

ボルト継手計算書

H 2 0 0 × 2 0 0 × 8 × 1 2

建築仕様

(S I 単位)

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H200×200) 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-K (ボルトコード) 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 _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 _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

コード: H200

H形鋼: H200×200×8×12

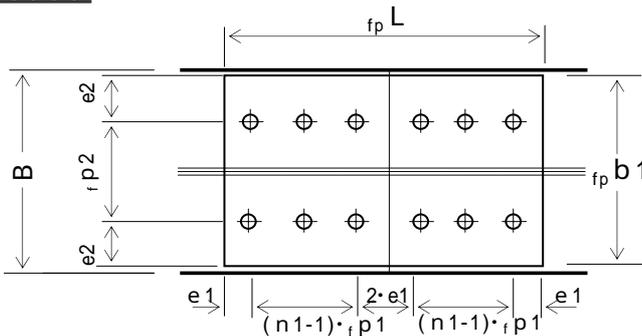
(3) 添接板

	コード	H200				
			< _p t>	< _p b>	< _p L>	
フランジ	2・PL	9	×	200	×	420
	4・PL	9	×	80	×	420
ウェブ	2・PL	6	×	145	×	290

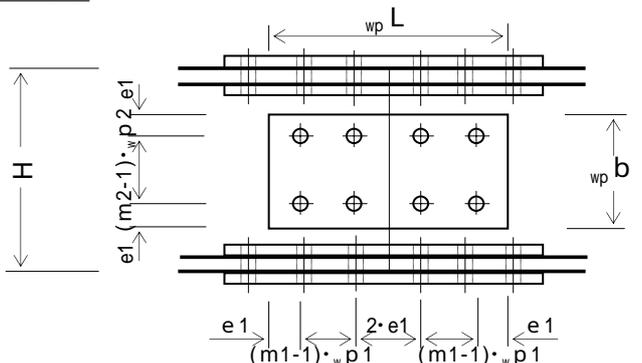
(4) ボルト

ボルト直径 (M20)	d =	2.00	cm	
ボルト孔径 (d+3mm)	dh =	2.30	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 =	4.00	cm	
縁端距離 (フランジその他)	e2 =	4.00	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	$f_p p2 =$	12.0	cm
	ウェブボルトの軸方向間隔	$w_p p1 =$	6.5	cm
	ウェブボルトの横断方向間隔	$w_p p2 =$	6.5	cm

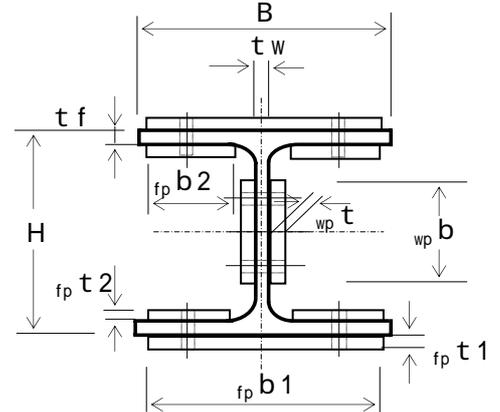
平面図



側面図



断面図

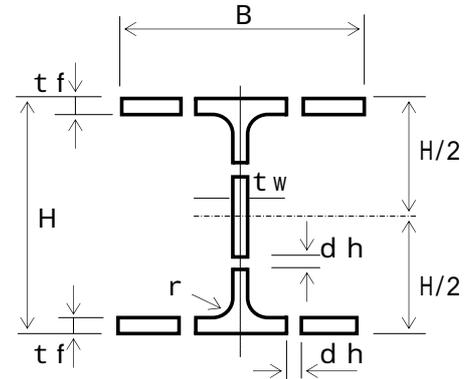


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H200×200×8×12

H形鋼の高さ	H =	20	cm
H形鋼の幅	B =	20	cm
ウェブ厚	t _w =	0.8	cm
フランジ厚	t _f =	1.2	cm
フレット	r =	1.3	cm
断面積	A =	63.53	cm ²
断面係数	Z =	472	cm ³
断面二次モーメント	I =	4720	cm ⁴



2) ボルト穴を控除した断面性能

ボルト孔径	d _h =	2.30	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)

$$\text{(ウェブボルト)} \quad {}_B A_W = d_h \cdot t_w \cdot m_2$$

$$= 2.30 \times 0.80 \times 2 = 3.68 \text{ cm}^2$$

$$\text{(ウェブ)} \quad {}_H A_W' = t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_W$$

$$= 0.80 \times (20 - 2 \times 1.20) - 3.68$$

$$= 10.40 \text{ cm}^2$$

$$\text{(フランジボルト)} \quad {}_B A_f = d_h \cdot t_f \cdot n_2$$

$$= 2.30 \times 1.20 \times 2 = 5.52 \text{ cm}^2$$

$$\text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' = A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f$$

$$= 63.53 - 0.80 \times (20 - 2 \times 1.20) - 2 \times 5.52$$

$$= 38.41 \text{ cm}^2$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_W' = 38.41 + 10.40 = 48.81 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$${}_B I_f = \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.30 \times 1.20^3 \times 2}{12}$$

$$= 0.662 \text{ cm}^4$$

$$\text{(片フランジボルト)} \quad {}_B I_f = {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f$$

$$= 5.52 \times 9.40^2 + 0.662 = 488 \text{ cm}^4$$

$$\text{(両フランジボルト)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 488 = 976 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 4720 - 976 = 3744 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{3744}{10.00} = 374 \text{ cm}^3$$

(2) 添接板の断面積の計算

1) フランジ添接板

外側板幅 $f_p b_1 = 20.0$ cm
 板厚 $f_p t_1 = 0.90$ cm
 内側板幅 $f_p b_2 = 8.00$ cm
 板厚 $f_p t_2 = 0.90$ cm
 ボルト孔径 $dh = 2.30$ cm
 ボルト本数 $n_2 = 2$ 本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} B A f_1 &= dh \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.30 \times 0.90 \times 2 = 4.14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - B A f_1 \\ &= 20.00 \times 0.90 - 4.14 = 13.86 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} B A f_2 &= dh \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.30 \times 0.90 \times 2 = 4.14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - B A f_2 \\ &= 2 \times 8.00 \times 0.90 - 4.14 = 10.26 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} P A f &= 2 \cdot (P A f_1 + P A f_2) \\ &= 2 \times (13.86 + 10.26) = 48.24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅 $w_p b = 14.5$ cm
 板厚 $w_p t = 0.60$ cm
 ボルト本数 $m_2 = 2$ 本 (軸横断)

$$\begin{aligned} B A W &= dh \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.30 \times 0.60 \times 2 = 2.76 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - B A W \\ &= 14.50 \times 0.60 - 2.76 = 5.94 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} P A W &= 2 \cdot P A W_1 \\ &= 2 \times 5.94 = 11.88 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} P A &= P A f + P A W \quad A' \\ &= 48.24 + 11.88 = 60.12 \text{ cm}^2 > 48.81 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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 = 2.30 cm	外側板幅	$f_p b_1 = 20.00$ cm
フランジ	n2 = 2 本 (軸横断)	板厚	$f_p t_1 = 0.90$ cm
ウェブ	m2 = 2 本 (軸横断)	面積	$P A f_1 = 13.86$ cm ²
		内側板幅	$f_p b_2 = 8.00$ cm
		板厚	$f_p t_2 = 0.90$ cm
		面積	$P A f_2 = 10.26$ cm ²

(外側添接板)

$$f_p b_1' = f_p b_1 - dh \cdot n_2 = 20.00 - (2.30 \times 2) = 15.40 \text{ cm}$$

$$P I f_1 = \frac{f_p b_1' \cdot f_p t_1^3}{12} = \frac{15.40 \times 0.90^3}{12} = 0.936 \text{ cm}^4$$

$$P I f_1 = P A f_1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t_1)^2 + P I f_1 = 13.860 \times 10.450^2 + 0.936 = 1514 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$f_p b_2' = 2 \cdot f_p b_2 - dh \cdot n_2 = 2 \times 8.00 - (2.30 \times 2) = 11.40 \text{ cm}$$

$$P I f_2 = \frac{f_p b_2' \cdot f_p t_2^3}{12} = \frac{11.40 \times 0.90^3}{12} = 0.693 \text{ cm}^4$$

$$P I f_2 = P A f_2 \cdot (1/2 \cdot H - t_f - 1/2 \cdot f_p t_2)^2 + P I f_2 = 10.260 \times 8.350^2 + 0.693 = 716 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$P I f = 2 \cdot (P I f_1 + P I f_2) = 2 \times (1514 + 716) = 4460 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

板幅	$w_p b = 14.50$ cm
板厚	$w_p t = 0.60$ cm
ボルト間隔	$w p_2 = 6.5$ cm

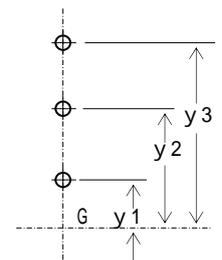
$$P I w_1 = \frac{w_p t \cdot w_p b^3}{12} = \frac{0.600 \times 14.50^3}{12} = 152 \text{ cm}^4$$

$$y = y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots = 11 \text{ cm}^2$$

$$P I w_1 = dh \cdot w_p t \cdot 2 \cdot y + m_2 \cdot \frac{w_p t \cdot (dh)^3}{12}$$

$$= 2.30 \times 0.60 \times 2 \times 11 + 2 \times \frac{0.60 \times 2.30^3}{12}$$

$$= 30 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$P I w = 2 \cdot (P I w_1 - P I w_1) = 2 \times (152 - 30) = 244 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

$$P I = P I f + P I w = 4460 + 244 = 4704 \text{ cm}^4 > 3744 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(4) 曲げモ - メントの計算

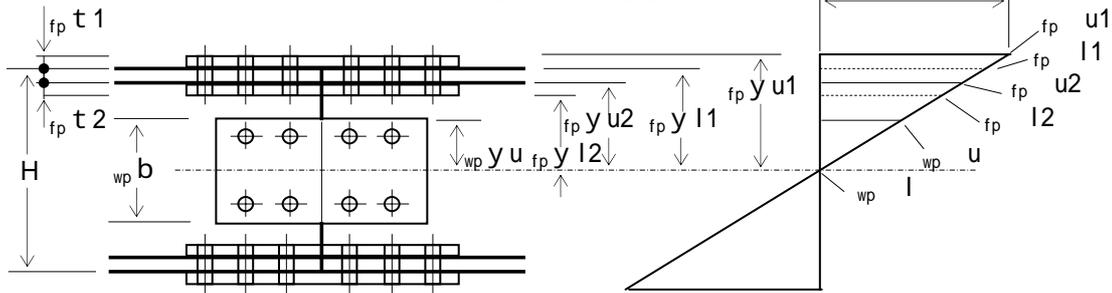
1) H形鋼 1 本当たりの抵抗曲げモ - メント

許容曲げ応力度 $H_{ba} = 235 \text{ N/mm}^2$
 断面係数 $Z' = 374 \text{ cm}^3$

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

$$= 235 \times 374 \times 10^3 = 87890000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$p I = 4704 \text{ cm}^4$
 $p I f = 4460 \text{ cm}^4$

$${}_p M_f = M_r \cdot \frac{p I f}{p I}$$

$$= 87890000 \times \frac{4460}{4704} = 83331080 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$${}_p M_{f1} = {}_p M_f \cdot \frac{2 \cdot p I f_1}{p I f} \quad p I f_1 = 1514 \text{ cm}^4$$

$$= 83331080 \times \frac{3028}{4460} = 56575451 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y_{u1} = 1/2 \cdot H + f_p t_1 = 1/2 \times 20.0 + 0.90 = 10.90 \text{ cm}$$

$$f_p u_1 = \frac{{}_p M_{f1}}{2 \cdot p I f_1} \cdot f_p y_{u1} \quad p_{ba}$$

$$= \frac{56575451}{2 \times 1514} \times \frac{10.90}{1000} = 204 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y_{l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 20.0 = 10.00 \text{ cm}$$

$$f_p l_1 = \frac{{}_p M_{f1}}{2 \cdot p I f_1} \cdot f_p y_{l1} \quad p_{ba}$$

$$= \frac{56575451}{3028} \times \frac{10.00}{1000} = 187 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

$${}_p M f_2 = {}_p M f \cdot \frac{2 \cdot {}_p I f_2}{{}_p I f}$$

$${}_p I f_2 = 716 \text{ cm}^4$$

$$= 83331080 \times \frac{1432}{4460} = 26755629 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{fp} y_{u2} = 1/2 \cdot H - t_f = 1/2 \times 20.0 - 1.20 = 8.80 \text{ cm}$$

$${}_{fp} \sigma_{u2} = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y_{u2} \quad {}_p \sigma_{ba}$$

$$= \frac{26755629}{1432} \times \frac{8.80}{1000} = 164 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$${}_{fp} y_{l2} = 1/2 \cdot H - t_f - {}_{fp} t_2$$

$$= 1/2 \times 20.0 - 1.20 - 0.90 = 7.90 \text{ cm}$$

$${}_{fp} \sigma_{l2} = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y_{l2} \quad {}_p \sigma_{ba}$$

$$= \frac{26755629}{1432} \times \frac{7.90}{1000} = 148 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(ボルト)

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

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

$$= \frac{204 + 187}{2} \times 13.86 \times 10^2 = 270963 \text{ N}$$

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

$$= \frac{164 + 148}{2} \times 10.26 \times 10^2 = 160056 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 270963 + 160056 = 431019 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

$$M 20 \quad {}_B A = 1/4 \cdot d^2 = 3.142 \text{ cm}^2 \quad 314.2 \text{ mm}^2$$

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

$$= 2 \times 314.2 \times 220 = 138248$$

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

$$= 20 \times 12 \times 441 = 105840$$

$$\left. \begin{array}{l} 138248 \\ 105840 \end{array} \right\} = 105840 \text{ N}$$

(最小) ${}_{fb} S_a$

$$Q_f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{431019}{3 \times 2}$$

$$= 71837 \text{ N} < 105840 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

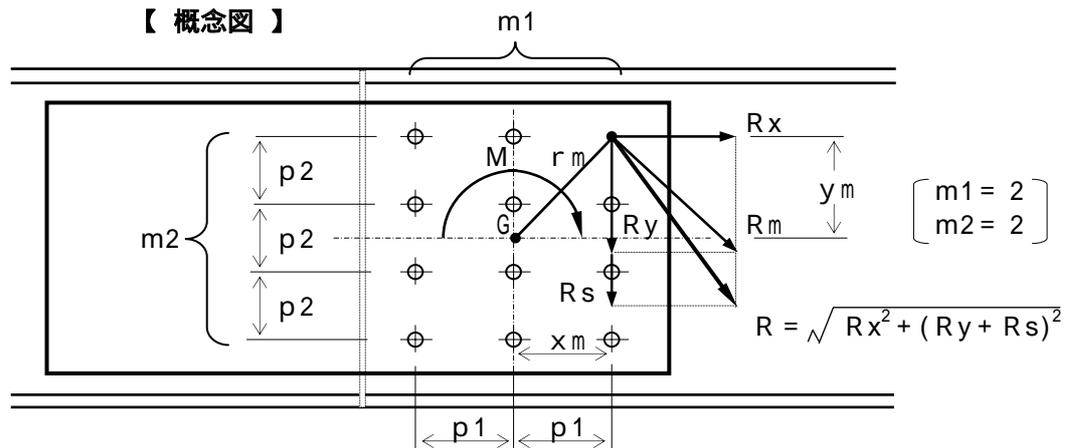
3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned}
 {}_p M_w &= M_r \cdot \frac{{}_p I_w}{{}_p I} & {}_p I &= 4704 \text{ cm}^4 \\
 &= 87890000 \times \frac{244}{4704} = 4558920 \text{ N}\cdot\text{mm} & {}_p I_w &= 244 \text{ cm}^4 \\
 {}_w y_u &= 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 14.50 = 7.25 \text{ cm} \\
 {}_w u &= \frac{{}_p M_w}{{}_p I_w} \cdot {}_w y_u & & \\
 &= \frac{4558920}{244} \times \frac{7.25}{1000} = 135 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2 \\
 & & & \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

$$\begin{aligned}
 M20 \quad {}_B A &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 3.142 \text{ cm}^2 = 314.2 \text{ mm}^2 \\
 S1 &= 2 \cdot {}_B A \cdot {}_B a \quad (\text{二面せん断}) \\
 &= 2 \times 314.2 \times 220 = 138248 \\
 S2 &= d \cdot t_w \cdot {}_H a \quad (\text{鋼板の支圧}) \\
 &= 20 \times 8 \times 441 = 70560 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} S1 \\ S2 \end{matrix}} \right\} = \frac{70560}{2} \text{ N} \\
 & & & \quad (\text{最小})_{wb} S a
 \end{aligned}$$

【 概念図 】



$$\begin{aligned}
 I_p &= 1/12 \cdot m_1 \cdot m_2 \{ {}_w p_1^2 (m_1^2 - 1) + {}_w p_2^2 (m_2^2 - 1) \} \\
 &= 1/12 \times 2 \times 2 \times \{ 6.50^2 \times (2^2 - 1) + 6.50^2 \times (2^2 - 1) \} \\
 &= 85 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$\begin{aligned}
 x_m &= 3.25 \text{ cm} \\
 y_m &= 3.25 \text{ cm} \\
 r_m &= \sqrt{3.25^2 + 3.25^2} = 4.60 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_x &= \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{4558920}{85} \times \frac{3.25}{10} = 17431 \text{ N} \\
 R_y &= \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{4558920}{85} \times \frac{3.25}{10} = 17431 \text{ N} \\
 R_m &= \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{4558920}{85} \times \frac{4.60}{10} \\
 &= 24672 \text{ N} < 70560 \text{ N} \quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 135 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 10.40 \text{ cm}^2 \\ &= 1040 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 135 \times 1040 = 140400 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 11.88 \text{ cm}^2 \\ &= 1188 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{140400}{1188} = 118 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 220 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 441 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 0.8 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$M20 \quad A_b = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 3.142 \text{ cm}^2 = 314.2 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 314.2 \times 220 = 138248 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 20 \times 8 \times 441 = 70560 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{70560 \text{ N}} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{140400}{2 \times 2} \\ &= 35100 \text{ N} < 70560 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

$$\begin{aligned} &(\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 17431 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 17431 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 35100 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{17431^2 + (17431 + 35100)^2} \\ &= 55347 \text{ N} < 70560 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

