

# ボルト継手計算書

H708 × 302 × 15 × 28

建築仕様

(SI単位)

ヒロセ株式会社

# ボルト継手 (H708×302) 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。)  
 (鋼材コト) SS400-K (ボルトコト) 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 <sub>H</sub>	$ba =_H ta =$	235	N/mm <sup>2</sup> (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度 <sub>H</sub>	$a =$	135	N/mm <sup>2</sup>
H形鋼の許容支圧応力度 (1.25×235×係数 <sub>H</sub> )	$a =$	441	N/mm <sup>2</sup> (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度 <sub>P</sub>	$ba =_P ta =$	235	N/mm <sup>2</sup> (SS400)
添接板の許容せん断応力度 <sub>P</sub>	$a =$	135	N/mm <sup>2</sup>
添接板の許容支圧応力度 (1.25×235×係数 <sub>P</sub> )	$a =$	441	N/mm <sup>2</sup> (SS400)
ボルトの許容せん断応力度 <sub>B</sub>	$a =$	220	N/mm <sup>2</sup> (F10T)

## (2) 設計母材

コト: H708

**H形鋼: H708×302×15×28**

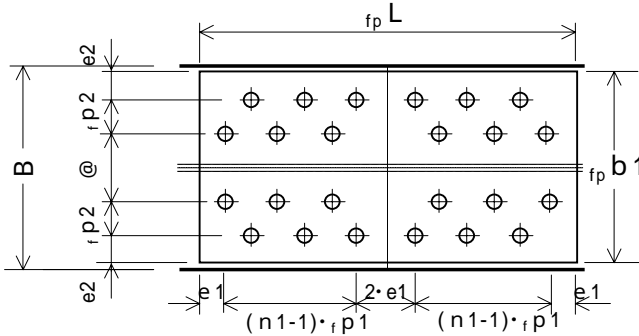
## (3) 添接板

	フランジ: 2・PL - 19	×	300	×	810
	4・PL - 19	×	120	×	810
	ウェブ: 2・PL - 12	×	480	×	310

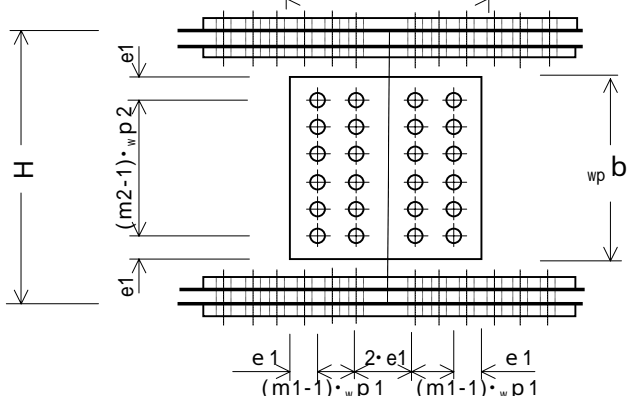
## (4) ボルト

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	$n1 =$	6	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	$f p1 =$	6.5	cm
	フランジボルトの横断方向間隔	$f p2 =$	4.0	cm
	ウェブボルトの軸方向間隔	$w p1 =$	7.5	cm
	ウェブボルトの横断方向間隔	$w p2 =$	8.0	cm

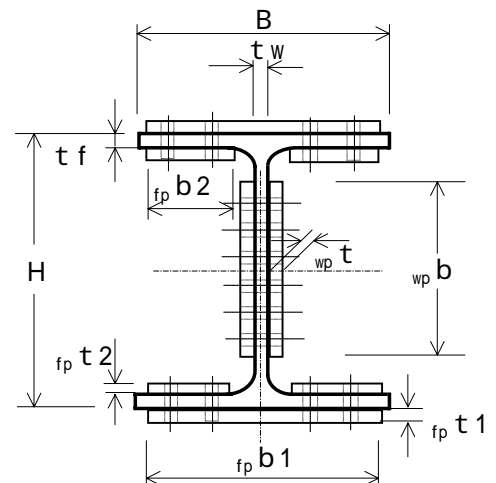
**平面図**



**側面図**



**断面図**

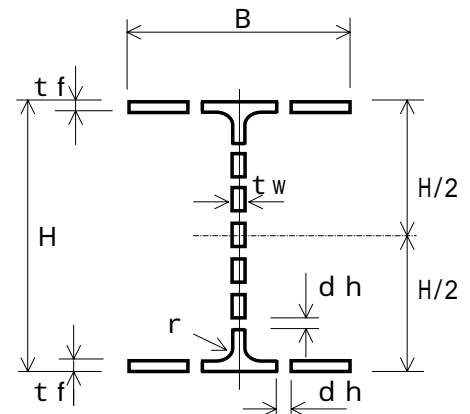


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 708 × 302 × 15 × 28

H 形 鋼 の 高 さ	H =	70.8	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	30.2	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	1.5	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	2.8	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.8	cm
断 面 積	A =	269.70	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	6590	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	233000	cm <sup>4</sup>



#### 2) ボルト孔を控除した断面性能

ボ ル ト 孔 径	d <sub>h</sub> =	2.50	cm
フ ラ ン ジ ボ ル ト の 本 数	n <sub>2</sub> =	2	本 (軸横断)
ウ エ ブ ボ ル ト の 本 数	m <sub>2</sub> =	6	本 (軸横断)

(断 面 積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.50 \times 6 = 22.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 1.50 \times (70.8 - 2 \times 2.80) - 22.50 \\ &= 75.30 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 2.80 \times 2 = 14.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 269.70 - 1.50 \times (70.8 - 2 \times 2.80) \\ &\quad - 2 \times 14.00 \\ &= 143.90 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 143.90 + 75.30 = 219.20 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 2.80^3 \times 2}{12} \\ &= 9.147 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 14.000 \times 34.000^2 + 9.147 = 16193 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 16193 = 32386 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 233000 - 32386 = 200614 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{200614}{35.40} = 5667 \text{ cm}^3$$

## (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  $f_p t_1 = 1.90$  cm  
 内側板幅  $f_p b_2 = 12.00$  cm  
 板厚  $f_p t_2 = 1.90$  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)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.90 \times 2 = 9.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 30.00 \times 1.90 - 9.50 = 47.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.90 \times 2 = 9.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.90 - 9.50 = 36.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (47.50 + 36.10) = 167.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 2) ウェブ添接板

板幅  $w_p b = 48.0$  cm  
 板厚  $w_p t = 1.20$  cm  
 ボルト本数  $m_2 = 6$  本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 6 = 18.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 48.00 \times 1.20 - 18.00 = 39.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 39.60 = 79.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 167.20 + 79.20 = 246.40 \text{ cm}^2 > 219.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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  $m2 = 6$  本 (軸横断)

外側板幅  $fp b1 = 30.00$  cm  
 板厚  $fp t1 = 1.90$  cm  
 面積  $pA f1 = 47.50$  cm<sup>2</sup>  
 内側板幅  $fp b2 = 12.00$  cm  
 板厚  $fp t2 = 1.90$  cm  
 面積  $pA f2 = 36.10$  cm<sup>2</sup>

(外側添接板)

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

$$pI f1 = \frac{fp b1' \cdot fp t1^3}{12} = \frac{25.00 \times 1.90^3}{12} = 14.290 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot fp t1)^2 + pI f1 = 47.500 \times 36.350^2 + 14.290 = 62777 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

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

$$pI f2 = \frac{fp b2' \cdot fp t2^3}{12} = \frac{19.00 \times 1.90^3}{12} = 10.860 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot fp t2)^2 + pI f2 = 36.100 \times 31.650^2 + 10.860 = 36173 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (62777 + 36173) = 197900 \text{ cm}^4$$

#### 2) ウェブ添接板

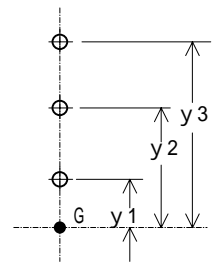
板幅  $wp b = 48.00$  cm  
 板厚  $wp t = 1.20$  cm  
 ボルト間隔  $w p2 = 8.0$  cm

$$pI w1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{1.200 \times 48.00^3}{12} = 11059 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 560.00 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.50 \times 1.20 \times 2 \times 560.00 + 6 \times \frac{1.20 \times 2.50^3}{12} = 3369 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (11059 - 3369) = 15380 \text{ cm}^4$$

#### 3) 断面二次モーメント

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

$$= 197900 + 15380 = 213280 \text{ cm}^4 > 200614 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(4) 曲げモ - メントの計算

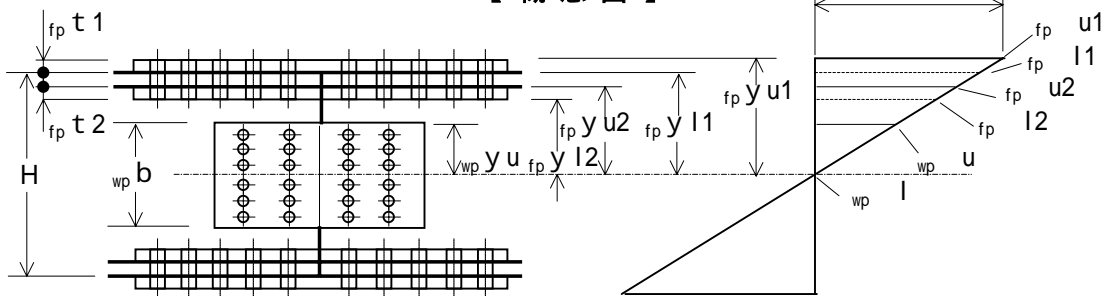
1) H形鋼1本当たりの抵抗曲げモ - メント

許容曲げ応力度  $Hba = 235 \text{ N/mm}^2$

断面係数  $Z' = 5667 \text{ cm}^3$

$$\begin{aligned}
 M_r &= Hba \cdot Z' \\
 &= 235 \times 5667 \times 10^3 = 1331745000 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 213280 \text{ cm}^4$

$pIf = 197900 \text{ cm}^4$

$$\begin{aligned}
 pMf &= M_r \cdot \frac{pIf}{pI} \\
 &= 1331745000 \times \frac{197900}{213280} = 1235710500 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

(外側フランジ)

$$pMf1 = pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf} \quad pIf1 = 62777 \text{ cm}^4$$

$$= 1235710500 \times \frac{125554}{197900} = 783973704 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y_{u1} = 1/2 \cdot H + f_p t_1 = 1/2 \times 70.8 + 1.90 = 37.30 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f_p u_1 &= \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot f_p y_{u1} \cdot pba \\
 &= \frac{783973704}{2 \times 62777} \times \frac{37.30}{1000} = 233 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

$$f_p y_{l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 70.8 = 35.40 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f_p l_1 &= \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot f_p y_{l1} \cdot pba \\
 &= \frac{783973704}{125554} \times \frac{35.40}{1000} = 221 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 36173 \text{ cm}^4$$

$$= 1235710500 \times \frac{72346}{197900} = 451736796 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{p y u_2} = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 70.8 - 2.80 = 32.60 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{451736796}{72346} \times \frac{32.60}{1000} = 204 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 70.8 - 2.80 - 1.90 = 30.70 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{451736796}{72346} \times \frac{30.70}{1000} = 192 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{233 + 221}{2} \times 47.50 \times 10^2 = 1078250 \text{ N}$$

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

$$= \frac{204 + 192}{2} \times 36.10 \times 10^2 = 714780 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 1078250 + 714780 = 1793030 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 22 \times 28 \times 441 = 271656$$

$$\left. \begin{array}{l} 167244 \\ 271656 \end{array} \right\} = \underline{167244} \text{ N} \quad (\text{最小})_{f_b} S a$$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{1793030}{6 \times 2}$$

$$= 149419 \text{ N} < 167244 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$p I = 213280 \text{ cm}^4$$

$$p I_w = 15380 \text{ cm}^4$$

$$p M_w = M r \cdot \frac{p I_w}{p I}$$

$$= 1331745000 \times \frac{15380}{213280} = 96034500 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$w_p y_u = 1/2 \cdot w_p b = 1/2 \times 48.00 = 24.00 \text{ cm}$$

$$w_p u = \frac{p M_w}{p I_w} \cdot w_p y_u$$

$$= \frac{96034500}{15380} \times \frac{24.00}{1000} = 150 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 22

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

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

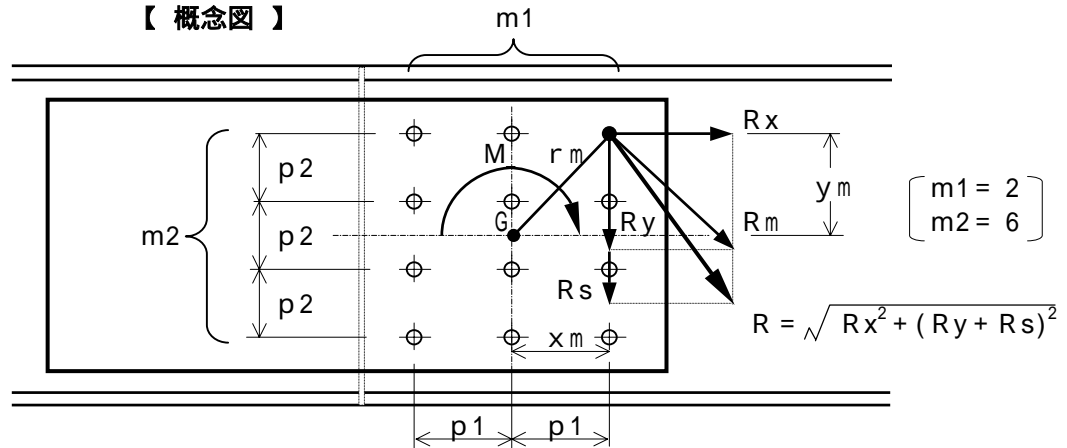
$$= 2 \times 380.1 \times 220 = 167244$$

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

$$= 22 \times 15 \times 441 = 145530$$

$$\left. \begin{array}{l} 167244 \\ 145530 \end{array} \right\} = \underline{145530 \text{ N}} \quad (\text{最小})_{w_b} S_a$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 6 \times \{ 7.50^2 \times (2^2 - 1) + 8.00^2 \times (6^2 - 1) \}$$

$$= 2409 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

$$y_m = 20.00 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.75^2 + 20.00^2} = 20.35 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{96034500}{2409} \times \frac{20.00}{10} = 79730 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{96034500}{2409} \times \frac{3.75}{10} = 14949 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{96034500}{2409} \times \frac{20.35}{10}$$

$$= 81125 \text{ N} < 145530 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$



(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  $A_w' = 75.30 \text{ cm}^2$   
 $= 7530 \text{ mm}^2$

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

$$= 135 \times 7530 = 1016550 \text{ N}$$

2) ウェブ添接板の応力度

添接板断面積  $A_p = 79.20 \text{ cm}^2$   
 $= 7920 \text{ mm}^2$

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

$$= \frac{1016550}{7920} = 128 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-}$$

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  $t_w = 1.5 \text{ cm}$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 22 \times 15 \times 441 = 145530$$

$$\left. \begin{array}{l} S1 \\ S2 \end{array} \right\} = \underline{145530 \text{ N}} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$R_s = \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{1016550}{2 \times 6}$$

$$= 84713 \text{ N} < 145530 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(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)  $R_x = 79730 \text{ N/本}$   
 Y方向成分(曲げ)  $R_y = 14949 \text{ N/本}$   
 Y方向成分(せん断)  $R_s = 84713 \text{ N/本}$

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

$$= \sqrt{79730^2 + (14949 + 84713)^2}$$

$$= 127630 \text{ N} < 145530 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

