

ボルト継手計算書

H900×300×16×28

建築仕様

(SI単位)

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H900×300) 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。

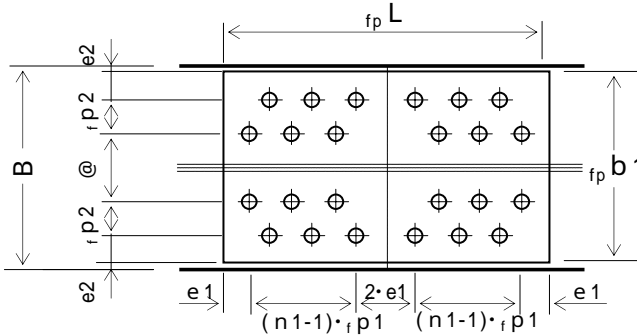
仮設鋼材の許容応力度の割増	係数 =	1.50	
H形鋼の許容曲げ・引張応力度 _H	$ba =_H ta =$	235	N/mm ² (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度 _H	$a =$	135	N/mm ²
H形鋼の許容支圧応力度(1.25×235×係数 _H)	$a =$	441	N/mm ² (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度 _P	$ba =_P ta =$	235	N/mm ² (SS400)
添接板の許容せん断応力度 _P	$a =$	135	N/mm ²
添接板の許容支圧応力度(1.25×235×係数 _P)	$a =$	441	N/mm ² (SS400)
ボ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: H900
H形鋼: H900×300×16×28

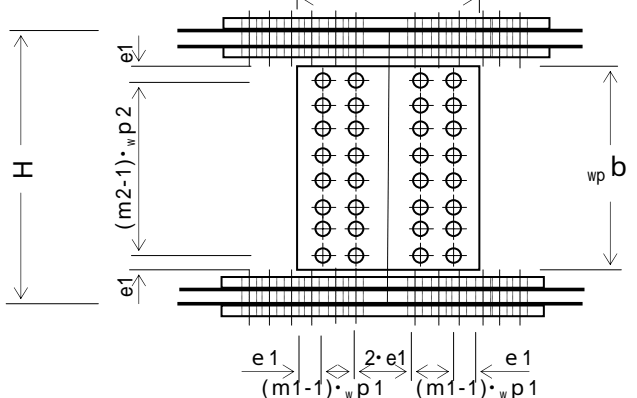
- (3) 添接板
- | | | | | | | |
|-------|--------|----|---|-----|---|-----|
| フランジ: | 2・PL - | 22 | × | 300 | × | 810 |
| | 4・PL - | 22 | × | 120 | × | 810 |
| ウェブ: | 2・PL - | 16 | × | 605 | × | 310 |

- (4) ボルト
- | | | | |
|----------------|----------|------|---------|
| ボルト直径 (M22) | $d =$ | 2.20 | cm |
| ボルト孔径 (d+3mm) | $dh =$ | 2.50 | cm |
| フランジのボルト本数 | $n1 =$ | 6 | 本 (軸方向) |
| ウェブのボルト本数 | $m1 =$ | 2 | 本 (軸方向) |
| フランジのボルト本数 | $n2 =$ | 2 | 本 (軸横断) |
| ウェブのボルト本数 | $m2 =$ | 8 | 本 (軸横断) |
| 縁端距離(応力方向) | $e1 =$ | 4.0 | cm |
| 縁端距離(その他) | $e2 =$ | 4.0 | cm |
| フランジボルトの軸方向間隔 | $f p1 =$ | 6.5 | cm |
| フランジボルトの横断方向間隔 | $f p2 =$ | 4.0 | cm |
| ウェブボルトの軸方向間隔 | $w p1 =$ | 7.5 | cm |
| ウェブボルトの横断方向間隔 | $w p2 =$ | 7.5 | cm |

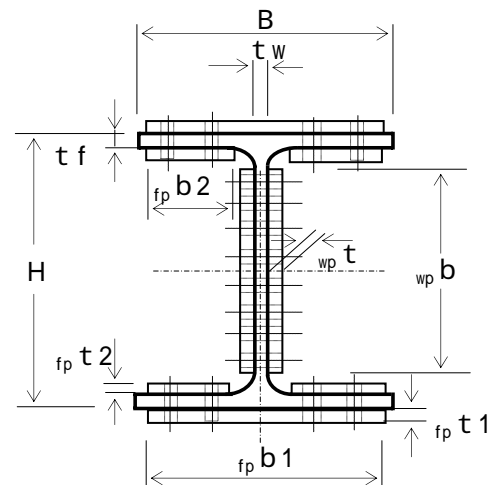
平面図



側面図



断面図

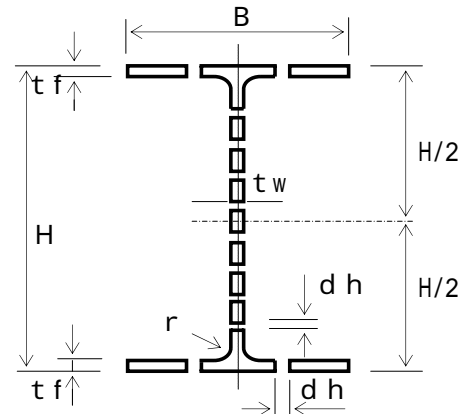


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H900×300×16×28

H形鋼の高さ	H =	90	cm
H形鋼の幅	B =	30	cm
ウェブ厚	t _w =	1.6	cm
フランジ厚	t _f =	2.8	cm
フレット	r =	1.8	cm
断面積	A =	305.80	cm ²
断面係数	Z =	8990	cm ³
断面二次モーメント	I =	404000	cm ⁴



2) ボルト穴を控除した断面性能

ボルト孔径	d _h =	2.50	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 =	8	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.60 \times 8 = 32.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 1.60 \times (90 - 2 \times 2.80) - 32.00 \\ &= 103.04 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 2.80 \times 2 = 14.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 305.80 - 1.60 \times (90 - 2 \times 2.80) \\ &\quad - 2 \times 14.00 \\ &= 142.76 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 142.76 + 103.04 = 245.80 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 2.80^3 \times 2}{12} \\ &= 9.147 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 14.000 \times 43.600^2 + 9.147 = 26623 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 26623 = 53246 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 404000 - 53246 = 350754 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{350754}{45.00} = 7795 \text{ cm}^3$$

(2) 添接板の断面積の計算

1) フランジ添接板

外側板幅	$f_p b_1 =$	30.0	cm
板厚	$f_p t_1 =$	2.20	cm
内側板幅	$f_p b_2 =$	12.00	cm
板厚	$f_p t_2 =$	2.20	cm
ボルト孔径	$d_h =$	2.50	cm
ボルト本数	$n_2 =$	2	本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A_{f1} &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 2.20 \times 2 = 11.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A_{f1} &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A_{f1} \\ &= 30.00 \times 2.20 - 11.00 = 55.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A_{f2} &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 2.20 \times 2 = 11.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A_{f2} &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A_{f2} \\ &= 2 \times 12.00 \times 2.20 - 11.00 = 41.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A_f &= 2 \cdot ({}_P A_{f1} + {}_P A_{f2}) \\ &= 2 \times (55.00 + 41.80) = 193.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅	$w_p b =$	60.5	cm
板厚	$w_p t =$	1.60	cm
ボルト本数	$m_2 =$	8	本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A_W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.60 \times 8 = 32.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A_{W1} &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A_W \\ &= 60.50 \times 1.60 - 32.00 = 64.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A_W &= 2 \cdot {}_P A_{W1} \\ &= 2 \times 64.80 = 129.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A_f + {}_P A_W \quad A' \\ &= 193.60 + 129.60 = 323.20 \text{ cm}^2 > 245.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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 $dh = 2.50$ cm
 フランジ $n2 = 2$ 本 (軸横断)
 ウェブ $m2 = 8$ 本 (軸横断)

外側板幅 $fp b1 = 30.00$ cm
 板厚 $fp t1 = 2.20$ cm
 面積 $pA f1 = 55.00$ cm²
 内側板幅 $fp b2 = 12.00$ cm
 板厚 $fp t2 = 2.20$ cm
 面積 $pA f2 = 41.80$ cm²

(外側添接板)

$$fp b1' = fp b1 - dh \cdot n2 = 30.00 - (2.50 \times 2) = 25.00 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{fp b1' \cdot fp t1^3}{12} = \frac{25.00 \times 2.20^3}{12} = 22.183 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot fp t1)^2 + pI f1 = 55.000 \times 46.100^2 + 22.183 = 116909 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$fp b2' = 2 \cdot fp b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 12.00 - (2.50 \times 2) = 19.00 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{fp b2' \cdot fp t2^3}{12} = \frac{19.00 \times 2.20^3}{12} = 16.859 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot fp t2)^2 + pI f2 = 41.800 \times 41.100^2 + 16.859 = 70626 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (116909 + 70626) = 375070 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

板幅 $wp b = 60.50$ cm
 板厚 $wp t = 1.60$ cm
 ボルト間隔 $w p2 = 7.5$ cm

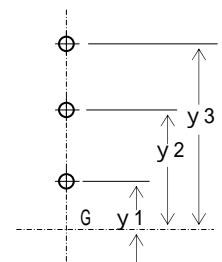
$$pI w1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{1.600 \times 60.50^3}{12} = 29526 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 1181.25 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.50 \times 1.60 \times 2 \times 1181.25 + 8 \times \frac{1.60 \times 2.50^3}{12}$$

$$= 9467 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (29526 - 9467) = 40118 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

$$pI = pI f + pI w \quad I'$$

$$= 375070 + 40118 = 415188 \text{ cm}^4 > 350754 \text{ cm}^4 \quad -OK-$$

(4) 曲げモ - メントの計算

1) H形鋼 1 本当りりの抵抗曲げモ - メント

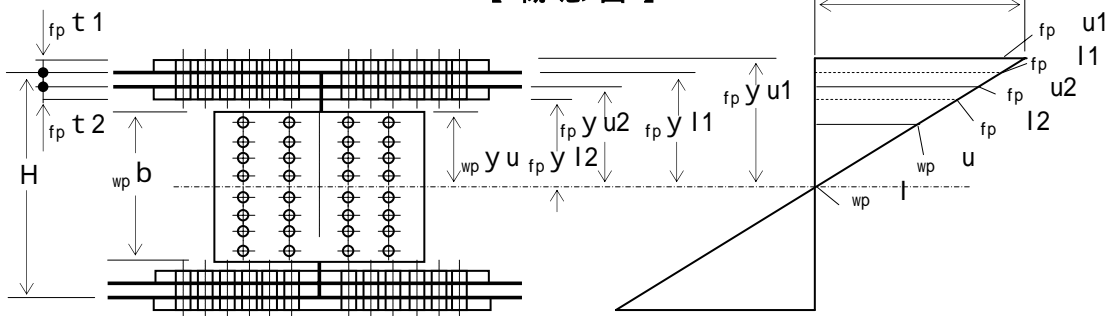
許容曲げ応力度 $H_{ba} = 235 \text{ N/mm}^2$

断面係数 $Z' = 7795 \text{ cm}^3$

$$M_r = H_{ba} \cdot Z'$$

$$= 235 \times 7795 \times 10^3 = 1831825000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 415188 \text{ cm}^4$

$pIf = 375070 \text{ cm}^4$

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

$$= 1831825000 \times \frac{375070}{415188} = 1654822882 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$$pMf1 = pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf} \quad pIf1 = 116909 \text{ cm}^4$$

$$= 1654822882 \times \frac{233818}{375070} = 1031613770 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$fp y u1 = 1/2 \cdot H + fp t1 = 1/2 \times 90.0 + 2.20 = 47.20 \text{ cm}$$

$$fp u1 = \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot fp y u1 \quad pba$$

$$= \frac{1031613770}{2 \times 116909} \times \frac{47.20}{1000} = 208 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$fp y l1 = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 90.0 = 45.00 \text{ cm}$$

$$fp l1 = \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot fp y l1 \quad pba$$

$$= \frac{1031613770}{233818} \times \frac{45.00}{1000} = 199 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

$${}_p M f_2 = {}_p M f \cdot \frac{2 \cdot {}_p I f_2}{{}_p I f} \qquad {}_p I f_2 = 70626 \text{ cm}^4$$

$$= 1654822882 \times \frac{141252}{375070} = 623209112 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{fp} y u_2 = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 90.0 - 2.80 = 42.20 \text{ cm}$$

$${}_{fp} u_2 = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y u_2 \quad {}_p b a$$

$$= \frac{623209112}{141252} \times \frac{42.20}{1000} = 186 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$${}_{fp} y l_2 = 1/2 \cdot H - t f - {}_{fp} t_2$$

$$= 1/2 \times 90.0 - 2.80 - 2.20 = 40.00 \text{ cm}$$

$${}_{fp} l_2 = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y l_2 \quad {}_p b a$$

$$= \frac{623209112}{141252} \times \frac{40.00}{1000} = 176 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(ボルト)

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

$${}_p T f_1 = \frac{{}_{fp} u_1 + {}_{fp} l_1}{2} \cdot {}_p A f_1$$

$$= \frac{208 + 199}{2} \times 55.00 \times 10^2 = 1119250 \text{ N}$$

$${}_p T f_2 = \frac{{}_{fp} u_2 + {}_{fp} l_2}{2} \cdot {}_p A f_2$$

$$= \frac{186 + 176}{2} \times 41.80 \times 10^2 = 756580 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 1119250 + 756580 = 1875830 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

$$M 22 \quad {}_B A = 1/4 \cdot d^2 = 3.801 \text{ cm}^2 \quad 380.1 \text{ mm}^2$$

$$S_1 = \frac{2 \cdot {}_B A \cdot B a}{2} \quad (\text{二面せん断})$$

$$= 2 \times 380.1 \times 220 = 167244$$

$$S_2 = d \cdot t f \cdot H a \quad (\text{鋼板の支圧})$$

$$= 22 \times 28 \times 441 = 271656$$

$$\left. \begin{array}{l} 167244 \\ 271656 \end{array} \right\} = \underline{167244} \text{ N} \quad (\text{最小})_{fb} S a$$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{1875830}{6 \times 2}$$

$$= 156319 \text{ N} < 167244 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned}
 {}_p I &= 415188 \text{ cm}^4 \\
 {}_p I_w &= 40118 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

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

$$= 1831825000 \times \frac{40118}{415188} = 177002118 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{wp} y_u = 1/2 \cdot {}_{wp} b = 1/2 \times 60.50 = 30.25 \text{ cm}$$

$${}_{wp} u = \frac{{}_p M_w}{{}_p I_w} \cdot {}_{wp} y_u \cdot {}_p a$$

$$= \frac{177002118}{40118} \times \frac{30.25}{1000} = 133 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト1本の耐力 (F10T)

M 22

$${}_B A = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 3.801 \text{ cm}^2 = 380.1 \text{ mm}^2$$

$$S1 = 2 \cdot {}_B A \cdot {}_B a \quad (\text{二面せん断})$$

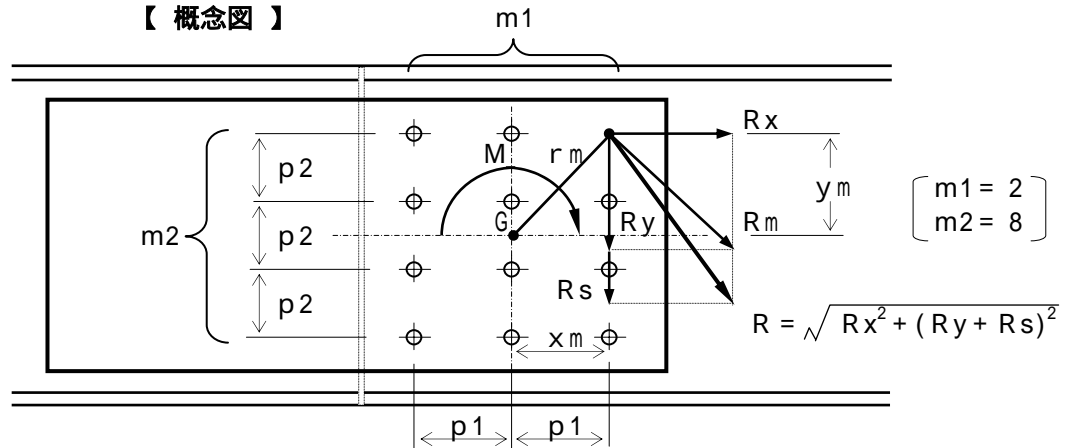
$$= 2 \times 380.1 \times 220 = 167244$$

$$S2 = d \cdot t_w \cdot {}_H a \quad (\text{鋼板の支圧})$$

$$= 22 \times 16 \times 441 = 155232$$

$$= \frac{155232 \text{ N}}{(\text{最小})_{wb} S a}$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 8 \times \left\{ 7.50^2 \times (2^2 - 1) + 7.50^2 \times (8^2 - 1) \right\}$$

$$= 4950 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$x_m = 3.75 \text{ cm}$$

$$y_m = 26.25 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.75^2 + 26.25^2} = 26.52 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{177002118}{4950} \times \frac{26.25}{10} = 93865 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{177002118}{4950} \times \frac{3.75}{10} = 13409 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{177002118}{4950} \times \frac{26.52}{10} = 94830 \text{ N}$$

$$= 94830 \text{ N} < 155232 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 135 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 103.04 \text{ cm}^2 \\ &= 10304 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 135 \times 10304 = 1391040 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 129.60 \text{ cm}^2 \\ &= 12960 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{1391040}{12960} = 107 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 220 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 441 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 1.6 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$M22 \quad A_b = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 3.801 \text{ cm}^2 = 380.1 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 220 = 167244 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 16 \times 441 = 155232 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{155232 \text{ N}} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{1391040}{2 \times 8} \\ &= 86940 \text{ N} < 155232 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

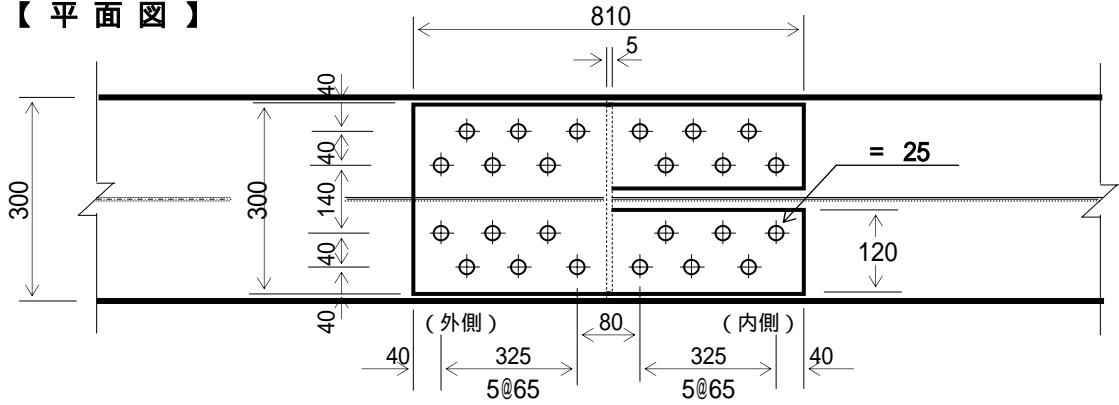
$$\begin{aligned} \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 93865 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 13409 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 86940 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{93865^2 + (13409 + 86940)^2} \\ &= 137407 \text{ N} < 155232 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

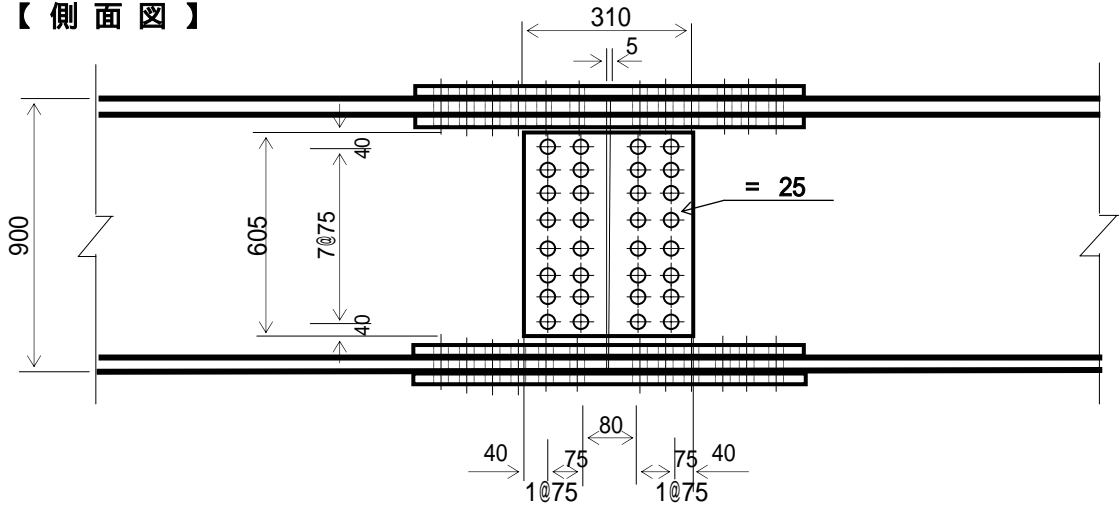
3. 計算結果

母材	H 900 × 300 × 16 × 28		
フランジ部	添接板仕様	2枚： PL 22 × 300 × 810	
		4枚： PL 22 × 120 × 810	
ウェブ部	添接板仕様	2枚： PL 16 × 605 × 310	
		ボルト仕様	F10T： M22 - 48本 L = 115 mm (トリシ型高力ボルトの場合 L = 110 mm)
	ボルト仕様	F10T： M22 - 32本 L = 90 mm (トリシ型高力ボルトの場合 L = 85 mm)	

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

