-73.24	-192.00	0.K	

6) 이음부 설계

가) 사재 : (검토위치 55,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

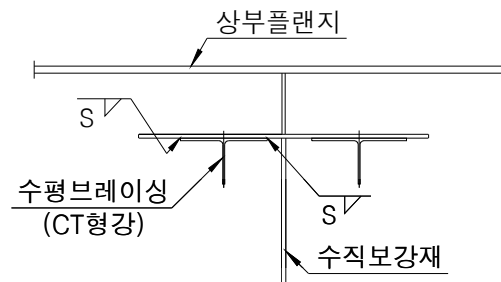
t1 : 얇은 쪽 모재 두께 , 12 mm

t2 : 두꺼운 쪽 모재 두께 , 12 mm

$t1 > S > \sqrt{(2xt2)} = 12 > S \geq 6$

- 필렛용접 치수 S 결정

S = 10 mm 적용



- 용접길이 산정 및 용접부 전단응력 검토

최소용접길이 L_{min} 은 $10 \times S$ 및 80mm 이상으로 한다.

$L1 = 250 \text{ mm} > 100 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$

$L2 = 250 \text{ mm} > 100 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$

$L3 = 250 \text{ mm} > 100 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$

$L4 = 250 \text{ mm} > 100 \text{ mm} \therefore \text{O.K}$

$L = L1 + L2 + L3 + L4 = 250 + 250 + 250 + 250 = 1000 \text{ mm}$

$A = L \times S \times 0.707 = 1000 \times 10 \times 0.707 = 7070 \text{ mm}^2$

$f_v = \frac{F}{A} = \frac{552,018}{7,070} = 78.1 < 100.0 \text{ Mpa} \therefore \text{O.K}$

※ 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	0.K	
55, J지점	T-170×250×9×14	348.7	552.0	10	1000	7070	78.1	100.0	0.K	
56, J지점	T-170×250×9×14	286.6	527.5	10	1000	7070	74.6	100.0	0.K	
57, J지점	T-170×250×9×14	167.2	523.5	10	1000	7070	74.0	100.0	0.K	
58, J지점	T-170×250×9×14	50.4	434.1	10	1000	7070	61.4	100.0	0.K	
59, J지점	T-150×150×6.5×9	8.7	276.9	6	800	3394	81.6	100.0	0.K	
60, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	195.8	6	800	3394	57.7	100.0	0.K	
61, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	150.7	6	800	3394	44.4	100.0	0.K	
62, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	224.7	6	800	3394	66.2	100.0	0.K	
63, J지점	T-150×150×6.5×9	72.2	274.2	6	800	3394	80.8	100.0	0.K	
64, J지점	T-150×150×6.5×9	157.7	287.7	6	800	3394	84.8	100.0	0.K	
12, J지점	T-150×150×6.5×9	236.9	289.6	6	800	3394	85.4	100.0	0.K	
66, J지점	T-150×150×6.5×9	266.4	222.0	6	800	3394	78.5	100.0	0.K	
67, J지점	T-150×150×6.5×9	274.0	176.3	6	800	3394	80.7	100.0	0.K	
68, J지점										P1: 폐합
69, J지점										P1: 폐합
17, J지점										P1: 중복식
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	0.K	
74, J지점	T-150×150×6.5×9	67.2	0.0	6	800	3394	19.8	100.0	0.K	
75, J지점	T-150×150×6.5×9	92.8	7.7	6	800	3394	27.3	100.0	0.K	
76, J지점	T-150×150×6.5×9	76.3	73.5	6	800	3394	22.5	100.0	0.K	
77, J지점	T-150×150×6.5×9	49.8	110.8	6	800	3394	32.7	100.0	0.K	
78, J지점	T-150×150×6.5×9	15.0	118.5	6	800	3394	34.9	100.0	0.K	
79, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	101.5	6	800	3394	29.9	100.0	0.K	
80, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	66.8	6	800	3394	19.7	100.0	0.K	
81, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	84.0	6	800	3394	24.7	100.0	0.K	
82, J지점	T-150×150×6.5×9	27.1	91.1	6	800	3394	26.8	100.0	0.K	
30, J지점	T-150×150×6.5×9	79.2	81.6	6	800	3394	24.1	100.0	0.K	
84, J지점	T-150×150×6.5×9	108.3	29.0	6	800	3394	31.9	100.0	0.K	
85, J지점	T-150×150×6.5×9	109.5	0.0	6	800	3394	32.3	100.0	0.K	
86, J지점	T-150×150×6.5×9	74.3	0.0	6	800	3394	21.9	100.0	0.K	
87, J지점										P2: 폐합
88, J지점										P2: 폐합
36, J지점										P2: 중복식
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	0.K	
93, J지점	T-150×150×6.5×9	108.5	71.2	6	800	3394	32.0	100.0	0.K	
41, J지점	T-150×150×6.5×9	95.6	147.3	6	800	3394	43.4	100.0	0.K	
95, J지점	T-150×150×6.5×9	42.7	169.0	6	800	3394	49.8	100.0	0.K	
96, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	187.5	6	800	3394	55.2	100.0	0.K	
97, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	191.0	6	800	3394	56.3	100.0	0.K	
98, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	161.6	6	800	3394	47.6	100.0	0.K	
99, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	135.9	6	800	3394	40.0	100.0	0.K	
100, J지점	T-150×150×6.5×9	0.0	156.8	6	800	3394	46.2	100.0	0.K	
101, J지점	T-170×250×9×14	0.0	246.2	10	1000	7070	34.8	100.0	0.K	
102, J지점	T-170×250×9×14	0.0	274.3	10	1000	7070	38.8	100.0	0.K	
103, J지점	T-170×250×9×14	30.0	262.1	10	1000	7070	37.1	100.0	0.K	
104, J지점	T-170×250×9×14	81.5	251.5	10	1000	7070	35.6	100.0	0.K	
105, J지점	T-170×250×9×14	144.0	227.2	10	1000	7070	32.1	100.0	0.K	

나) 수직재 : (검토위치 58,J지점)

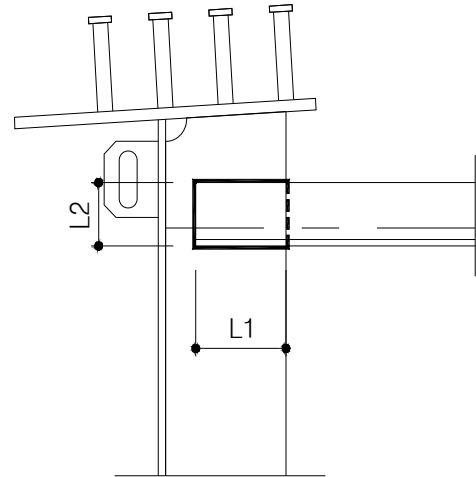
① 용접부 검토

(도.설 3.5.2.4 ~ 3.5.2.7)

- 수직재 제원 : L- 100 × 100 × 10
- 수직보강재 두께 : 16 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 , 16 mm
 - $t1 > S > \sqrt{(2 \times t2)} = 10 > S \geq 6$
- 필렛용접 치수 S 결정
 - S = 8 mm 적용
- 용접길이 산정 및 용접부 전단응력 검토
 - 최소용접길이 Lmin은 10xS 및 80mm 이상으로 한다.
 - L1 = 150 mm > 80 mm ∴ 0.K
 - L2 = 100 mm > 80 mm ∴ 0.K



$$\begin{aligned}
 A &= (L1 + L2) \times 2 \times S \times 0.707 \\
 &= (150 + 100) \times 2 \times 8 \times 0.707 = 2828 \text{ mm}^2 \\
 f_v &= \frac{F}{A} = \frac{223,263}{2,828} = 78.9 < 100.0 \text{ Mpa} \quad \therefore 0.K
 \end{aligned}$$

※ 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 ²)	(MPa)	(MPa)		
54, J지점	L-100×100×10×10	85.9	6	150	100	2,121	40.5	100.0	0.K	
55, J지점	L-100×100×10×10	122.0	6	150	100	2,121	57.5	100.0	0.K	
56, J지점	L-100×100×10×10	147.7	6	150	100	2,121	69.6	100.0	0.K	
57, J지점	L-100×100×10×10	216.4	8	150	100	2,828	76.5	100.0	0.K	
58, J지점	L-100×100×10×10	223.3	8	150	100	2,828	78.9	100.0	0.K	
59, J지점	L-100×100×10×10	171.9	8	150	100	2,828	60.8	100.0	0.K	
60, J지점	L-100×100×10×10	142.5	8	150	100	2,828	50.4	100.0	0.K	
61, J지점	L-100×100×10×10	164.9	8	150	100	2,828	58.3	100.0	0.K	
62, J지점	L-100×100×10×10	160.3	8	150	100	2,828	56.7	100.0	0.K	
63, J지점	L-100×100×10×10	125.8	8	150	100	2,828	44.5	100.0	0.K	
64, J지점	L-100×100×10×10	94.7	6	150	100	2,121	44.6	100.0	0.K	
12, J지점	L-100×100×10×10	53.0	6	150	100	2,121	25.0	100.0	0.K	
66, J지점	L-100×100×10×10	19.4	6	150	100	2,121	9.2	100.0	0.K	
67, J지점	L-100×100×10×10	25.5	6	150	100	2,121	12.0	100.0	0.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	0.K	
74, J지점	L-100×100×10×10	58.3	6	150	100	2,121	27.5	100.0	0.K	
75, J지점	L-100×100×10×10	25.0	6	150	100	2,121	11.8	100.0	0.K	
76, J지점	L-100×100×10×10	24.3	6	150	100	2,121	11.5	100.0	0.K	
77, J지점	L-100×100×10×10	52.1	6	150	100	2,121	24.5	100.0	0.K	
78, J지점	L-100×100×10×10	76.7	6	150	100	2,121	36.1	100.0	0.K	
79, J지점	L-100×100×10×10	89.2	6	150	100	2,121	42.0	100.0	0.K	
80, J지점	L-100×100×10×10	84.1	6	150	100	2,121	39.6	100.0	0.K	
81, J지점	L-100×100×10×10	77.2	6	150	100	2,121	36.4	100.0	0.K	
82, J지점	L-100×100×10×10	58.5	6	150	100	2,121	27.6	100.0	0.K	
30, J지점	L-100×100×10×10	30.6	6	150	100	2,121	14.4	100.0	0.K	
84, J지점	L-100×100×10×10	21.6	6	150	100	2,121	10.2	100.0	0.K	
85, J지점	L-100×100×10×10	51.2	6	150	100	2,121	24.1	100.0	0.K	
86, J지점	L-100×100×10×10	55.6	6	150	100	2,121	26.2	100.0	0.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	0.K	
93, J지점	L-100×100×10×10	30.5	6	150	100	2,121	14.4	100.0	0.K	
41, J지점	L-100×100×10×10	50.3	6	150	100	2,121	23.7	100.0	0.K	
95, J지점	L-100×100×10×10	75.8	6	150	100	2,121	35.7	100.0	0.K	
96, J지점	L-100×100×10×10	102.2	8	150	100	2,828	36.2	100.0	0.K	
97, J지점	L-100×100×10×10	127.2	8	150	100	2,828	45.0	100.0	0.K	
98, J지점	L-100×100×10×10	128.9	8	150	100	2,828	45.6	100.0	0.K	
99, J지점	L-100×100×10×10	126.6	8	150	100	2,828	44.8	100.0	0.K	
100, J지점	L-100×100×10×10	133.3	8	150	100	2,828	47.1	100.0	0.K	
101, J지점	L-100×100×10×10	176.6	8	150	100	2,828	62.4	100.0	0.K	
102, J지점	L-100×100×10×10	169.9	8	150	100	2,828	60.1	100.0	0.K	
103, J지점	L-100×100×10×10	116.1	6	150	100	2,121	54.7	100.0	0.K	
104, J지점	L-100×100×10×10	93.6	6	150	100	2,121	44.1	100.0	0.K	
105, J지점	L-100×100×10×10	63.6	6	150	100	2,121	30.0	100.0	0.K	