

ボルト継手計算書

H100×100×6×8

建築仕様

千鳥配置案

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H100×100) の設計

1. 設計条件

母材にボルト孔がある場合、引張力に対し、ボルト孔分が抵抗できないため、ボルト孔を控除した母材の抵抗力を設計強度とする。

添接板の設計は、設計強度に対し、添接板の断面性能に応じて、フランジとウェブに応力を分配する。

- (1) 許容応力度 (母材と添接板の材質は同一とする。)
 (鋼材コト) SS400-K (ボルトコト) F10T-K

「鋼構造設計規準 (日本建築学会)」に準拠する。

仮設鋼材の許容応力度の割増	係数 =	1.50	
H形鋼の許容曲げ・引張応力度 _H	$ba =_H$	$ta =$	235 N/mm ² (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度 _H	$a =$	135	N/mm ²
H形鋼の許容支圧応力度 (1.25×235×係数 _H)	$a =$	441	N/mm ² (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度 _P	$ba =_P$	$ta =$	235 N/mm ² (SS400)
添接板の許容せん断応力度 _P	$a =$	135	N/mm ²
添接板の許容支圧応力度 (1.25×235×係数 _P)	$a =$	441	N/mm ² (SS400)
ボルトの許容せん断応力度 _B	$a =$	220	N/mm ² (F10T)

(2) 設計母材

コト: H100

H形鋼: H100×100×6×8

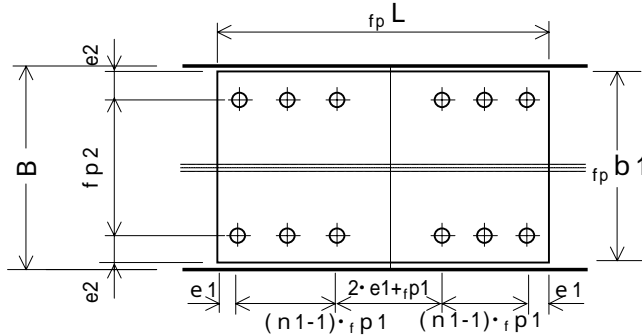
(3) 添接板

フランジ: 2・PL - 9 × 100 × 400
 ウェブ: 2・PL - 4.5 × 75 × 220

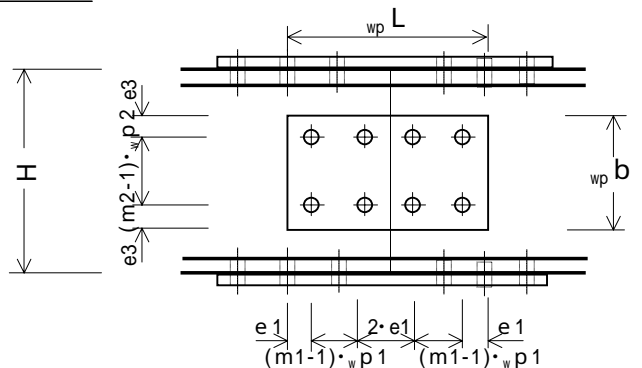
(4) ボルト

ボルト直径 (M12) $d = 1.20$ cm
 ボルト孔径 ($d+3\text{mm}$) $dh = 1.50$ cm
 フランジのボルト本数 $n1 = 3$ 本 (軸方向) $n2 = 2$ 本 (軸横断)
 ウェブのボルト本数 $m1 = 2$ 本 (軸方向) $m2 = 2$ 本 (軸横断)
 縁端距離 (応力方向) $e1 = 2.50$ cm
 縁端距離 (その他) $e2 = 2.00$ cm
 縁端距離 (応力方向) $e3 = 2.00$ cm
 フランジボルトの軸方向間隔 $f p1 = 6.0$ cm
 フランジボルトの横断方向間隔 $f p2 = 6.0$ cm
 ウェブボルトの軸方向間隔 $w p1 = 6.0$ cm
 ウェブボルトの横断方向間隔 $w p2 = 3.5$ cm

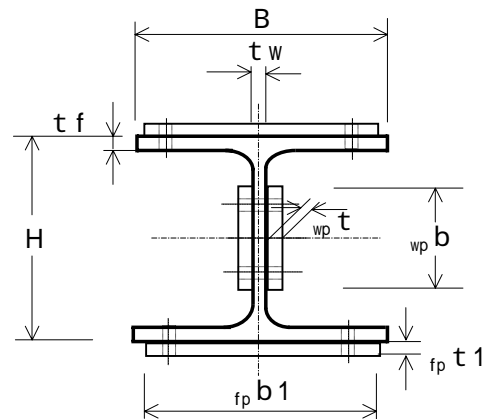
平面図



側面図



断面図

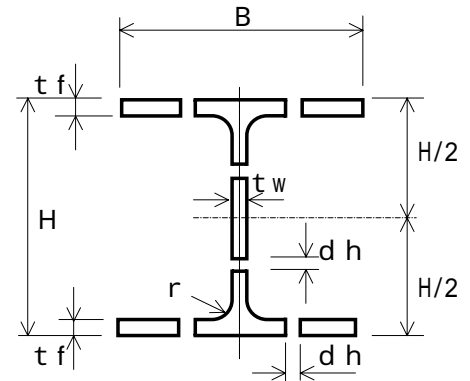


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H100×100×6×8

H形鋼の高さ	H =	10	cm
H形鋼の幅	B =	10	cm
ウェブ厚	t _w =	0.6	cm
フランジ厚	t _f =	0.8	cm
フレット	r =	0.8	cm
断面積	A =	21.59	cm ²
断面係数	Z =	75.6	cm ³
断面二次モーメント	I =	378	cm ⁴



2) ボルト孔を控除した断面性能

ボルト孔径	d _h =	1.50	cm
フランジボルトの本数	n ₂ =	2	本 (軸横断)
ウェブボルトの本数	m ₂ =	2	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 1.50 \times 0.60 \times 2 = 1.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 0.60 \times (10 - 2 \times 0.80) - 1.80 \\ &= 3.24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 1.50 \times 0.80 \times 2 = 2.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 21.59 - 0.60 \times (10 - 2 \times 0.80) \\ &\quad - 2 \times 2.40 \\ &= 11.75 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 11.75 + 3.24 = 14.99 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{1.50 \times 0.80^3 \times 2}{12} \\ &= 0.128 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 2.40 \times 4.600^2 + 0.128 = 51 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 51 = 102 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 378 - 102 = 276 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{276}{5.00} = 55 \text{ cm}^3$$

(2) 添接板の断面積の計算

1) フランジ添接板

外側板幅 $f_p b_1 = 10.0$ cm
板厚 $f_p t_1 = 0.90$ cm
ボルト孔径 $d_h = 1.50$ cm
ボルト本数 $n_2 = 2$ 本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A_{f1} &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 1.50 \times 0.90 \times 2 = 2.70 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A_{f1} &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A_{f1} \\ &= 10.00 \times 0.90 - 2.70 = 6.30 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A_f &= 2 \cdot {}_P A_{f1} \\ &= 2 \times 6.30 = 12.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅 $w_p b = 7.5$ cm
板厚 $w_p t = 0.45$ cm
ボルト本数 $m_2 = 2$ 本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A_W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 1.50 \times 0.45 \times 2 = 1.35 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A_{W1} &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A_W \\ &= 7.50 \times 0.45 - 1.35 = 2.03 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A_W &= 2 \cdot {}_P A_{W1} \\ &= 2 \times 2.03 = 4.05 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A_f + {}_P A_W \quad A' \\ &= 12.60 + 4.05 = 16.65 \text{ cm}^2 > 14.99 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-OK-

(3) 添接板の断面二次モーメントの計算

1) フランジ添接板

ボルト孔径 $dh = 1.50$ cm
 フランジ $n2 = 2$ 本 (軸横断)
 ウェブ $m2 = 2$ 本 (軸横断)

外側板幅 $f_p b1 = 10.00$ cm
 板厚 $f_p t1 = 0.90$ cm
 面積 $pA f1 = 6.30$ cm²

(外側添接板)

$$f_p b1' = f_p b1 - dh \cdot n2 = 10.00 - (1.50 \times 2) = 7.00 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{f_p b1' \cdot f_p t1^3}{12} = \frac{7.00 \times 0.90^3}{12} = 0.425 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t1)^2 + pI f1 = 6.300 \times 5.450^2 + 0.425 = 188 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot pI f1 = 2 \times 188 = 376 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

板幅 $w_p b = 7.50$ cm
 板厚 $w_p t = 0.45$ cm
 ボルト間隔 $w p2 = 3.5$ cm

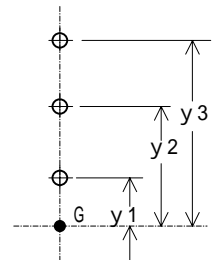
$$pI w1 = \frac{w_p t \cdot w_p b^3}{12} = \frac{0.450 \times 7.50^3}{12} = 16 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 3 \text{ cm}^2$$

$$pI w1 = dh \cdot w_p t \cdot 2 y + m2 \cdot \frac{w_p t \cdot (dh)^3}{12}$$

$$= 1.50 \times 0.45 \times 2 \times 3 + 2 \times \frac{0.45 \times 1.50^3}{12}$$

$$= 4 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (16 - 4) = 24 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

$$pI = pI f + pI w = 376 + 24 = 400 \text{ cm}^4 > 276 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(4) 曲げモ - メントの計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗曲げモ - メント

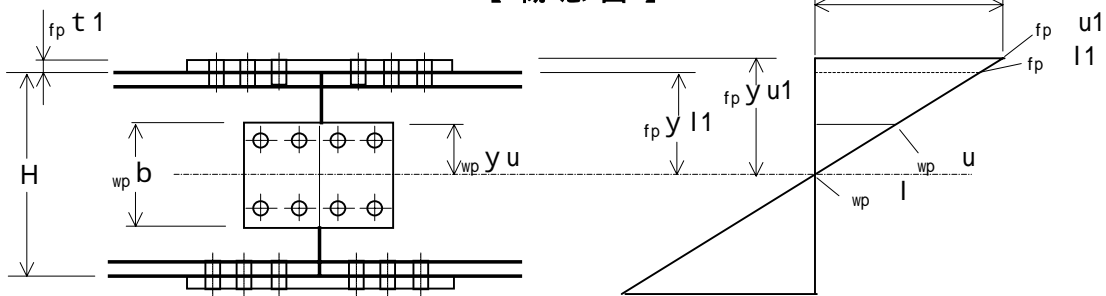
許容曲げ応力度 $Hba = 235 \text{ N/mm}^2$

断面係数 $Z' = 55 \text{ cm}^3$

$$M_r = Hba \cdot Z'$$

$$= 235 \times 55 \times 10^3 = 12925000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 400 \text{ cm}^4$

$pIf = 376 \text{ cm}^4$

$$pMf = M_r \cdot \frac{pIf}{pI}$$

$$= 12925000 \times \frac{376}{400} = 12149500 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$fp y u1 = 1/2 \cdot H + fp t1 = 1/2 \times 10.0 + 0.90 = 5.90 \text{ cm}$$

$$fp u1 = \frac{pMf}{pIf} \cdot fp y u1 \quad pba$$

$$= \frac{12149500}{376} \times \frac{5.90}{1000} = 191 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$fp y l1 = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 10.0 = 5.00 \text{ cm}$$

$$fp l1 = \frac{pMf}{pIf} \cdot fp y l1 \quad pba$$

$$= \frac{12149500}{376} \times \frac{5.00}{1000} = 162 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(ボルト)

ボルトの許容せん断応力度 $f_B = 220 \text{ N/mm}^2$
H形鋼の許容支圧応力度 $f_H = 441 \text{ N/mm}^2$

$$P T f_1 = \frac{f_p u_1 + f_p l_1}{2} \cdot P A f_1$$
$$= \frac{191}{2} + \frac{162}{2} \times 6.30 \times 10^2 = 111195 \text{ N}$$

$$P T f = P T f_1 = 111195 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

$$M_{12} \quad A_B = 1/4 \cdot d^2 = 1.131 \text{ cm}^2 = 113.1 \text{ mm}^2$$

$$S_1 = 1 \cdot A_B \cdot f_B \quad (\text{一面せん断})$$
$$= 1 \times 113.1 \times 220 = 24882$$
$$S_2 = d \cdot t_f \cdot f_H \quad (\text{鋼板の支圧})$$
$$= 12 \times 8 \times 441 = 42336$$

} = 24882 N
(最小) $f_B S_A$

$$Q_f = \frac{P T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{111195}{3 \times 2}$$
$$= 18533 \text{ N} < 24882 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned} {}_p I &= 400 \text{ cm}^4 \\ {}_p I_w &= 24 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$${}_p M_w = M_r \cdot \frac{{}_p I_w}{{}_p I}$$

$$= 12925000 \times \frac{24}{400} = 775500 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_w y_u = 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 7.50 = 3.75 \text{ cm}$$

$${}_w u = \frac{{}_p M_w}{{}_p I_w} \cdot {}_w y_u$$

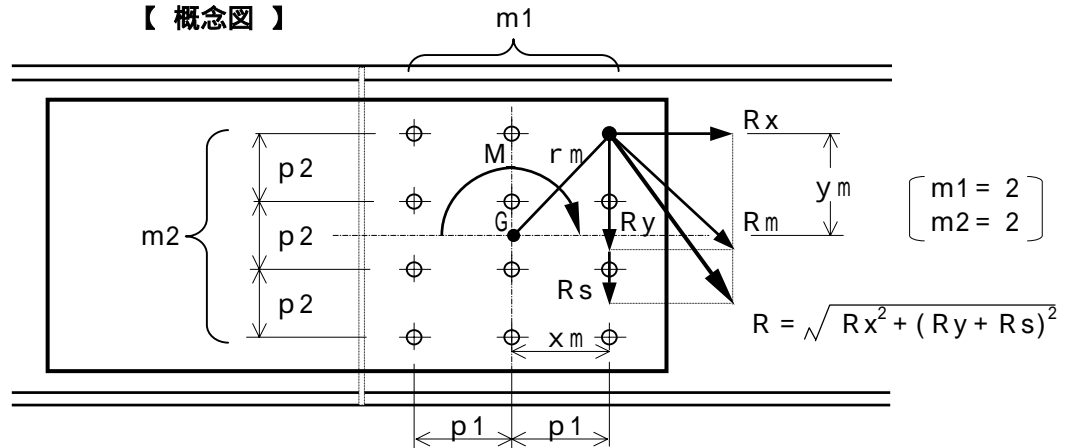
$$= \frac{775500}{24} \times \frac{3.75}{1000} = 121 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 \cdot {}_B A \cdot {}_B a & \text{(二面せん断)} \\ &= 2 \times 113.1 \times 220 = 49764 \\ S_2 &= d \cdot t_w \cdot {}_H a & \text{(鋼板の支圧)} \\ &= 12 \times 6 \times 441 = 31752 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S_1 \\ S_2 \end{aligned}} \right\} = \frac{31752}{\text{(最小)}} \text{ N} \quad {}_{wb} S_a$$

【 概念図 】



$$I_p = 1/12 \cdot m_1 \cdot m_2 \{ {}_w p_1^2 (m_1^2 - 1) + {}_w p_2^2 (m_2^2 - 1) \}$$

$$= 1/12 \times 2 \times 2 \times \{ 6.00^2 \times (2^2 - 1) + 3.50^2 \times (2^2 - 1) \}$$

$$= 48 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$x_m = 3.00 \text{ cm}$$

$$y_m = 1.75 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.00^2 + 1.75^2} = 3.47 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{775500}{48} \times \frac{1.75}{10} = 2827 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{775500}{48} \times \frac{3.00}{10} = 4847 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{775500}{48} \times \frac{3.47}{10} = 5606 \text{ N} < 31752 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 135 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 3.24 \text{ cm}^2 \\ &= 324 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 135 \times 324 = 43740 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 4.05 \text{ cm}^2 \\ &= 405 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{43740}{405} = 108 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 220 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 441 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 0.6 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$M12 \quad A_b = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 1.131 \text{ cm}^2 = 113.1 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 113.1 \times 220 = 49764 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 12 \times 6 \times 441 = 31752 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{31752} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{43740}{2 \times 2} \\ &= 10935 \text{ N} < 31752 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

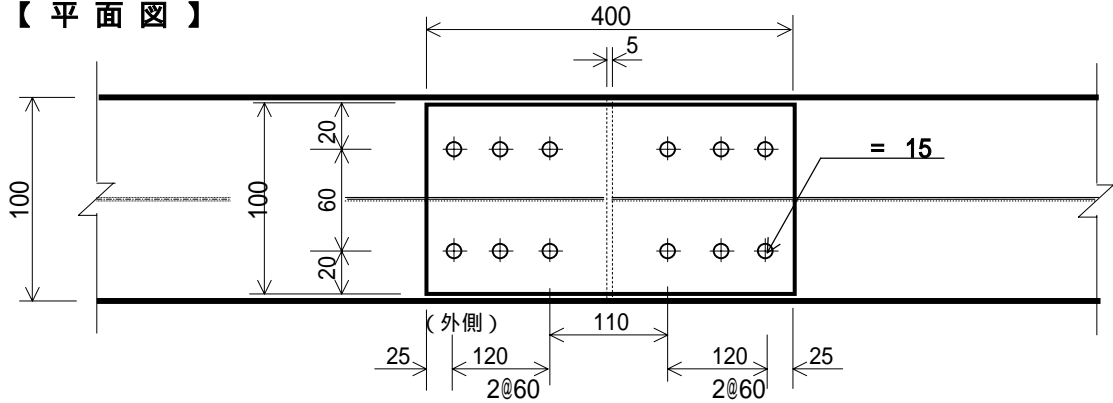
$$\begin{aligned} \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 2827 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 4847 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 10935 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{2827^2 + (4847 + 10935)^2} \\ &= 16033 \text{ N} < 31752 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

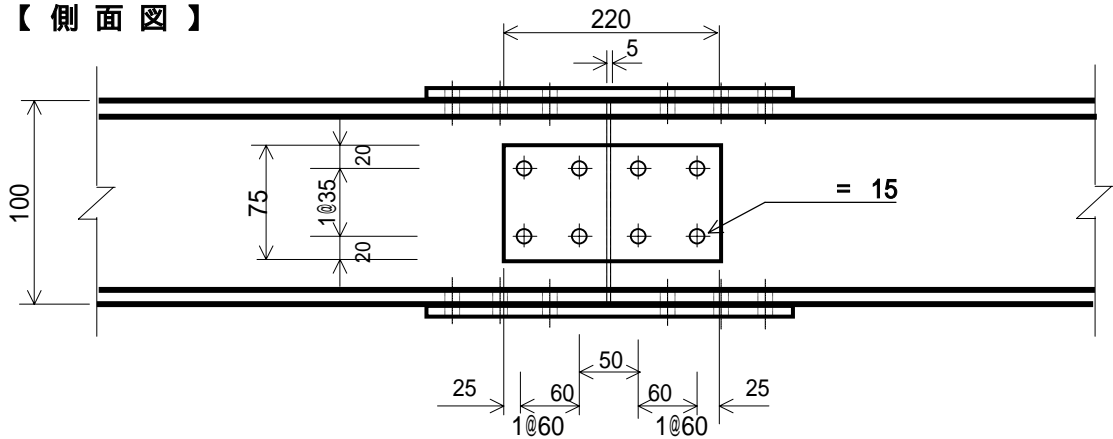
3. 計算結果

母材	<u>H 1 0 0 × 1 0 0 × 6 × 8</u>		
フランジ部	添接板仕様	2枚	<u>PL 9 × 100 × 400</u>
	ボルト仕様	F10T : M12 - 24本	L = 45 mm
ウェブ部	添接板仕様	2枚	<u>PL 4.5 × 75 × 220</u>
	ボルト仕様	F10T : M12 - 8本	L = 40 mm

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

