

ボルト継手計算書

H 6 9 2 × 3 0 0 × 1 3 × 2 0

建築仕様

(S I 単位)

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H 692 × 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JIS) SS400-K (ボルトJIS) 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	$a =_H$		135 N/mm ²
H形鋼の許容支圧応力度 (1.25 × 235 × 係数 _H)	$a =_H$		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	$a =_P$		135 N/mm ²
添接板の許容支圧応力度 (1.25 × 235 × 係数 _P)	$a =_P$		441 N/mm ² (SS400)
ボルトの許容せん断応力度 _B	$a =_B$		220 N/mm ² (F10T)

(2) 設計母材

JIS: H692

H形鋼: H 692 × 300 × 13 × 20

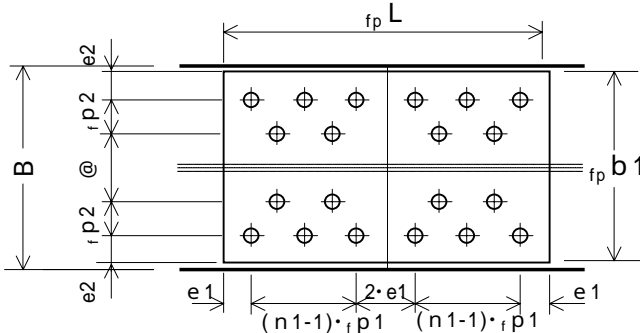
(3) 添接板

		$\langle_p t \rangle$	$\langle_p b \rangle$	$\langle_p L \rangle$
フランジ:	2 · PL -	16	× 300	× 680
	4 · PL -	16	× 120	× 680
ウェブ:	2 · PL -	9	× 530	× 310

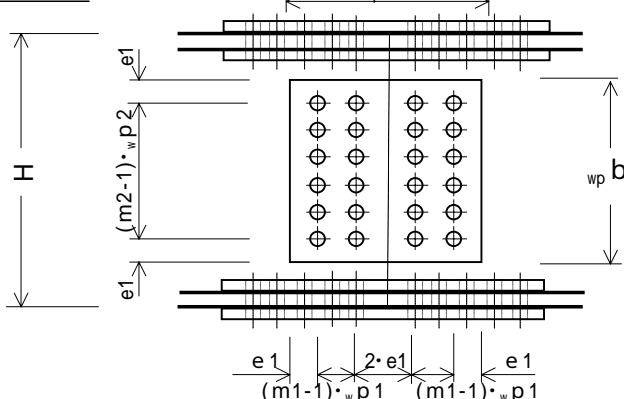
(4) ボルト

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)	
ウェブのボルト本数	$m1 =$	2	本 (軸方向)	
縁端距離 (応力方向)	$e1 =$	4.0	cm	
縁端距離 (その他)	$e2 =$	4.0	cm	
	$n2 =$	2	本 (軸横断)	
	$m2 =$	6	本 (軸横断)	
	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	$w_p p2 =$	9.0	cm

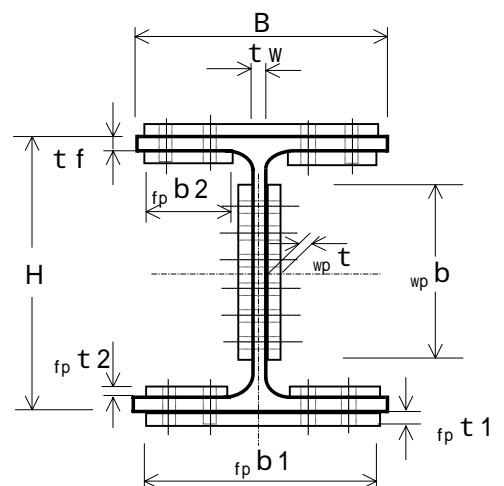
平面図



側面図



断面図

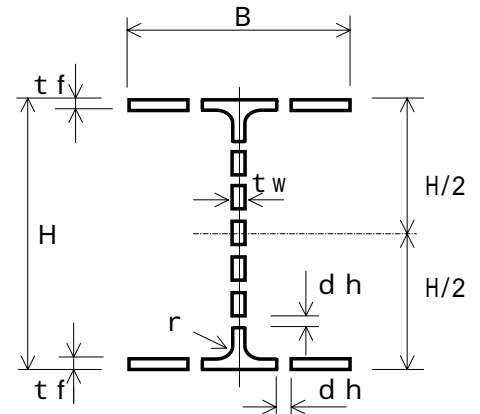


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H 6 9 2 × 3 0 0 × 1 3 × 2 0

H 形 鋼 の 高 さ	H =	69.2	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	30.0	cm
ウ エ ブ 厚	t _w =	1.3	cm
フ ラ ン ジ 厚	t _f =	2.0	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.8	cm
断 面 積	A =	207.50	cm ²
断 面 係 数	Z =	4870	cm ³
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	168000	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 =	6	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.30 \times 6 = 19.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 1.30 \times (69.2 - 2 \times 2.00) - 19.50 \\ &= 65.26 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 2.00 \times 2 = 10.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 207.50 - 1.30 \times (69.2 - 2 \times 2.00) \\ &\quad - 2 \times 10.00 \\ &= 102.74 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 102.74 + 65.26 = 168.00 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 2.00^3 \times 2}{12} \\ &= 3.333 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 10.00 \times 33.60^2 + 3.333 = 11293 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 11293 = 22586 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 168000 - 22586 = 145414 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{145414}{34.60} = 4203 \text{ cm}^3$$

(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 $f_p t_1 = 1.60$ cm
内側板幅 $f_p b_2 = 12.00$ cm
板厚 $f_p t_2 = 1.60$ 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)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.60 \times 2 = 8.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 30.00 \times 1.60 - 8.00 = 40.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.60 \times 2 = 8.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.60 - 8.00 = 30.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (40.00 + 30.40) = 140.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅 $w_p b = 53.0$ cm
板厚 $w_p t = 0.90$ cm
ボルト本数 $m_2 = 6$ 本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 0.90 \times 6 = 13.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 53.00 \times 0.90 - 13.50 = 34.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 34.20 = 68.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 140.80 + 68.40 = 209.20 \text{ cm}^2 > 168.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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 $m2 = 6$ 本 (軸横断)

外側板幅 $fp b1 = 30.00$ cm
 板厚 $fp t1 = 1.60$ cm
 面積 $pA f1 = 40.00$ cm²
 内側板幅 $fp b2 = 12.00$ cm
 板厚 $fp t2 = 1.60$ cm
 面積 $pA f2 = 30.40$ cm²

(外側添接板)

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

$$pI f1 = \frac{fp b1' \cdot fp t1^3}{12} = \frac{25.00 \times 1.60^3}{12} = 8.533 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot fp t1)^2 + pI f1 = 40.000 \times 35.400^2 + 8.533 = 50135 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

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

$$pI f2 = \frac{fp b2' \cdot fp t2^3}{12} = \frac{19.00 \times 1.60^3}{12} = 6.485 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot fp t2)^2 + pI f2 = 30.400 \times 31.800^2 + 6.485 = 30748 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (50135 + 30748) = 161766 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

板幅 $wp b = 53.00$ cm
 板厚 $wp t = 0.90$ cm
 ボルト間隔 $w p2 = 9.0$ cm

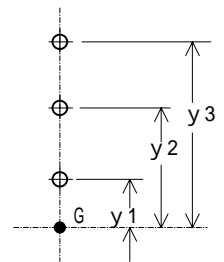
$$pI w1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{0.900 \times 53.00^3}{12} = 11166 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 708.75 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.50 \times 0.90 \times 2 \times 708.75 + 6 \times \frac{0.90 \times 2.50^3}{12}$$

$$= 3196 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (11166 - 3196) = 15940 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

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

$$= 161766 + 15940 = 177706 \text{ cm}^4 > 145414 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(4) 曲げモーメントの計算

1) H形鋼1本当たりの抵抗曲げモーメント

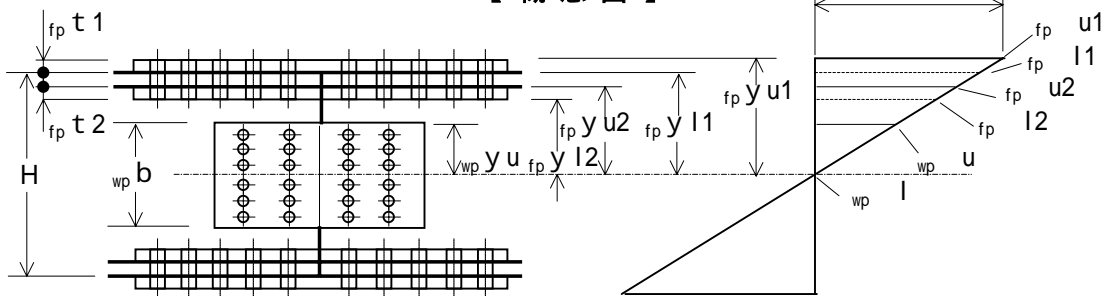
許容曲げ応力度 $\sigma_{ba} = 235 \text{ N/mm}^2$

断面係数 $Z' = 4203 \text{ cm}^3$

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

$$= 235 \times 4203 \times 10^3 = 987705000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$\rho I = 177706 \text{ cm}^4$

$\rho I f = 161766 \text{ cm}^4$

$$\rho M_f = M_r \cdot \frac{\rho I f}{\rho I}$$

$$= 987705000 \times \frac{161766}{177706} = 899109130 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$$\rho M_{f1} = \rho M_f \cdot \frac{2 \cdot \rho I f_1}{\rho I f}$$

$$\rho I f_1 = 50135 \text{ cm}^4$$

$$= 899109130 \times \frac{100270}{161766} = 557309153 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{p y u1} = 1/2 \cdot H + f_{p t 1} = 1/2 \times 69.2 + 1.60 = 36.20 \text{ cm}$$

$$f_{p u1} = \frac{\rho M_{f1}}{2 \cdot \rho I f_1} \cdot f_{p y u1} \cdot \rho \sigma_{ba}$$

$$= \frac{557309153}{2 \times 50135} \times \frac{36.20}{1000} = 201 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_{p y l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 69.2 = 34.60 \text{ cm}$$

$$f_{p l1} = \frac{\rho M_{f1}}{2 \cdot \rho I f_1} \cdot f_{p y l1} \cdot \rho \sigma_{ba}$$

$$= \frac{557309153}{100270} \times \frac{34.60}{1000} = 192 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

$${}_p M f_2 = {}_p M f \cdot \frac{2 \cdot {}_p I f_2}{{}_p I f} \qquad {}_p I f_2 = 30748 \text{ cm}^4$$

$$= 899109130 \times \frac{61496}{161766} = 341799977 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{fp} y u_2 = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 69.2 - 2.00 = 32.60 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{341799977}{61496} \times \frac{32.60}{1000} = 181 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 69.2 - 2.00 - 1.60 = 31.00 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{341799977}{61496} \times \frac{31.00}{1000} = 172 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-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 $H a = 441 \text{ N/mm}^2$

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

$$= \frac{201 + 192}{2} \times 40.00 \times 10^2 = 786000 \text{ N}$$

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

$$= \frac{181 + 172}{2} \times 30.40 \times 10^2 = 536560 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 786000 + 536560 = 1322560 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

$$= \frac{2 \cdot 380.1 \cdot 220}{2} = 167244$$

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

$$= 22 \cdot 20 \cdot 441 = 193875$$

$$\left. \begin{array}{l} 167244 \\ 193875 \end{array} \right\} = \underline{167244} \text{ N} \quad (\text{最小})_{fb} S a$$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{1322560}{5 \times 2}$$

$$= 132256 \text{ N} < 167244 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$${}_p I = 177706 \text{ cm}^4$$

$${}_p I_w = 15940 \text{ cm}^4$$

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

$$= 987705000 \times \frac{15940}{177706} = 88595870 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_w y_u = 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 53.00 = 26.50 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{88595870}{15940} \times \frac{26.50}{1000} = 147 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 22

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

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

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

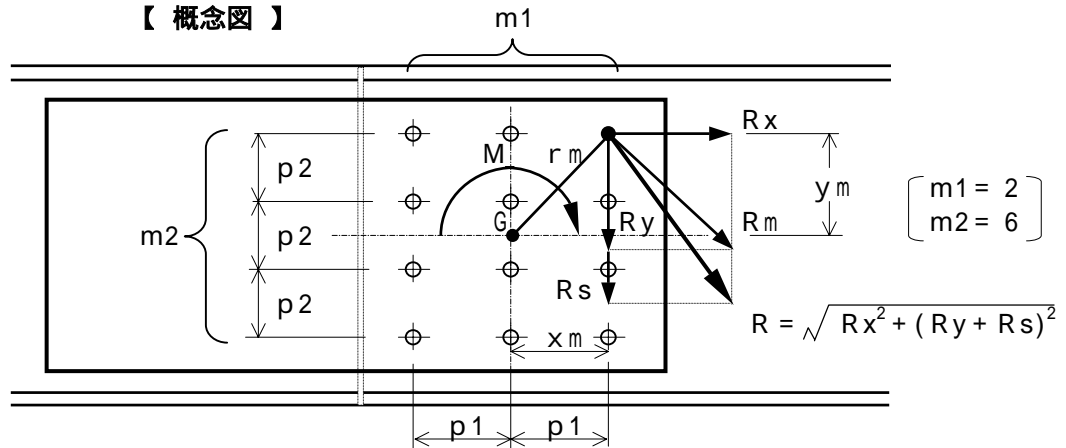
$$S_2 = d \cdot t_w \cdot a \quad (\text{鋼板の支圧})$$

$$= 22 \times 13 \times 441 = 126019$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} = \frac{126019}{\text{最小}} \text{ N}$$

(最小)_{wb} S a

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 6 \times \{ 7.50^2 \times (2^2 - 1) + 9.00^2 \times (6^2 - 1) \}$$

$$= 3004 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

$$y_m = 22.50 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.75^2 + 22.50^2} = 22.81 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{88595870}{3004} \times \frac{22.50}{10} = 66358 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{88595870}{3004} \times \frac{3.75}{10} = 11060 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{88595870}{3004} \times \frac{22.81}{10}$$

$$= 67273 \text{ N} < 126019 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

許容せん断応力度 $\sigma_a = 135 \text{ N/mm}^2$
 ウェブせん断有効面積 $A_w' = 65.26 \text{ cm}^2$
 $= 6526 \text{ mm}^2$

$$S_r = \sigma_a \cdot A_w'$$

$$= 135 \times 6526 = 881010 \text{ N}$$

2) ウェブ添接板の応力度

添接板断面積 $A_p = 68.40 \text{ cm}^2$
 $= 6840 \text{ mm}^2$

$$\sigma_p = \frac{S_r}{A_p}$$

$$= \frac{881010}{6840} = 129 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-}$$

3) ボルトの応力

ボルトの許容せん断応力度 $\sigma_b = 220 \text{ N/mm}^2$
 H形鋼の許容支圧応力度 $\sigma_h = 441 \text{ N/mm}^2$
 ウェブ厚 $t_w = 1.3 \text{ cm}$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$S1 = 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断})$$

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

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

$$= 22 \times 13 \times 441 = 126019$$

$$\left. \begin{array}{l} S1 \\ S2 \end{array} \right\} = \underline{126019} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$R_s = \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{881010}{2 \times 6}$$

$$= 73418 \text{ N} < 126019 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

X方向成分(曲げ) $R_x = 66358 \text{ N/本}$
 Y方向成分(曲げ) $R_y = 11060 \text{ N/本}$
 Y方向成分(せん断) $R_s = 73418 \text{ N/本}$

$$R = \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2}$$

$$= \sqrt{66358^2 + (11060 + 73418)^2}$$

$$= 107424 \text{ N} < 126019 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

