

ボルト継手計算書

H 5 8 2 × 3 0 0 × 1 2 × 1 7

土木仕様

(S I 単位)

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H 5 8 2 × 3 0 0) 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-D (ボルトJIS) F10T-D

「道路土工 仮設構造物指針 (日本道路協会)」に準拠する。

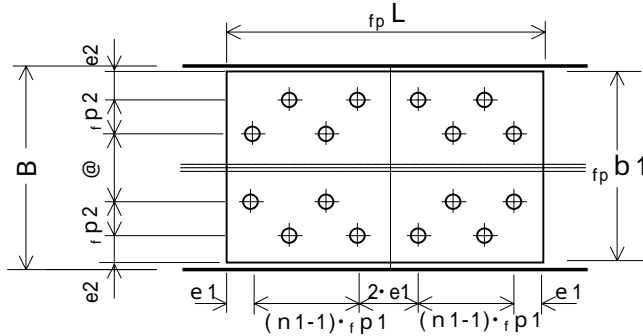
仮設鋼材の許容応力度の割増	係数 =	1.50	
H形鋼の許容曲げ・引張応力度	$H \quad ba = H \quad ta =$	210	N/mm ² (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度	$H \quad a =$	120	N/mm ²
H形鋼の許容支圧応力度	$H \quad a =$	355	N/mm ² (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度	$P \quad ba = P \quad ta =$	210	N/mm ² (SS400)
添接板の許容せん断応力度	$P \quad a =$	120	N/mm ²
添接板の許容支圧応力度	$P \quad a =$	355	N/mm ² (SS400)
ボルトの許容せん断応力度	$B \quad a =$	285	N/mm ² (F10T)

- (2) 設計母材 JIS: H582
H形鋼: H 5 8 2 × 3 0 0 × 1 2 × 1 7

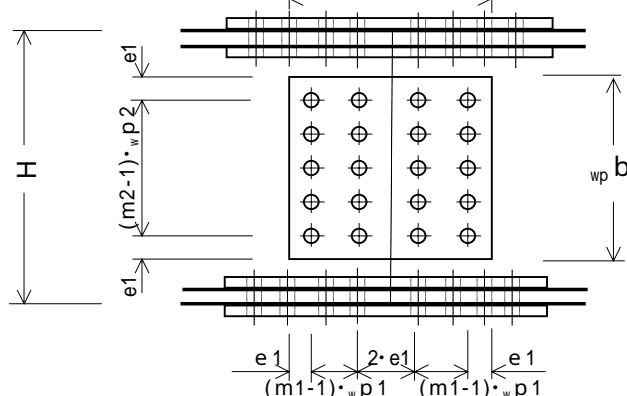
- (3) 添接板
- | | | | | | |
|-------|-------------|---|-----|---|-----|
| フランジ: | 2 · PL - 12 | × | 300 | × | 550 |
| | 4 · PL - 12 | × | 120 | × | 550 |
| ウェブ: | 2 · PL - 9 | × | 420 | × | 310 |

- (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 | $n1 =$ | 4 | 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) |
| | $m2 =$ | 5 | 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 |
| | | $f_p p1 =$ | 6.5 cm |
| | | $f_p p2 =$ | 4.0 cm |
| | | $w_p p1 =$ | 7.5 cm |
| | | $w_p p2 =$ | 8.5 cm |

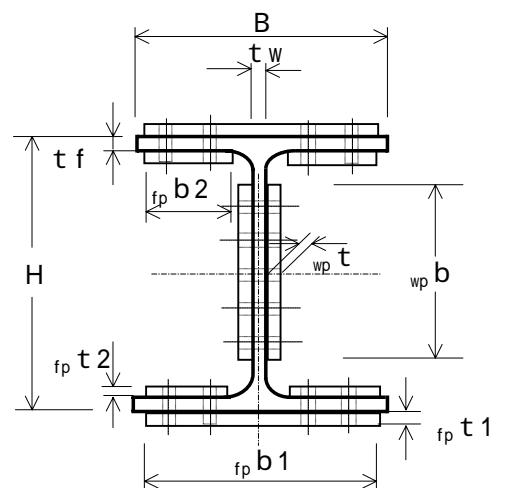
平面図



側面図



断面図

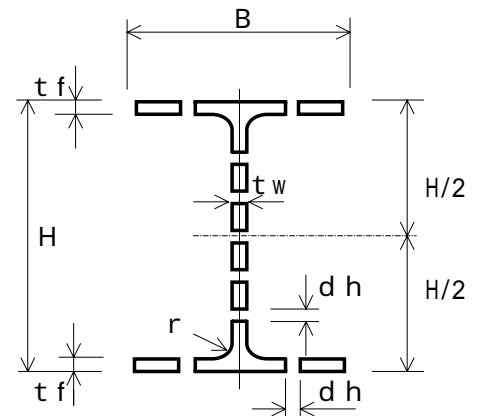


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H 582 × 300 × 12 × 17

H 形 鋼 の 高 さ	H =	58.2	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	30.0	cm
ウ エ ブ 厚	t _w =	1.2	cm
フ ラ ン ジ 厚	t _f =	1.7	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.3	cm
断 面 積	A =	169.20	cm ²
断 面 係 数	Z =	3400	cm ³
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	98900	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 =	5	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 5 = 15.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 1.20 \times (58.2 - 2 \times 1.70) - 15.00 \\ &= 50.76 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.70 \times 2 = 8.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 169.20 - 1.20 \times (58.2 - 2 \times 1.70) \\ &\quad - 2 \times 8.50 \\ &= 86.44 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 86.44 + 50.76 = 137.20 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 1.70^3 \times 2}{12} \\ &= 2.047 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 8.500 \times 28.250^2 + 2.047 = 6786 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 6786 = 13572 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 98900 - 13572 = 85328 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{85328}{29.10} = 2932 \text{ cm}^3$$

(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	$f_p t_1 =$	1.20	cm
内側板幅	$f_p b_2 =$	12.00	cm
板厚	$f_p t_2 =$	1.20	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)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 2 = 6.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 30.00 \times 1.20 - 6.00 = 30.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 2 = 6.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.20 - 6.00 = 22.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (30.00 + 22.80) = 105.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅	$w_p b =$	42.0	cm
板厚	$w_p t =$	0.90	cm
ボルト本数	$m_2 =$	5	本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 0.90 \times 5 = 11.25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 42.00 \times 0.90 - 11.25 = 26.55 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 26.55 = 53.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 105.60 + 53.10 = 158.70 \text{ cm}^2 > 137.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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 $m2 = 5$ 本 (軸横断)

外側板幅 $fp b1 = 30.00$ cm
 板厚 $fp t1 = 1.20$ cm
 面積 $pA f1 = 30.00$ cm²
 内側板幅 $fp b2 = 12.00$ cm
 板厚 $fp t2 = 1.20$ cm
 面積 $pA f2 = 22.80$ cm²

(外側添接板)

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

$$pI f1 = \frac{fp b1' \cdot fp t1^3}{12} = \frac{25.00 \times 1.20^3}{12} = 3.600 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot fp t1)^2 + pI f1 = 30.000 \times 29.700^2 + 3.600 = 26466 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

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

$$pI f2 = \frac{fp b2' \cdot fp t2^3}{12} = \frac{19.00 \times 1.20^3}{12} = 2.736 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot fp t2)^2 + pI f2 = 22.800 \times 26.800^2 + 2.736 = 16379 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (26466 + 16379) = 85690 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

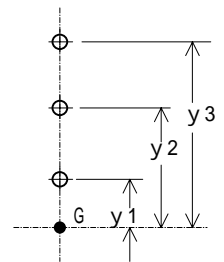
板幅 $wp b = 42.00$ cm
 板厚 $wp t = 0.90$ cm
 ボルト間隔 $w p2 = 8.5$ cm

$$pI w1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{0.900 \times 42.00^3}{12} = 5557 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 361.25 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.50 \times 0.90 \times 2 \times 361.25 + 5 \times \frac{0.90 \times 2.50^3}{12} = 1631 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (5557 - 1631) = 7852 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

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

$$= 85690 + 7852 = 93542 \text{ cm}^4 > 85328 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(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

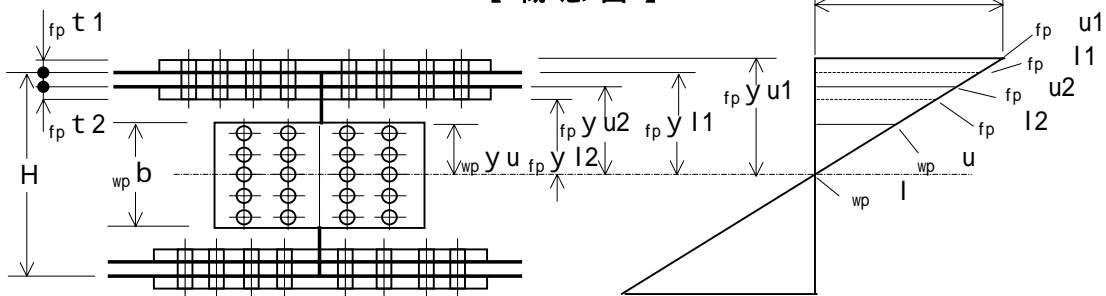
許容曲げ応力度 $H_{ba} = 210 \text{ N/mm}^2$

断面係数 $Z' = 2932 \text{ cm}^3$

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

$$= 210 \times 2932 \times 10^3 = 615720000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 93542 \text{ cm}^4$

$pIf = 85690 \text{ cm}^4$

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

$$= 615720000 \times \frac{85690}{93542} = 564035907 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$$pMf1 = pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf} \quad pIf1 = 26466 \text{ cm}^4$$

$$= 564035907 \times \frac{52932}{85690} = 348413451 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$fp y u1 = 1/2 \cdot H + fp t1 = 1/2 \times 58.2 + 1.20 = 30.30 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{348413451}{2 \times 26466} \times \frac{30.30}{1000} = 199 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$fp y l1 = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 58.2 = 29.10 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{348413451}{52932} \times \frac{29.10}{1000} = 192 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 16379 \text{ cm}^4$$

$$= 564035907 \times \frac{32758}{85690} = 215622456 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{p y u_2} = 1/2 \cdot H - t_f = 1/2 \times 58.2 - 1.70 = 27.40 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{215622456}{32758} \times \frac{27.40}{1000} = 180 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_{p y l_2} = 1/2 \cdot H - t_f - f_{p t_2}$$

$$= 1/2 \times 58.2 - 1.70 - 1.20 = 26.20 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{215622456}{32758} \times \frac{26.20}{1000} = 172 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(ボルト)

ボルトの許容せん断応力度 $B a = 285 \text{ N/mm}^2$

H形鋼の許容支圧応力度 $H a = 355 \text{ N/mm}^2$

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

$$= \frac{199 + 192}{2} \times 30.00 \times 10^2 = 586500 \text{ N}$$

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

$$= \frac{180 + 172}{2} \times 22.80 \times 10^2 = 401280 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 586500 + 401280 = 987780 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

$$S 2 = d \cdot t_f \cdot {}_H a \quad (\text{鋼板の支圧})$$

$$= 22 \times 17 \times 355 = 132770$$

$$\left. \begin{array}{l} 216657 \\ 132770 \end{array} \right\} = \underline{132770} \text{ N} \quad (\text{最小})_{f_b} S a$$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{987780}{4 \times 2}$$

$$= 123473 \text{ N} < 132770 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned} {}_p I &= 93542 \text{ cm}^4 \\ {}_p I_w &= 7852 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$= 615720000 \times \frac{7852}{93542} = 51684093 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{wp} y_u = 1/2 \cdot {}_{wp} b = 1/2 \times 42.00 = 21.00 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{51684093}{7852} \times \frac{21.00}{1000} = 138 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 22

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

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

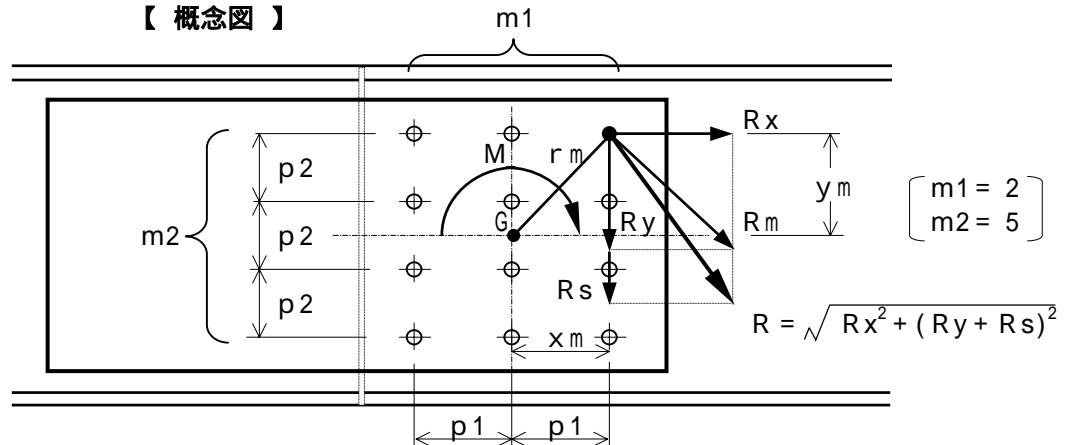
$$= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657$$

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

$$= 22 \times 12 \times 355 = 93720$$

$$\left. \begin{aligned} &= 216657 \\ &= 93720 \end{aligned} \right\} = \frac{93720}{1} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 5 \times \{ 7.50^2 \times (2^2 - 1) + 8.50^2 \times (5^2 - 1) \}$$

$$= 1586 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

$$y_m = 17.00 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.75^2 + 17.00^2} = 17.41 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{51684093}{1586} \times \frac{17.00}{10} = 55399 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{51684093}{1586} \times \frac{3.75}{10} = 12220 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{51684093}{1586} \times \frac{17.41}{10}$$

$$= 56735 \text{ N} < 93720 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 50.76 \text{ cm}^2 \\ &= 5076 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 5076 = 609120 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 53.10 \text{ cm}^2 \\ &= 5310 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{609120}{5310} = 115 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 1.2 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\ S_2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 12 \times 355 = 93720 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S_1 \\ S_2 \end{aligned}} \right\} = \underline{93720} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m_1 \cdot m_2} = \frac{609120}{2 \times 5} \\ &= 60912 \text{ N} < 93720 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

$$\begin{aligned} \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 55399 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 12220 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 60912 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{55399^2 + (12220 + 60912)^2} \\ &= 91746 \text{ N} < 93720 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

