

ボルト継手計算書

H 8 0 0 × 3 0 0 × 1 4 × 2 6

土木仕様

(S I 単位)

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H 800 × 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。)
 (鋼材コード) SS400-D (ボルトコード) F10T-D

「道路土工 仮設構造物指針 (日本道路協会)」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	$ba =_H$	$ta =$	210 N/mm ² (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度 _H	$a =_H$	$a =$	120 N/mm ²
H形鋼の許容支圧応力度 _H	$a =_H$	$a =$	355 N/mm ² (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度 _P	$ba =_P$	$ta =$	210 N/mm ² (SS400)
添接板の許容せん断応力度 _P	$a =_P$	$a =$	120 N/mm ²
添接板の許容支圧応力度 _P	$a =_P$	$a =$	355 N/mm ² (SS400)
ボルトの許容せん断応力度 _B	$a =_B$	$a =$	285 N/mm ² (F10T)

(2) 設計母材

コード: H800

H 形 鋼 : H 8 0 0 × 3 0 0 × 1 4 × 2 6

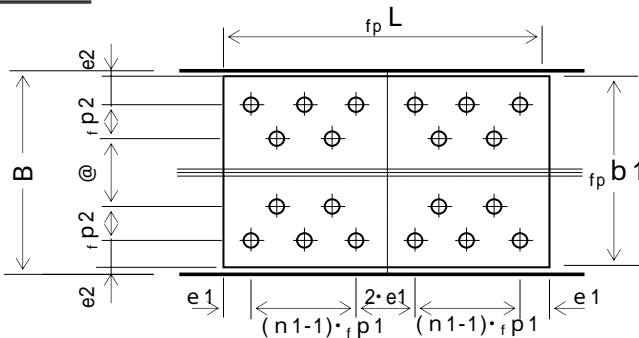
(3) 添 接 板

		$<_p t >$	$<_p b >$	$<_p L >$
フランジ:	2 · PL -	19	× 300	× 680
	4 · PL -	19	× 120	× 680
ウェブ:	2 · PL -	12	× 605	× 310

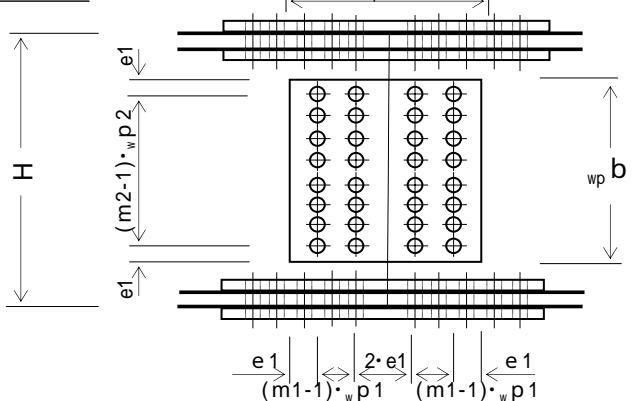
(4) ボ ル ト

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	$n1 =$	5	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)
	$m2 =$	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
			$f_p p1 =$ 6.5 cm
			フランジボルトの横断方向間隔
			$f_p p2 =$ 4.0 cm
			ウェブボルトの軸方向間隔
			$w_p p1 =$ 7.5 cm
			ウェブボルトの横断方向間隔
			$w_p p2 =$ 7.5 cm

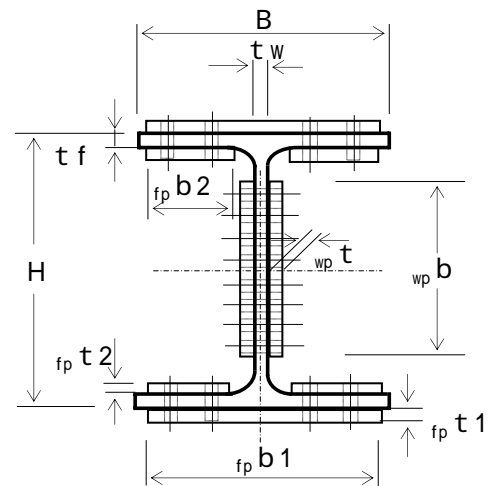
平面図



側面図



断面図

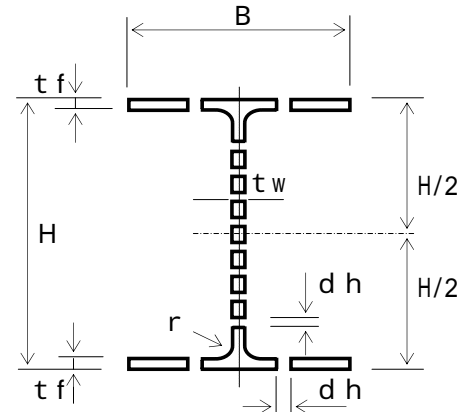


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H 800 × 300 × 14 × 26

H 形 鋼 の 高 さ	H =	80	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	30	cm
ウ エ ブ 厚	t _w =	1.4	cm
フ ラ ン ジ 厚	t _f =	2.6	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.8	cm
断 面 積	A =	263.50	cm ²
断 面 係 数	Z =	7160	cm ³
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	286000	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)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト)} \quad {}_B A_W &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.40 \times 8 = 28.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_W' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_W \\ &= 1.40 \times (80 - 2 \times 2.60) - 28.00 \\ &= 76.72 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 2.60 \times 2 = 13.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 263.50 - 1.40 \times (80 - 2 \times 2.60) - 2 \times 13.00 \\ &= 132.78 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_W' = 132.78 + 76.72 = 209.50 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 2.60^3 \times 2}{12} \\ &= 7.323 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 13.000 \times 38.700^2 + 7.323 = 19477 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 19477 = 38954 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 286000 - 38954 = 247046 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{247046}{40.00} = 6176 \text{ cm}^3$$

(2) 添接板の断面積の計算

1) フランジ添接板

外側板幅 $f_p b1 = 30.0$ cm
板厚 $f_p t1 = 1.90$ cm
内側板幅 $f_p b2 = 12.00$ cm
板厚 $f_p t2 = 1.90$ cm
ボルト孔径 $dh = 2.50$ cm
ボルト本数 $n2 = 2$ 本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} B A f1 &= dh \cdot f_p t1 \cdot n2 \\ &= 2.50 \times 1.90 \times 2 = 9.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P A f1 &= f_p b1 \cdot f_p t1 - B A f1 \\ &= 30.00 \times 1.90 - 9.50 = 47.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} B A f2 &= dh \cdot f_p t2 \cdot n2 \\ &= 2.50 \times 1.90 \times 2 = 9.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P A f2 &= 2 \cdot f_p b2 \cdot f_p t2 - B A f2 \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.90 - 9.50 = 36.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} P A f &= 2 \cdot (P A f1 + P A f2) \\ &= 2 \times (47.50 + 36.10) = 167.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅 $w_p b = 60.5$ cm
板厚 $w_p t = 1.20$ cm
ボルト本数 $m2 = 8$ 本 (軸横断)

$$\begin{aligned} B A W &= dh \cdot w_p t \cdot m2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 8 = 24.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P A W1 &= w_p b \cdot w_p t - B A W \\ &= 60.50 \times 1.20 - 24.00 = 48.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} P A W &= 2 \cdot P A W1 \\ &= 2 \times 48.60 = 97.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} P A &= P A f + P A W \quad A' \\ &= 167.20 + 97.20 = 264.40 \text{ cm}^2 > 209.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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	外側板幅	$f_p b_1 = 30.00$ cm
フランジ	n2 = 2 本 (軸横断)	板厚	$f_p t_1 = 1.90$ cm
ウェブ	m2 = 8 本 (軸横断)	面積	$P A f_1 = 47.50$ cm ²
		内側板幅	$f_p b_2 = 12.00$ cm
		板厚	$f_p t_2 = 1.90$ cm
		面積	$P A f_2 = 36.10$ cm ²

(外側添接板)

$$f_p b_1' = f_p b_1 - dh \cdot n_2 = 30.00 - (2.50 \times 2) = 25.00 \text{ cm}$$

$$P I f_1 = \frac{f_p b_1' \cdot f_p t_1^3}{12} = \frac{25.00 \times 1.90^3}{12} = 14.290 \text{ cm}^4$$

$$P I f_1 = P A f_1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t_1)^2 + P I f_1 = 47.500 \times 40.950^2 + 14.290 = 79667 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$f_p b_2' = 2 \cdot f_p b_2 - dh \cdot n_2 = 2 \times 12.00 - (2.50 \times 2) = 19.00 \text{ cm}$$

$$P I f_2 = \frac{f_p b_2' \cdot f_p t_2^3}{12} = \frac{19.00 \times 1.90^3}{12} = 10.860 \text{ cm}^4$$

$$P I f_2 = P A f_2 \cdot (1/2 \cdot H - t_f - 1/2 \cdot f_p t_2)^2 + P I f_2 = 36.100 \times 36.450^2 + 10.860 = 47973 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$P I f = 2 \cdot (P I f_1 + P I f_2) = 2 \times (79667 + 47973) = 255280 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

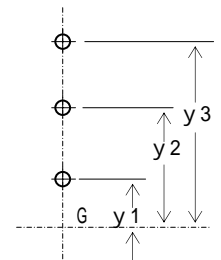
板幅	$w_p b = 60.50$ cm
板厚	$w_p t = 1.20$ cm
ボルト間隔	$w p_2 = 7.5$ cm

$$P I W_1 = \frac{w_p t \cdot w_p b^3}{12} = \frac{1.200 \times 60.50^3}{12} = 22145 \text{ cm}^4$$

$$y = y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots = 1181.25 \text{ cm}^2$$

$$P I W_1 = dh \cdot w_p t \cdot 2 \cdot y + m_2 \cdot \frac{w_p t \cdot (dh)^3}{12}$$

$$= 2.50 \times 1.20 \times 2 \times 1181.25 + 8 \times \frac{1.20 \times 2.50^3}{12} = 7100 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$P I W = 2 \cdot (P I W_1 - P I W_1) = 2 \times (22145 - 7100) = 30090 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

$$P I = P I f + P I W = 255280 + 30090 = 285370 \text{ cm}^4 > 247046 \text{ cm}^4 \text{ -OK-}$$

(4) 曲げモ - メントの計算

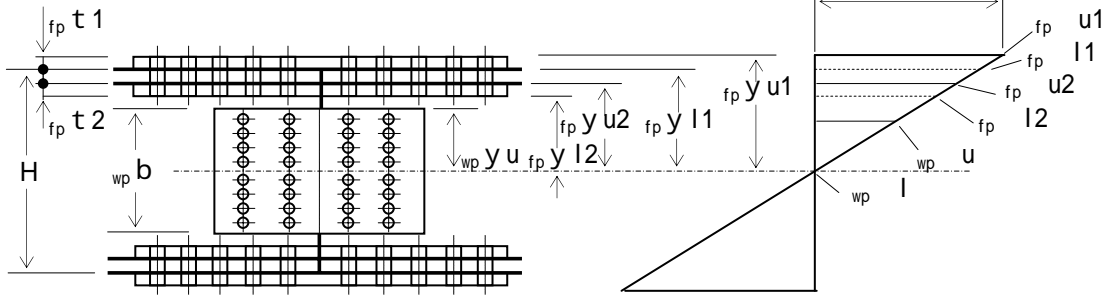
1) H形鋼 1 本当たりの抵抗曲げモ - メント

許容曲げ応力度 $H_{ba} = 210 \text{ N/mm}^2$
 断面係数 $Z' = 6176 \text{ cm}^3$

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

$$= 210 \times 6176 \times 10^3 = 1296960000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 285370 \text{ cm}^4$
 $pIf = 255280 \text{ cm}^4$

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

$$= 1296960000 \times \frac{255280}{285370} = 1160205869 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$$pMf1 = pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf} \quad pIf1 = 79667 \text{ cm}^4$$

$$= 1160205869 \times \frac{159334}{255280} = 724146983 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$fp y u1 = 1/2 \cdot H + fp t1 = 1/2 \times 80.0 + 1.90 = 41.90 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{724146983}{2 \times 79667} \times \frac{41.90}{1000} = 190 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$fp y l1 = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 80.0 = 40.00 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{724146983}{159334} \times \frac{40.00}{1000} = 182 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

$${}_p M f_2 = {}_p M f \cdot \frac{2 \cdot {}_p I f_2}{{}_p I f} \qquad {}_p I f_2 = 47973 \text{ cm}^4$$

$$= 1160205869 \times \frac{95946}{255280} = 436058886 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{fp} y u_2 = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 80.0 - 2.60 = 37.40 \text{ cm}$$

$${}_{fp} \sigma_2 = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y u_2 \quad {}_p \sigma_{ba}$$

$$= \frac{436058886}{95946} \times \frac{37.40}{1000} = 170 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 80.0 - 2.60 - 1.90 = 35.50 \text{ cm}$$

$${}_{fp} \sigma_l_2 = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y l_2 \quad {}_p \sigma_{ba}$$

$$= \frac{436058886}{95946} \times \frac{35.50}{1000} = 161 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(ボルト)

ボルトの許容せん断応力度 $\sigma_B = 285 \text{ N/mm}^2$
 H形鋼の許容支圧応力度 $\sigma_H = 355 \text{ N/mm}^2$

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

$$= \frac{190 + 182}{2} \times 47.50 \times 10^2 = 883500 \text{ N}$$

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

$$= \frac{170 + 161}{2} \times 36.10 \times 10^2 = 597455 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 883500 + 597455 = 1480955 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

$$S 1 = \frac{2 \cdot {}_B A \cdot \sigma_B}{2} \quad (\text{二面せん断})$$

$$= \frac{2 \cdot 3.801 \cdot 285}{2} = 216657$$

$$S 2 = d \cdot t f \cdot \sigma_H \quad (\text{鋼板の支圧})$$

$$= 22 \cdot 26 \cdot 355 = 203060$$

} = 203060 N
(最小) $f_b S a$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{1480955}{5 \times 2}$$

$$= 148096 \text{ N} < 203060 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$p I = 285370 \text{ cm}^4$$

$$p I_w = 30090 \text{ cm}^4$$

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

$$= 1296960000 \times \frac{30090}{285370} = 136754131 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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

$${}_{wp} \sigma = \frac{{}_p M_w}{p I_w} \cdot {}_{wp} y_u$$

$$= \frac{136754131}{30090} \times \frac{30.25}{1000} = 137 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

$$= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657$$

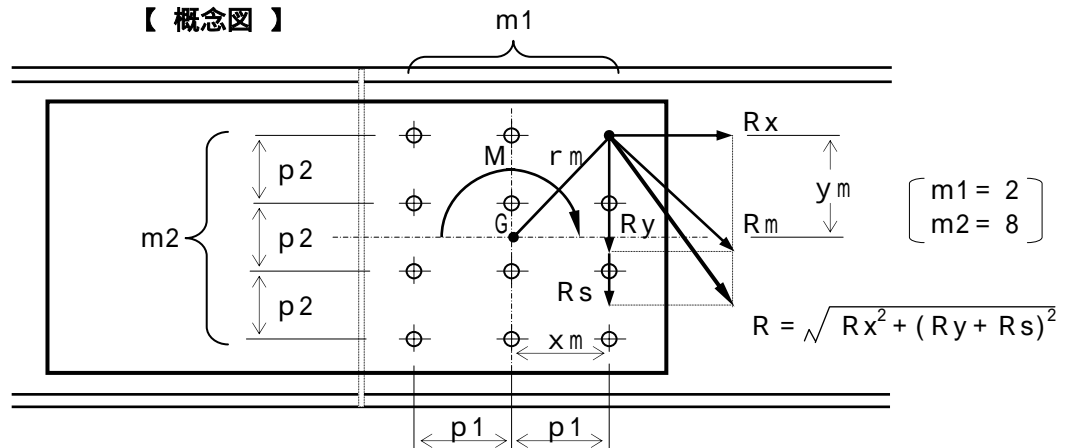
$$S2 = d \cdot t_w \cdot {}_H a \quad (\text{鋼板の支圧})$$

$$= 22 \times 14 \times 355 = 109340$$

$$\left. \begin{array}{l} 216657 \\ 109340 \end{array} \right\} = \underline{109340 \text{ N}}$$

(最小) ${}_{wb} S_a$

【 概念図 】



$$I_p = 1/12 \cdot m1 \cdot m2 \{ {}_w p1^2 (m1^2 - 1) + {}_w p2^2 (m2^2 - 1) \}$$

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

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

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

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

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

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{136754131}{4950} \times \frac{26.25}{10} = 72521 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{136754131}{4950} \times \frac{3.75}{10} = 10360 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{136754131}{4950} \times \frac{26.52}{10} = 73267 \text{ N} < 109340 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 76.72 \text{ cm}^2 \\ &= 7672 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 7672 = 920640 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 97.20 \text{ cm}^2 \\ &= 9720 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{920640}{9720} = 95 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 1.4 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 14 \times 355 = 109340 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{109340 \text{ N}} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{920640}{2 \times 8} \\ &= 57540 \text{ N} < 109340 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

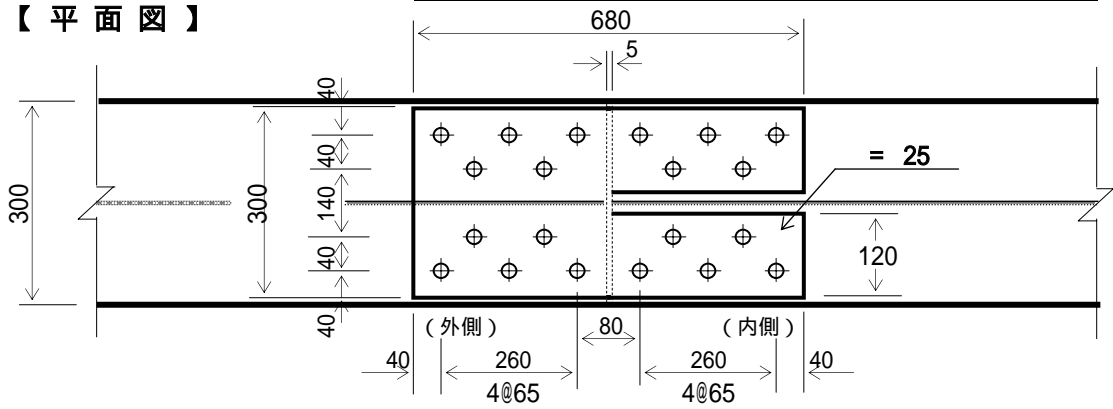
$$\begin{aligned} &(\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 72521 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 10360 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 57540 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{72521^2 + (10360 + 57540)^2} \\ &= 99346 \text{ N} < 109340 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

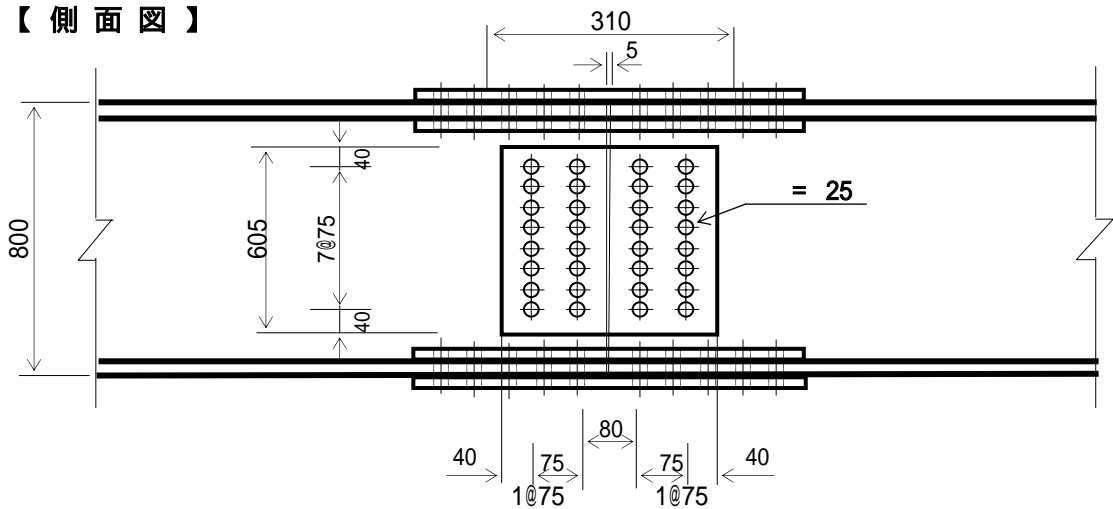
3. 計算結果

母材	H800 × 300 × 14 × 26		
フランジ部	添接板仕様	2枚: PL 19 × 300 × 680	
		4枚: PL 19 × 120 × 680	
	ボルト仕様	F10T: M22 - 40本	L = 105 mm
(トリア型高力ボルトの場合 L = 100 mm)			
ウェブ部	添接板仕様	2枚: PL 12 × 605 × 310	
	ボルト仕様	F10T: M22 - 32本	L = 80 mm
(トリア型高力ボルトの場合 L = 75 mm)			

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

