

ボルト継手計算書

H 1 7 5 × 1 7 5 × 7 . 5 × 1 1

建築仕様

千鳥配置案

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H 175 × 175) 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。

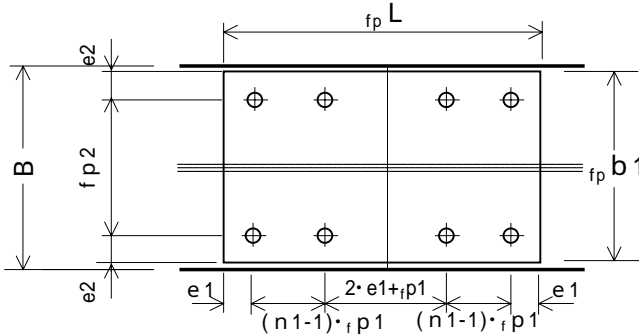
仮設鋼材の許容応力度の割増	係数 =	1.50	
H形鋼の許容曲げ・引張応力度 _H	$ba =_H$	$ta =$	235 N/mm ² (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度 _H	$a =_H$		135 N/mm ²
H形鋼の許容支圧応力度 (1.25 × 235 × 係数 _H)	$a =_H$		441 N/mm ² (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度 _P	$ba =_P$	$ta =$	235 N/mm ² (SS400)
添接板の許容せん断応力度 _P	$a =_P$		135 N/mm ²
添接板の許容支圧応力度 (1.25 × 235 × 係数 _P)	$a =_P$		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: H175
H形鋼: H 175 × 175 × 7.5 × 11

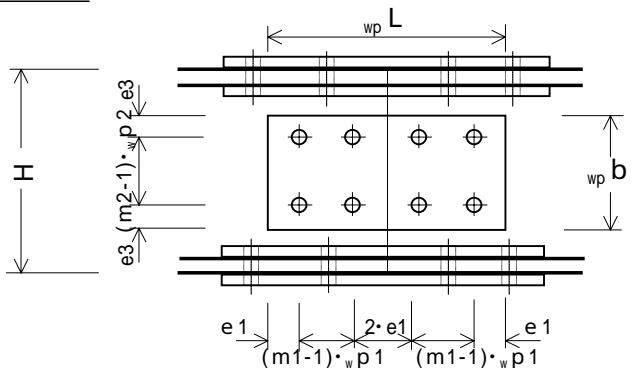
- (3) 添接板
- | | | | | | |
|--------------|---|---|-----|---|-----|
| フランジ: 2・PL - | 9 | × | 175 | × | 380 |
| 4・PL - | 9 | × | 70 | × | 380 |
| ウェブ: 2・PL - | 6 | × | 120 | × | 300 |

- (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 | $n1 =$ | 2 | 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) | $e1 =$ | 3.5 | cm |
| 縁端距離 (その他) | $e2 =$ | 3.5 | cm |
| 縁端距離 (応力方向) | $e3 =$ | 3.0 | cm |
| | $n2 =$ | 2 | 本 (軸横断) |
| | $m2 =$ | 2 | 本 (軸横断) |
| | フランジボルトの軸方向間隔 | $f p1 =$ | 8.0 |
| | フランジボルトの横断方向間隔 | $f p2 =$ | 10.5 |
| | ウェブボルトの軸方向間隔 | $w p1 =$ | 8.0 |
| | ウェブボルトの横断方向間隔 | $w p2 =$ | 6.0 |

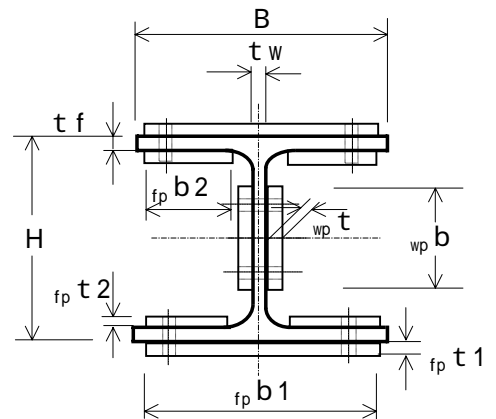
平面図



側面図



断面図

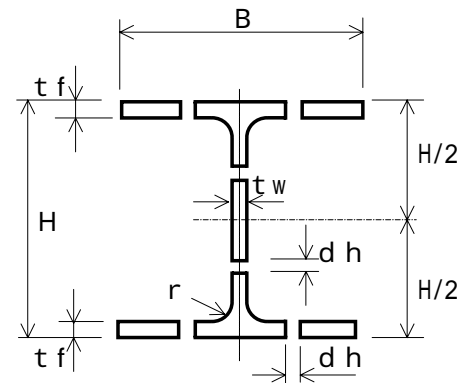


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H 175 × 175 × 7.5 × 11

H 形 鋼 の 高 さ	H =	17.5	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	17.5	cm
ウ エ ブ 厚	t _w =	0.75	cm
フ ラ ン ジ 厚	t _f =	1.1	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.3	cm
断 面 積	A =	51.42	cm ²
断 面 係 数	Z =	331	cm ³
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	2900	cm ⁴



2) ボルト孔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)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.30 \times 0.75 \times 2 = 3.45 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 0.75 \times (17.5 - 2 \times 1.10) - 3.45 \\ &= 8.03 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.30 \times 1.10 \times 2 = 5.06 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 51.42 - 0.75 \times (17.5 - 2 \times 1.10) \\ &\quad - 2 \times 5.06 \\ &= 29.83 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 29.83 + 8.03 = 37.85 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.30 \times 1.10^3 \times 2}{12} \\ &= 0.510 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 5.060 \times 8.200^2 + 0.510 = 341 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 341 = 682 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 2900 - 682 = 2218 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{2218}{8.75} = 253 \text{ cm}^3$$

(2) 添接板の断面積の計算

1) フランジ添接板

外側板幅 $f_p b_1 = 17.5$ cm
板厚 $f_p t_1 = 0.90$ cm
内側板幅 $f_p b_2 = 7.00$ cm
板厚 $f_p t_2 = 0.90$ cm
ボルト孔径 $d_h = 2.30$ cm
ボルト本数 $n_2 = 2$ 本 (軸横断)

(外側添接板)

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

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 17.50 \times 0.90 - 4.14 = 11.61 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

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

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 7.00 \times 0.90 - 4.14 = 8.46 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (11.61 + 8.46) = 40.14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅 $w_p b = 12.0$ cm
板厚 $w_p t = 0.60$ cm
ボルト本数 $m_2 = 2$ 本 (軸横断)

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

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 12.00 \times 0.60 - 2.76 = 4.44 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 4.44 = 8.88 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 40.14 + 8.88 = 49.02 \text{ cm}^2 > 37.85 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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

外側板幅 $fp b1 = 17.50$ cm
 板厚 $fp t1 = 0.90$ cm
 面積 $pA f1 = 11.61$ cm²
 内側板幅 $fp b2 = 7.00$ cm
 板厚 $fp t2 = 0.90$ cm
 面積 $pA f2 = 8.46$ cm²

(外側添接板)

$$fp b1' = fp b1 - dh \cdot n2 = 17.50 - (2.30 \times 2) = 12.90 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{fp b1' \cdot fp t1^3}{12} = \frac{12.90 \times 0.90^3}{12} = 0.784 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot fp t1)^2 + pI f1 = 11.610 \times 9.200^2 + 0.784 = 983 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$fp b2' = 2 \cdot fp b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 7.00 - (2.30 \times 2) = 9.40 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{fp b2' \cdot fp t2^3}{12} = \frac{9.40 \times 0.90^3}{12} = 0.571 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot fp t2)^2 + pI f2 = 8.460 \times 7.200^2 + 0.571 = 439 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (983 + 439) = 2844 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

板幅 $wp b = 12.00$ cm
 板厚 $wp t = 0.60$ cm
 ボルト間隔 $wp p2 = 6.0$ cm

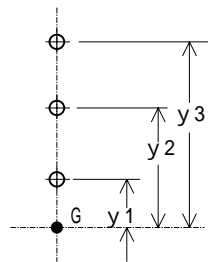
$$pI w1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{0.600 \times 12.00^3}{12} = 86 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 9 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.30 \times 0.60 \times 2 \times 9 + 2 \times \frac{0.60 \times 2.30^3}{12}$$

$$= 26 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (86 - 26) = 120 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

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

$$= 2844 + 120 = 2964 \text{ cm}^4 > 2218 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(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

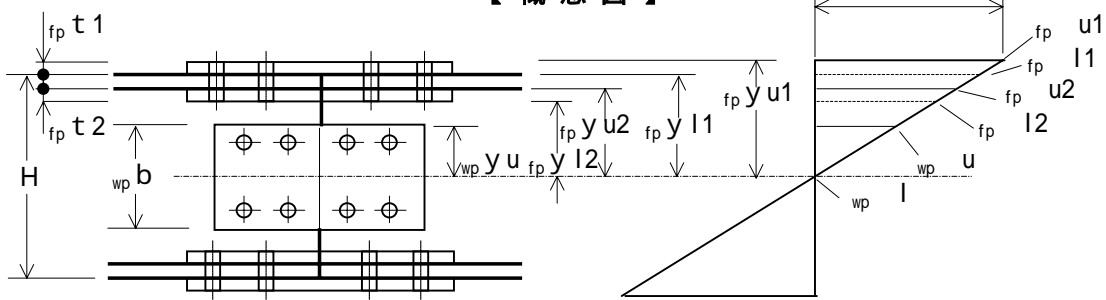
許容曲げ応力度 $\sigma_{ba} = 235 \text{ N/mm}^2$

断面係数 $Z' = 253 \text{ cm}^3$

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

$$= 235 \times 253 \times 10^3 = 59455000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$I_p = 2964 \text{ cm}^4$

$I_f = 2844 \text{ cm}^4$

$$M_{pf} = M_r \cdot \frac{I_f}{I_p}$$

$$= 59455000 \times \frac{2844}{2964} = 57047915 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$$M_{pf1} = M_{pf} \cdot \frac{2 \cdot I_{f1}}{I_f} \quad I_{f1} = 983 \text{ cm}^4$$

$$= 57047915 \times \frac{1966}{2844} = 39436076 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$y_{u1} = \frac{1}{2} \cdot H + t_1 = \frac{1}{2} \times 17.5 + 0.90 = 9.65 \text{ cm}$$

$$\sigma_{u1} = \frac{M_{pf1}}{2 \cdot I_{f1}} \cdot y_{u1} \leq \sigma_{ba}$$

$$= \frac{39436076}{2 \times 983} \times \frac{9.65}{1000} = 194 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$y_{l1} = \frac{1}{2} \cdot H = \frac{1}{2} \times 17.5 = 8.75 \text{ cm}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{M_{pf1}}{2 \cdot I_{f1}} \cdot y_{l1} \leq \sigma_{ba}$$

$$= \frac{39436076}{1966} \times \frac{8.75}{1000} = 176 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 439 \text{ cm}^4$$

$$= 57047915 \times \frac{878}{2844} = 17611839 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y u_2 = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 17.5 - 1.10 = 7.65 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{17611839}{878} \times \frac{7.65}{1000} = 153 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y l_2 = 1/2 \cdot H - t f - f_p t_2$$

$$= 1/2 \times 17.5 - 1.10 - 0.90 = 6.75 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{17611839}{878} \times \frac{6.75}{1000} = 135 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{194 + 176}{2} \times 11.61 \times 10^2 = 214785 \text{ N}$$

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

$$= \frac{153 + 135}{2} \times 8.46 \times 10^2 = 121824 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 214785 + 121824 = 336609 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 20 \times 11 \times 441 = 97020$$

$$\left. \begin{array}{l} 138248 \\ 97020 \end{array} \right\} = \underline{97020} \text{ N}$$

(最小) $f_b S a$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{336609}{2 \times 2}$$

$$= 84152 \text{ N} < 97020 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned} {}_p I &= 2964 \text{ cm}^4 \\ {}_p I_w &= 120 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$= 59455000 \times \frac{120}{2964} = 2407085 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_w y_u = 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 12.00 = 6.00 \text{ cm}$$

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

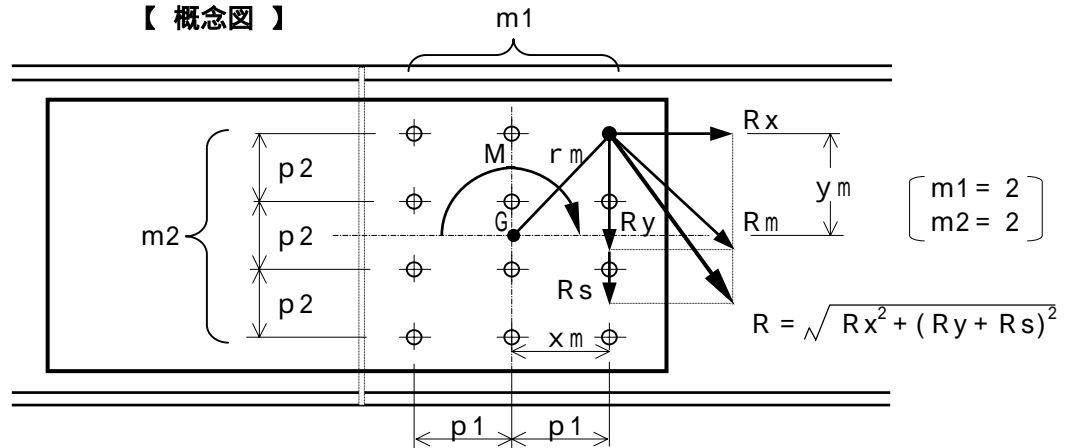
$$= \frac{2407085}{120} \times \frac{6.00}{1000} = 120 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$\begin{aligned} M 20 \quad {}_B A &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 3.142 \text{ cm}^2 = 314.2 \text{ mm}^2 \\ S1 &= 2 \cdot {}_B A \cdot {}_B a \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 314.2 \times 220 = 138248 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot {}_H a \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 20 \times 8 \times 441 = 66150 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \frac{66150}{\text{最小}} \text{ N} \quad ({}_{wb} S_a)$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 2 \times \{ 8.00^2 \times (2^2 - 1) + 6.00^2 \times (2^2 - 1) \}$$

$$= 100 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$x_m = 4.00 \text{ cm}$$

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

$$r_m = \sqrt{4.00^2 + 3.00^2} = 5.00 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{2407085}{100} \times \frac{3.00}{10} = 7221 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{2407085}{100} \times \frac{4.00}{10} = 9628 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{2407085}{100} \times \frac{5.00}{10}$$

$$= 12035 \text{ N} < 66150 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_H &= 135 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_{w'} &= 8.03 \text{ cm}^2 \\ &= 803 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_H \cdot A_{w'} \\ &= 135 \times 803 = 108338 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 8.88 \text{ cm}^2 \\ &= 888 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{108338}{888} = 122 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

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)

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

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_B \cdot \sigma_B \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 314.2 \times 220 = 138248 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_H \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 20 \times 8 \times 441 = 66150 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{66150} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{108338}{2 \times 2} \\ &= 27085 \text{ N} < 66150 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

$$\begin{aligned} &(\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 7221 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 9628 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 27085 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{7221^2 + (9628 + 27085)^2} \\ &= 37416 \text{ N} < 66150 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

