

# ボルト継手計算書

H 2 0 0 × 2 0 0 × 8 × 1 2

土木仕様

( S I 単位 )

ヒロセ株式会社

# ボルト継手 (H200×200) 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-D (ボルトコード) 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 <sub>H</sub>	$ba =_H$	$ta =$	210 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度 <sub>H</sub>	$a =_H$	$a =$	120 N/mm <sup>2</sup>
H形鋼の許容支圧応力度 <sub>H</sub>	$a =_H$	$a =$	355 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度 <sub>P</sub>	$ba =_P$	$ta =$	210 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
添接板の許容せん断応力度 <sub>P</sub>	$a =_P$	$a =$	120 N/mm <sup>2</sup>
添接板の許容支圧応力度 <sub>P</sub>	$a =_P$	$a =$	355 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
ボルトの許容せん断応力度 <sub>B</sub>	$a =_B$	$a =$	285 N/mm <sup>2</sup> (F10T)

- (2) 設計母材 コード: H200

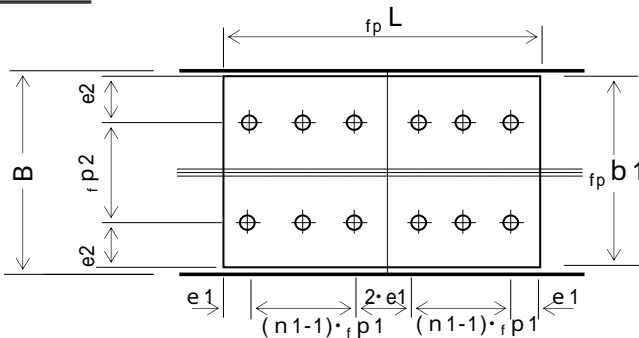
H形鋼: H200×200×8×12

- (3) 添接板
- |              |   |   |     |   |     |
|--------------|---|---|-----|---|-----|
| フランジ: 2・PL - | 9 | × | 200 | × | 420 |
| 4・PL -       | 9 | × | 80  | × | 420 |
| ウェブ: 2・PL -  | 6 | × | 145 | × | 290 |

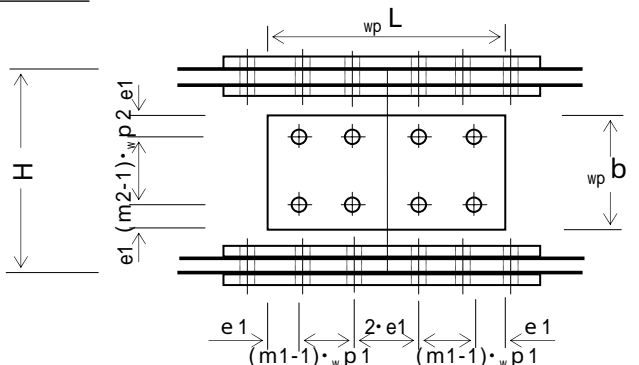
- (4) ボルト
- |                     |        |      |         |
|---------------------|--------|------|---------|
| ボルト直径 (M20)         | $d =$  | 2.00 | cm      |
| ボルト孔径 ( $d + 3mm$ ) | $dh =$ | 2.30 | cm      |
| フランジのボルト本数 $n1$     | $=$    | 3    | 本 (軸方向) |
| ウェブのボルト本数 $m1$      | $=$    | 2    | 本 (軸方向) |
| 縁端距離 (応力方向) $e1$    | $=$    | 4.00 | cm      |
| 縁端距離 (フランジその他) $e2$ | $=$    | 4.00 | cm      |

- 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  $f_p p2 = 12.0$  cm  
 ウェブボルトの軸方向間隔  $w_p p1 = 6.5$  cm  
 ウェブボルトの横断方向間隔  $w_p p2 = 6.5$  cm

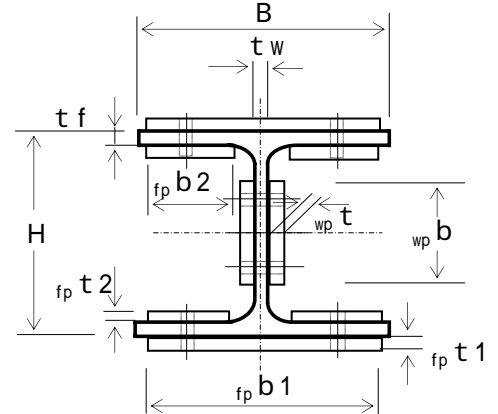
平面図



側面図



断面図

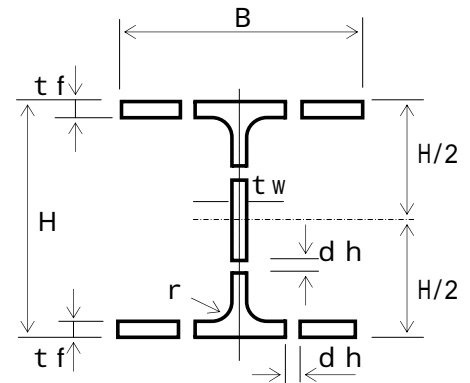


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 200 × 200 × 8 × 12

H 形 鋼 の 高 さ	H =	20	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	20	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	0.8	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	1.2	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.3	cm
断 面 積	A =	63.53	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	472	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	4720	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> =	2.30	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> =	2	本 (軸横断)

(断面積)

$$\text{(ウェブボルト)} \quad {}_B A_w = d_h \cdot t_w \cdot m_2$$

$$= 2.30 \times 0.80 \times 2 = 3.68 \text{ cm}^2$$

$$\text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' = t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w$$

$$= 0.80 \times (20 - 2 \times 1.20) - 3.68$$

$$= 10.40 \text{ cm}^2$$

$$\text{(フランジボルト)} \quad {}_B A_f = d_h \cdot t_f \cdot n_2$$

$$= 2.30 \times 1.20 \times 2 = 5.52 \text{ cm}^2$$

$$\text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' = A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f$$

$$= 63.53 - 0.80 \times (20 - 2 \times 1.20) - 2 \times 5.52$$

$$= 38.41 \text{ cm}^2$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 38.41 + 10.40 = 48.81 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$${}_B I_f = \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.30 \times 1.20^3 \times 2}{12}$$

$$= 0.662 \text{ cm}^4$$

$$\text{(片フランジボルト)} \quad {}_B I_f = {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f$$

$$= 5.52 \times 9.40^2 + 0.662 = 488 \text{ cm}^4$$

$$\text{(両フランジボルト)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 488 = 976 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 4720 - 976 = 3744 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{3744}{10.00} = 374 \text{ cm}^3$$

## (2) 添接板の断面積の計算

### 1) フランジ添接板

外側板幅  $f_p b_1 = 20.0$  cm  
板厚  $f_p t_1 = 0.90$  cm  
内側板幅  $f_p b_2 = 8.00$  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)

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

$$\begin{aligned} P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - B A f_1 \\ &= 20.00 \times 0.90 - 4.14 = 13.86 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

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

$$\begin{aligned} P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - B A f_2 \\ &= 2 \times 8.00 \times 0.90 - 4.14 = 10.26 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} P A f &= 2 \cdot (P A f_1 + P A f_2) \\ &= 2 \times (13.86 + 10.26) = 48.24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 2) ウェブ添接板

板幅  $w_p b = 14.5$  cm  
板厚  $w_p t = 0.60$  cm  
ボルト本数  $m_2 = 2$  本 (軸横断)

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

$$\begin{aligned} P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - B A W \\ &= 14.50 \times 0.60 - 2.76 = 5.94 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} P A W &= 2 \cdot P A W_1 \\ &= 2 \times 5.94 = 11.88 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 3) 断面積

$$\begin{aligned} P A &= P A f + P A W \quad A' \\ &= 48.24 + 11.88 = 60.12 \text{ cm}^2 > 48.81 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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	外側板幅	fp b1 = 20.00 cm
フランジ	n2 = 2 本 (軸横断)	板厚	fp t1 = 0.90 cm
ウェブ	m2 = 2 本 (軸横断)	面積	pAf1 = 13.86 cm <sup>2</sup>
		内側板幅	fp b2 = 8.00 cm
		板厚	fp t2 = 0.90 cm
		面積	pAf2 = 10.26 cm <sup>2</sup>

(外側添接板)

$$\begin{aligned}
 f_p b1' &= f_p b1 - dh \cdot n2 \\
 &= 20.00 - (2.30 \times 2) = 15.40 \text{ cm} \\
 p I f1 &= \frac{f_p b1' \cdot f_p t1^3}{12} = \frac{15.40 \times 0.90^3}{12} = 0.936 \text{ cm}^4 \\
 p I f1 &= p A f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t1)^2 + p I f1 \\
 &= 13.860 \times 10.450^2 + 0.936 = 1514 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned}
 f_p b2' &= 2 \cdot f_p b2 - dh \cdot n2 \\
 &= 2 \times 8.00 - (2.30 \times 2) = 11.40 \text{ cm} \\
 p I f2 &= \frac{f_p b2' \cdot f_p t2^3}{12} = \frac{11.40 \times 0.90^3}{12} = 0.693 \text{ cm}^4 \\
 p I f2 &= p A f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot f_p t2)^2 + p I f2 \\
 &= 10.260 \times 8.350^2 + 0.693 = 716 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$p I f = 2 \cdot (p I f1 + p I f2) = 2 \times (1514 + 716) = 4460 \text{ cm}^4$$

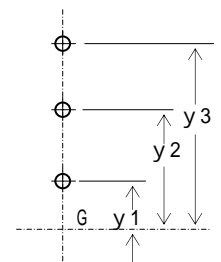
2) ウェブ添接板

板幅	wp b = 14.50 cm
板厚	wp t = 0.60 cm
ボルト間隔	w p2 = 6.5 cm

$$p I W1 = \frac{w p t \cdot w p b^3}{12} = \frac{0.600 \times 14.50^3}{12} = 152 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 11 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 p I W1 &= dh \cdot w p t \cdot 2 y + m2 \cdot \frac{w p t \cdot (dh)^3}{12} \\
 &= 2.30 \times 0.60 \times 2 \times 11 + 2 \times \frac{0.60 \times 2.30^3}{12} \\
 &= 30 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$



(ウェブ合計)

$$p I W = 2 \cdot (p I W1 - p I W1) = 2 \times (152 - 30) = 244 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

$$\begin{aligned}
 p I &= p I f + p I W \quad I' \\
 &= 4460 + 244 = 4704 \text{ cm}^4 > 3744 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

(4) 曲げモ - メントの計算

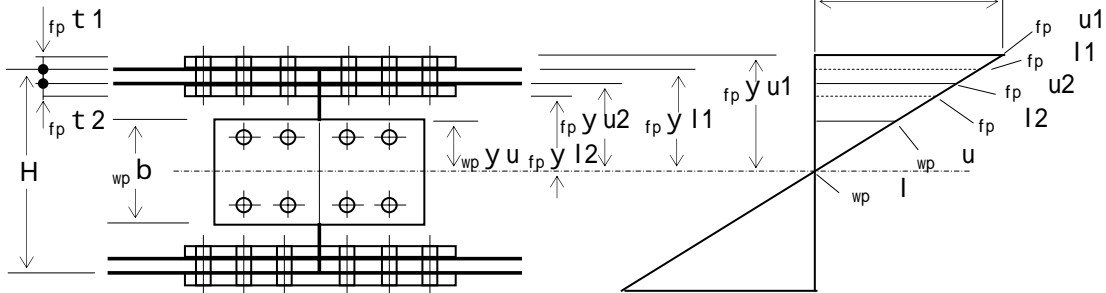
1) H形鋼 1 本当たりの抵抗曲げモ - メント

許容曲げ応力度  $H_{ba} = 210 \text{ N/mm}^2$   
 断面係数  $Z' = 374 \text{ cm}^3$

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

$$= 210 \times 374 \times 10^3 = 78540000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$p I = 4704 \text{ cm}^4$   
 $p I f = 4460 \text{ cm}^4$

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

$$= 78540000 \times \frac{4460}{4704} = 74466071 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$${}_p M_{f1} = {}_p M_f \cdot \frac{2 \cdot p I f_1}{p I f} \quad p I f_1 = 1514 \text{ cm}^4$$

$$= 74466071 \times \frac{3028}{4460} = 50556785 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y_{u1} = 1/2 \cdot H + f_p t_1 = 1/2 \times 20.0 + 0.90 = 10.90 \text{ cm}$$

$$f_p u_1 = \frac{{}_p M_{f1}}{2 \cdot p I f_1} \cdot f_p y_{u1} \quad p_{ba}$$

$$= \frac{50556785}{2 \times 1514} \times \frac{10.90}{1000} = 182 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y_{l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 20.0 = 10.00 \text{ cm}$$

$$f_p l_1 = \frac{{}_p M_{f1}}{2 \cdot p I f_1} \cdot f_p y_{l1} \quad p_{ba}$$

$$= \frac{50556785}{3028} \times \frac{10.00}{1000} = 167 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 716 \text{ cm}^4$$

$$= 74466071 \times \frac{1432}{4460} = 23909286 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{fp} y u_2 = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 20.0 - 1.20 = 8.80 \text{ cm}$$

$${}_{fp} \sigma_2 = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y u_2 \quad {}_p \sigma_{ba}$$

$$= \frac{23909286}{1432} \times \frac{8.80}{1000} = 147 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 20.0 - 1.20 - 0.90 = 7.90 \text{ cm}$$

$${}_{fp} \sigma l_2 = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y l_2 \quad {}_p \sigma_{ba}$$

$$= \frac{23909286}{1432} \times \frac{7.90}{1000} = 132 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(ボルト)

ボルトの許容せん断応力度  ${}_B \sigma = 285 \text{ N/mm}^2$   
 H形鋼の許容支圧応力度  ${}_H \sigma = 355 \text{ N/mm}^2$

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

$$= \frac{182 + 167}{2} \times 13.86 \times 10^2 = 241857 \text{ N}$$

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

$$= \frac{147 + 132}{2} \times 10.26 \times 10^2 = 143127 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 241857 + 143127 = 384984 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

$$= 2 \times 314.2 \times 285 = 179094$$

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

$$= 20 \times 12 \times 355 = 85200$$

$$= 85200 \text{ N}$$

(最小)  ${}_{fb} S a$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{384984}{3 \times 2}$$

$$= 64164 \text{ N} < 85200 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

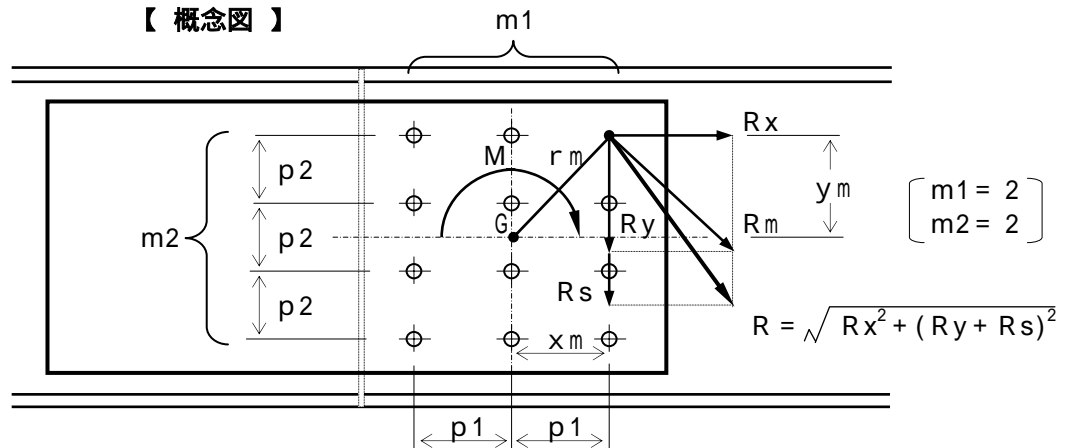
### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned}
 {}_p M_w &= M_r \cdot \frac{{}_p I_w}{{}_p I} & {}_p I &= 4704 \text{ cm}^4 \\
 &= 78540000 \times \frac{244}{4704} = 4073929 \text{ N}\cdot\text{mm} & {}_p I_w &= 244 \text{ cm}^4 \\
 {}_w y_u &= 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 14.50 = 7.25 \text{ cm} \\
 {}_w u &= \frac{{}_p M_w}{{}_p I_w} \cdot {}_w y_u & & \\
 &= \frac{4073929}{244} \times \frac{7.25}{1000} = 121 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2 \\
 & & & \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

$$\begin{aligned}
 M20 \quad {}_B A &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 3.142 \text{ cm}^2 = 314.2 \text{ mm}^2 \\
 S1 &= 2 \cdot {}_B A \cdot {}_B a \quad (\text{二面せん断}) \\
 &= 2 \times 314.2 \times 285 = 179094 \\
 S2 &= d \cdot t_w \cdot {}_H a \quad (\text{鋼板の支圧}) \\
 &= 20 \times 8 \times 355 = 56800 \quad \left. \vphantom{S2} \right\} = \underline{56800 \text{ N}} \\
 & & & \quad (\text{最小})_{wb} S a
 \end{aligned}$$

【 概念図 】



$$\begin{aligned}
 I_p &= 1/12 \cdot m_1 \cdot m_2 \{ {}_w p_1^2 (m_1^2 - 1) + {}_w p_2^2 (m_2^2 - 1) \} \\
 &= 1/12 \times 2 \times 2 \times \{ 6.50^2 \times (2^2 - 1) + 6.50^2 \times (2^2 - 1) \} \\
 &= 85 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$\begin{aligned}
 x_m &= 3.25 \text{ cm} \\
 y_m &= 3.25 \text{ cm} \\
 r_m &= \sqrt{3.25^2 + 3.25^2} = 4.60 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_x &= \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{4073929}{85} \times \frac{3.25}{10} = 15577 \text{ N} \\
 R_y &= \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{4073929}{85} \times \frac{3.25}{10} = 15577 \text{ N} \\
 R_m &= \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{4073929}{85} \times \frac{4.60}{10} \\
 &= 22047 \text{ N} < 56800 \text{ N} \quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$



### (5) せん断力の計算

#### 1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 10.40 \text{ cm}^2 \\ &= 1040 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 1040 = 124800 \text{ N} \end{aligned}$$

#### 2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 11.88 \text{ cm}^2 \\ &= 1188 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{124800}{1188} = 105 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

#### 3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 0.8 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 314.2 \times 285 = 179094 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 20 \times 8 \times 355 = 56800 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{56800 \text{ N}} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{124800}{2 \times 2} \\ &= 31200 \text{ N} < 56800 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

#### (6) ウェブボルトの合成応力

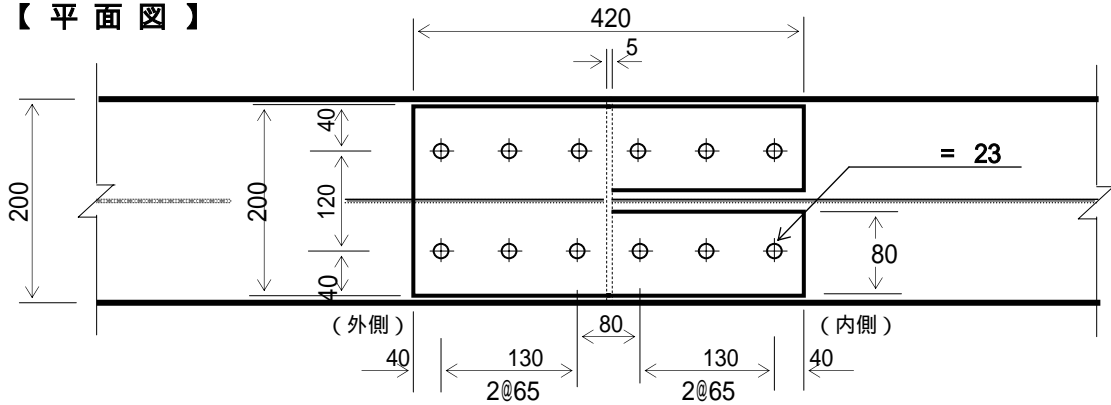
$$\begin{aligned} &(\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 15577 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 15577 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 31200 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{15577^2 + (15577 + 31200)^2} \\ &= 49302 \text{ N} < 56800 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

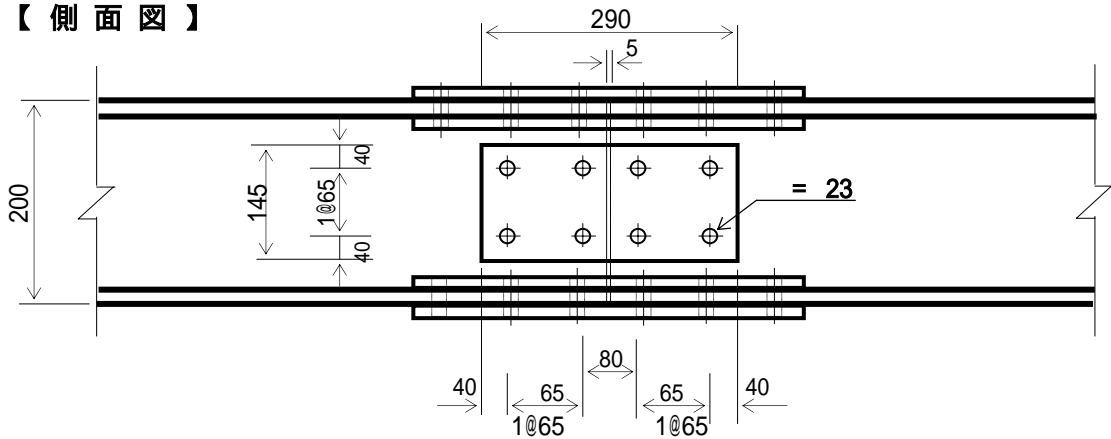
### 3. 計算結果

母材	H 200 × 200 × 8 × 12		
フランジ部	添接板仕様	2枚: PL 9 × 200 × 420	
		4枚: PL 9 × 80 × 420	
ウェブ部	添接板仕様	2枚: PL 6 × 145 × 290	
	ボルト仕様	F10T: M20 - 24本	L = 65 mm
		( トリシヤ型高力ボルトの場合	L = 60 mm )
	ボルト仕様	F10T: M20 - 8本	L = 55 mm
		( トリシヤ型高力ボルトの場合	L = 50 mm )

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

