

# ボルト継手計算書

H 5 8 8 × 3 0 0 × 1 2 × 2 0

建築仕様

( S I 単位 )

ヒロセ株式会社

# ボルト継手 (H 588 × 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。

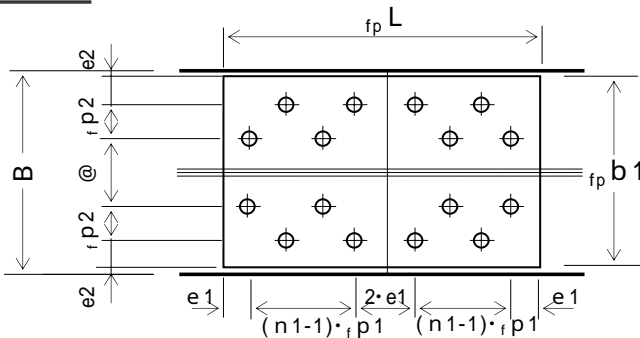
仮設鋼材の許容応力度の割増	係数 =	1.50	
H形鋼の許容曲げ・引張応力度 <sub>H</sub>	$ba =_H$	$ta =$	235 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度 <sub>H</sub>	$a =_H$	$a =$	135 N/mm <sup>2</sup>
H形鋼の許容支圧応力度 (1.25 × 235 × 係数 <sub>H</sub> )	$a =_H$	$a =$	441 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度 <sub>P</sub>	$ba =_P$	$ta =$	235 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
添接板の許容せん断応力度 <sub>P</sub>	$a =_P$	$a =$	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> )	$a =_P$	$a =$	441 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
ボルトの許容せん断応力度 <sub>B</sub>	$a =_B$	$a =$	220 N/mm <sup>2</sup> (F10T)

- (2) 設計母材 コード: H588  
**H形鋼: H 588 × 300 × 12 × 20**

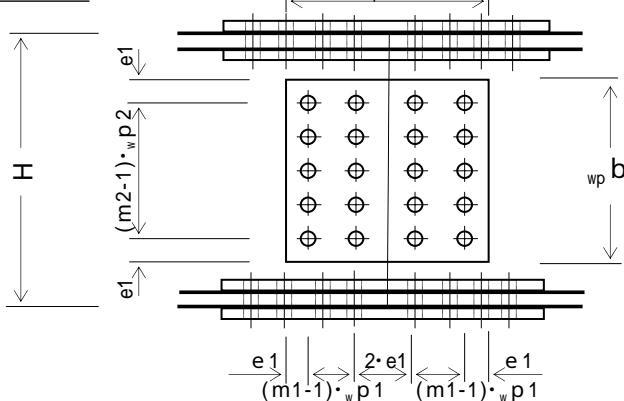
- (3) 添接板
- |              |    |   |     |   |     |
|--------------|----|---|-----|---|-----|
| フランジ: 2・PL - | 12 | × | 300 | × | 550 |
| 4・PL -       | 16 | × | 120 | × | 550 |
| ウェブ: 2・PL -  | 9  | × | 420 | × | 310 |

- (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) |
| 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) |
|                 | $m2 =$         | 5    | 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  |      |         |
|                 | $w_p p2 =$     | 8.5  | cm      |

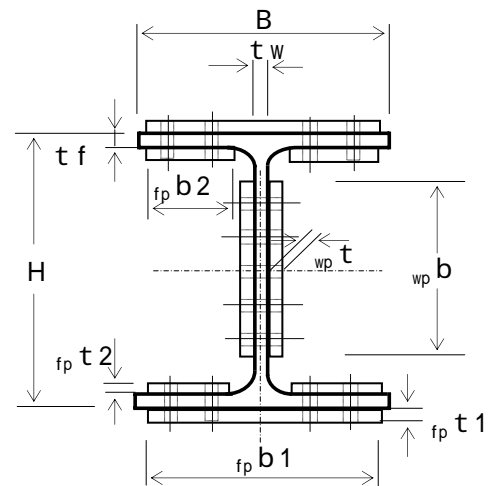
平面図



側面図



断面図

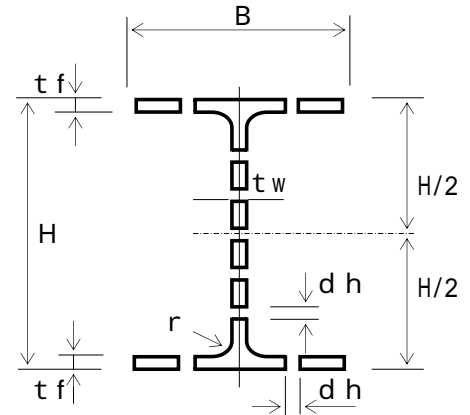


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 588 × 300 × 12 × 20

H 形 鋼 の 高 さ	H =	58.8	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	30	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	1.2	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	2	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.3	cm
断 面 積	A =	187.20	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	3890	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	114000	cm <sup>4</sup>



#### 2) ボルト穴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)
ウェブボルトの本数	m <sub>2</sub> =	5	本 (軸横断)

(断面積)

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

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_W' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_W \\ &= 1.20 \times (58.8 - 2 \times 2.00) - 15.00 \\ &= 50.76 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 187.20 - 1.20 \times (58.8 - 2 \times 2.00) \\ &\quad - 2 \times 10.00 \\ &= 101.44 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_W' = 101.44 + 50.76 = 152.20 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

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

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 10.00 \times 28.40^2 + 3.333 = 8069 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 8069 = 16138 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 114000 - 16138 = 97862 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{97862}{29.40} = 3329 \text{ cm}^3$$

## (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  $f_p t_2 = 1.60$  cm  
 ボルト孔径  $dh = 2.50$  cm  
 ボルト本数  $n_2 = 2$  本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A_{f1} &= dh \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 2 = 6.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A_{f1} &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A_{f1} \\ &= 30.00 \times 1.20 - 6.00 = 30.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A_{f2} &= dh \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.60 \times 2 = 8.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A_{f2} &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A_{f2} \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.60 - 8.00 = 30.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A_f &= 2 \cdot ({}_P A_{f1} + {}_P A_{f2}) \\ &= 2 \times (30.00 + 30.40) = 120.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 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)

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

$$\begin{aligned} {}_P A_{W1} &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A_W \\ &= 42.00 \times 0.90 - 11.25 = 26.55 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A_W &= 2 \cdot {}_P A_{W1} \\ &= 2 \times 26.55 = 53.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A_f + {}_P A_W \quad A' \\ &= 120.80 + 53.10 = 173.90 \text{ cm}^2 > 152.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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	外側板幅	fp b1 = 30.00 cm
フランジ	n2 = 2 本 (軸横断)	板厚	fp t1 = 1.20 cm
ウェブ	m2 = 5 本 (軸横断)	面積	pAf1 = 30.00 cm <sup>2</sup>
		内側板幅	fp b2 = 12.00 cm
		板厚	fp t2 = 1.60 cm
		面積	pAf2 = 30.40 cm <sup>2</sup>

(外側添接板)

$$\begin{aligned}
 f_p b1' &= f_p b1 - dh \cdot n2 \\
 &= 30.00 - (2.50 \times 2) = 25.00 \text{ cm} \\
 p I f1 &= \frac{f_p b1' \cdot f_p t1^3}{12} = \frac{25.00 \times 1.20^3}{12} = 3.600 \text{ cm}^4 \\
 p I f1 &= p A f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t1)^2 + p I f1 \\
 &= 30.000 \times 30.000^2 + 3.600 = 27004 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned}
 f_p b2' &= 2 \cdot f_p b2 - dh \cdot n2 \\
 &= 2 \times 12.00 - (2.50 \times 2) = 19.00 \text{ cm} \\
 p I f2 &= \frac{f_p b2' \cdot f_p t2^3}{12} = \frac{19.00 \times 1.60^3}{12} = 6.485 \text{ cm}^4 \\
 p I f2 &= p A f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot f_p t2)^2 + p I f2 \\
 &= 30.400 \times 26.600^2 + 6.485 = 21516 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$p I f = 2 \cdot (p I f1 + p I f2) = 2 \times (27004 + 21516) = 97040 \text{ cm}^4$$

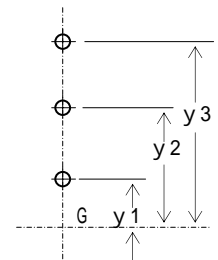
2) ウェブ添接板

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

$$p I W1 = \frac{w p t \cdot w p b^3}{12} = \frac{0.900 \times 42.00^3}{12} = 5557 \text{ cm}^4$$

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

$$\begin{aligned}
 p I W1 &= dh \cdot w p t \cdot 2 \cdot y + m2 \cdot \frac{w p t \cdot (dh)^3}{12} \\
 &= 2.50 \times 0.90 \times 2 \times 361.25 + 5 \times \frac{0.90 \times 2.50^3}{12} \\
 &= 1631 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$



(ウェブ合計)

$$p I W = 2 \cdot (p I W1 - p I W1) = 2 \times (5557 - 1631) = 7852 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

$$\begin{aligned}
 p I &= p I f + p I W \quad I' \\
 &= 97040 + 7852 = 104892 \text{ cm}^4 > 97862 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

(4) 曲げモ - メントの計算

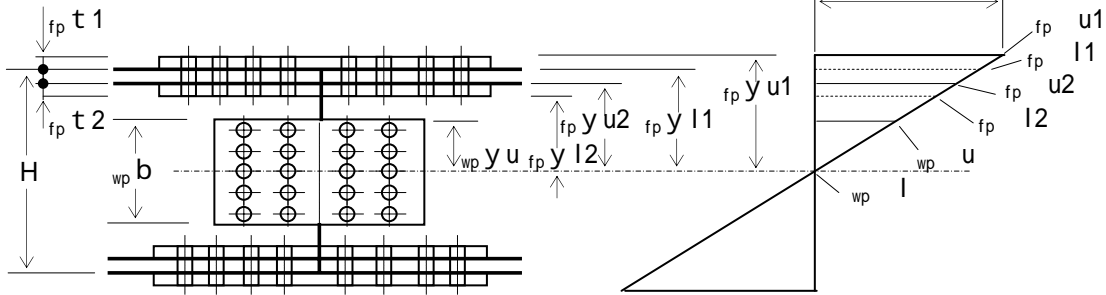
1) H形鋼 1 本当たりの抵抗曲げモ - メント

許容曲げ応力度  $\sigma_{ba} = 235 \text{ N/mm}^2$   
 断面係数  $Z' = 3329 \text{ cm}^3$

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

$$= 235 \times 3329 \times 10^3 = 782315000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$\rho I = 104892 \text{ cm}^4$   
 $\rho I f = 97040 \text{ cm}^4$

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

$$= 782315000 \times \frac{97040}{104892} = 723752504 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

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

$${}_p I f_1 = 27004 \text{ cm}^4$$

$$= 723752504 \times \frac{54008}{97040} = 402807350 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y_{u1} = 1/2 \cdot H + f_p t_1 = 1/2 \times 58.8 + 1.20 = 30.60 \text{ cm}$$

$$f_p \sigma_{u1} = \frac{{}_p M_{f1}}{2 \cdot \rho I f_1} \cdot f_p y_{u1} \leq \sigma_{ba}$$

$$= \frac{402807350}{2 \times 27004} \times \frac{30.60}{1000} = 228 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y_{l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 58.8 = 29.40 \text{ cm}$$

$$f_p \sigma_{l1} = \frac{{}_p M_{f1}}{2 \cdot \rho I f_1} \cdot f_p y_{l1} \leq \sigma_{ba}$$

$$= \frac{402807350}{54008} \times \frac{29.40}{1000} = 219 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 21516 \text{ cm}^4$$

$$= 723752504 \times \frac{43032}{97040} = 320945154 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{fp} y_{u2} = 1/2 \cdot H - t_f = 1/2 \times 58.8 - 2.00 = 27.40 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{320945154}{43032} \times \frac{27.40}{1000} = 204 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 58.8 - 2.00 - 1.60 = 25.80 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{320945154}{43032} \times \frac{25.80}{1000} = 192 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(ボルト)

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

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

$$= \frac{228 + 219}{2} \times 30.00 \times 10^2 = 670500 \text{ N}$$

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

$$= \frac{204 + 192}{2} \times 30.40 \times 10^2 = 601920 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 670500 + 601920 = 1272420 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 22 \times 20 \times 441 = 194040$$

$$= 167244 \text{ N}$$

(最小)  $f_b S_a$

$$Q_f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{1272420}{4 \times 2}$$

$$= 159053 \text{ N} < 167244 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$p I = 104892 \text{ cm}^4$$

$$p I_w = 7852 \text{ cm}^4$$

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

$$= 782315000 \times \frac{7852}{104892} = 58562496 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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

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

$$= \frac{58562496}{7852} \times \frac{21.00}{1000} = 157 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

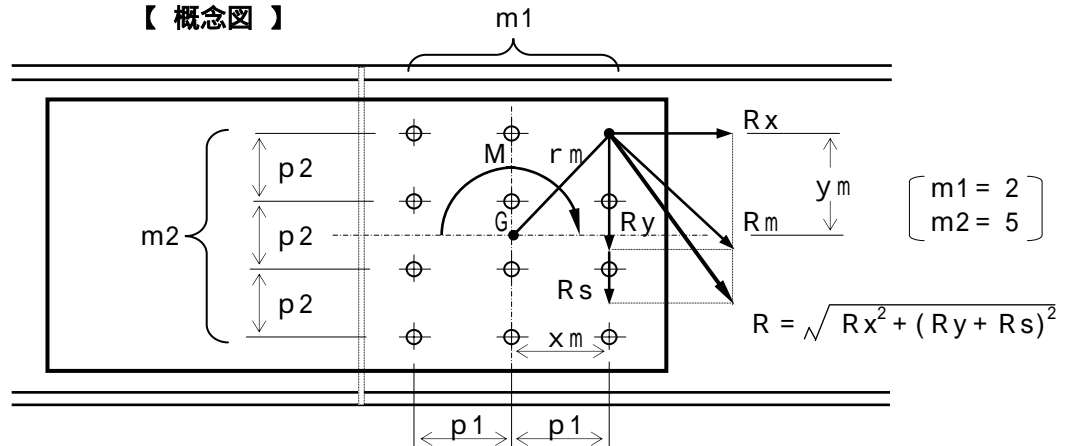
$$S2 = d \cdot t_w \cdot a \quad (\text{鋼板の支圧})$$

$$= 22 \times 12 \times 441 = 116424$$

$$\left. \begin{array}{l} 167244 \\ 116424 \end{array} \right\} = \underline{116424 \text{ N}}$$

(最小)<sub>wb</sub> Sa

【 概念図 】



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

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

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

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

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

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

$$R_x = \frac{p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{58562496}{1586} \times \frac{17.00}{10} = 62772 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{58562496}{1586} \times \frac{3.75}{10} = 13847 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{58562496}{1586} \times \frac{17.41}{10} = 64286 \text{ N} < 116424 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$



### (5) せん断力の計算

#### 1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 135 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 50.76 \text{ cm}^2 \\ &= 5076 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 135 \times 5076 = 685260 \text{ N} \end{aligned}$$

#### 2) ウェブ添接板の応力度

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

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{685260}{5310} = 129 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

#### 3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 220 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 441 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 1.2 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 220 = 167244 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 12 \times 441 = 116424 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = 116424 \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{685260}{2 \times 5} \\ &= 68526 \text{ N} < 116424 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

#### (6) ウェブボルトの合成応力

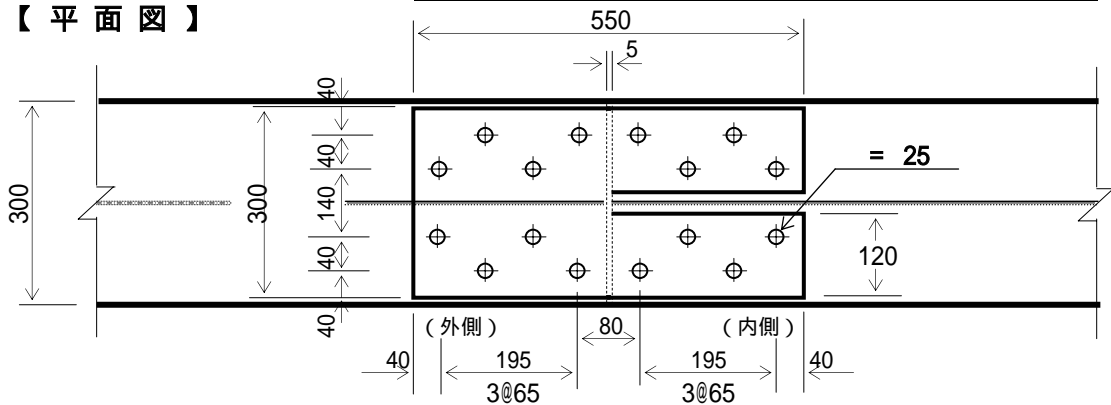
$$\begin{aligned} &(\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 62772 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 13847 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 68526 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{62772^2 + (13847 + 68526)^2} \\ &= 103565 \text{ N} < 116424 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

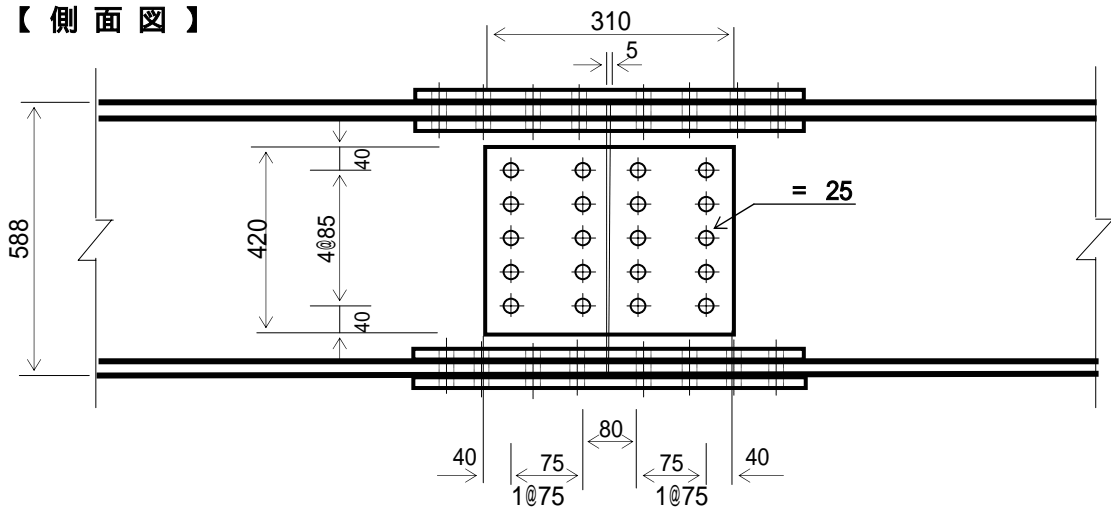
### 3 . 計算結果

母 材	H 5 8 8 × 3 0 0 × 1 2 × 2 0		
フランジ部	添接板仕様	2 枚 : PL 12 × 300 × 550	
		4 枚 : PL 16 × 120 × 550	
ウェブ部	添接板仕様	2 枚 : PL 9 × 420 × 310	
	ボルト仕様	F10T : M22 - 32本	L = 90 mm
		( トリノ型高力ボルトの場合	L = 85 mm )
	ボルト仕様	F10T : M22 - 20本	L = 70 mm
		( トリノ型高力ボルトの場合	L = 65 mm )

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

