

# ボルト継手計算書

H 1 7 5 × 1 7 5 × 7 . 5 × 1 1

土木仕様

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-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。

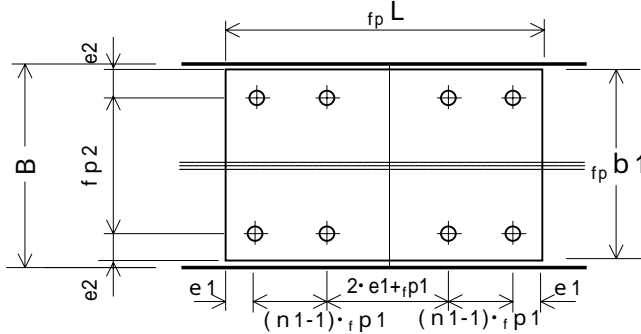
仮設鋼材の許容応力度の割増	係数 =	1.50	
H形鋼の許容曲げ・引張応力度 <sub>H</sub>	$ba =_H$	$ta =$	210 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度 <sub>H</sub>	$a =_H$	$a =$	120 N/mm <sup>2</sup>
H形鋼の許容支圧応力度 <sub>H</sub>	$a =_H$	$a =$	355 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度 <sub>P</sub>	$ba =_P$	$ta =$	210 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
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 JIS: H175  
**H形鋼: H 175 × 175 × 7.5 × 11**

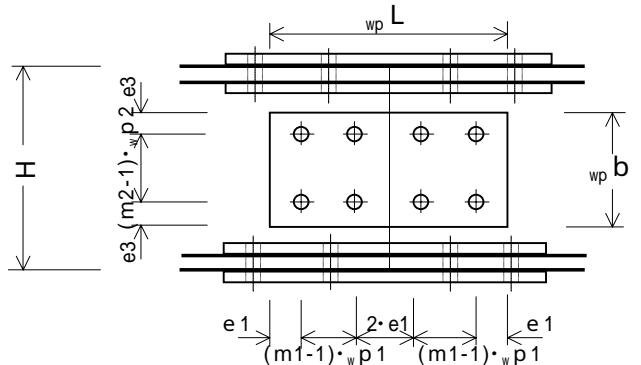
- (3) 添接板
- |              |   |   |     |   |     |
|--------------|---|---|-----|---|-----|
| フランジ: 2・PL - | 9 | × | 175 | × | 380 |
| 4・PL -       | 9 | × | 70  | × | 380 |
| ウェブ: 2・PL -  | 6 | × | 120 | × | 300 |

- (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      |
| フランジボルトの軸方向間隔       | $f_p1 =$ | 8.0  | cm      |
| フランジボルトの横断方向間隔      | $f_p2 =$ | 10.5 | cm      |
| ウェブボルトの軸方向間隔        | $w_p1 =$ | 8.0  | cm      |
| ウェブボルトの横断方向間隔       | $w_p2 =$ | 6.0  | cm      |

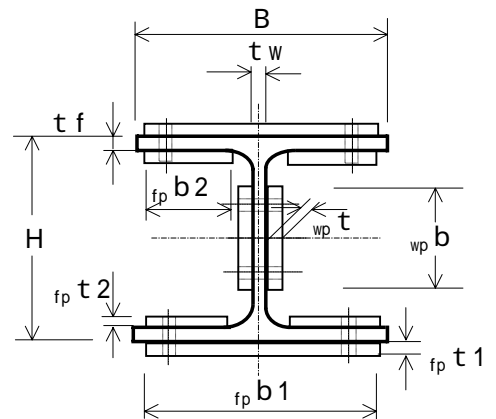
**平面図**



**側面図**



**断面図**

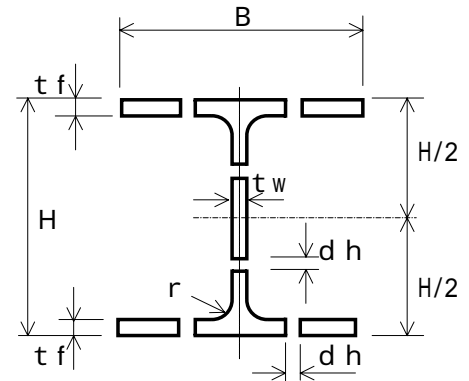


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 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 <sub>w</sub> =	0.75	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	1.1	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.3	cm
断 面 積	A =	51.42	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	331	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	2900	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> =	2.30	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)

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

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

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

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

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

(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  $pA f1 = 11.61$  cm<sup>2</sup>  
 内側板幅  $fp b2 = 7.00$  cm  
 板厚  $fp t2 = 0.90$  cm  
 面積  $pA f2 = 8.46$  cm<sup>2</sup>

(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

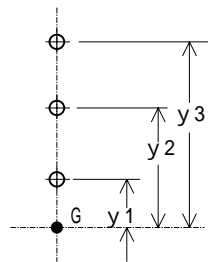
$$pI w1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{0.600 \times 12.00^3}{12} = 86 \text{ cm}^4$$

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

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

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

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



(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

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

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

(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

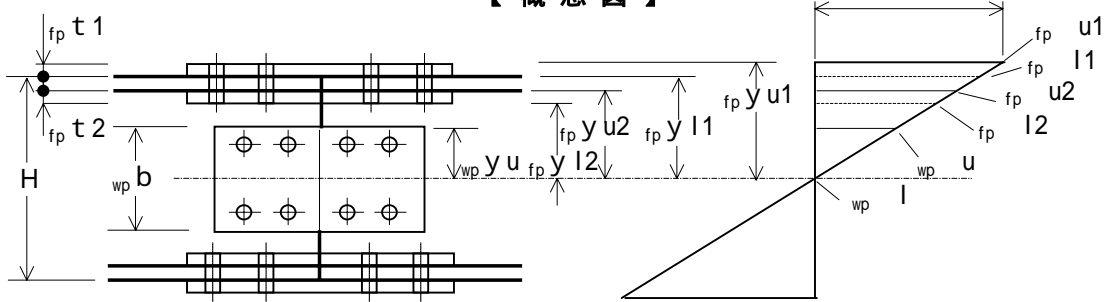
許容曲げ応力度  $\sigma_{ba} = 210 \text{ N/mm}^2$

断面係数  $Z' = 253 \text{ cm}^3$

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

$$= 210 \times 253 \times 10^3 = 53130000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$\rho I = 2964 \text{ cm}^4$

$\rho I f = 2844 \text{ cm}^4$

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

$$= 53130000 \times \frac{2844}{2964} = 50978988 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

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

$${}_p I f_1 = 983 \text{ cm}^4$$

$$= 50978988 \times \frac{1966}{2844} = 35240749 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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

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

$$= \frac{35240749}{2 \times 983} \times \frac{9.65}{1000} = 173 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

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

$$= \frac{35240749}{1966} \times \frac{8.75}{1000} = 157 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

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

$$= 50978988 \times \frac{878}{2844} = 15738239 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{p y u_2} = 1/2 \cdot H - t_f = 1/2 \times 17.5 - 1.10 = 7.65 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{15738239}{878} \times \frac{7.65}{1000} = 137 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

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

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

$$= \frac{15738239}{878} \times \frac{6.75}{1000} = 121 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-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  ${}_H a = 355 \text{ N/mm}^2$

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

$$= \frac{173 + 157}{2} \times 11.61 \times 10^2 = 191565 \text{ N}$$

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

$$= \frac{137 + 121}{2} \times 8.46 \times 10^2 = 109134 \text{ N}$$

$${}_P T f = {}_P T f_1 + {}_P T f_2 = 191565 + 109134 = 300699 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 20 \times 11 \times 355 = 78100$$

$$\left. \begin{array}{l} 179094 \\ 78100 \end{array} \right\} = \underline{78100} \text{ N}$$

(最小)  ${}_{fb} S a$

$$Q_f = \frac{{}_P T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{300699}{2 \times 2}$$

$$= 75175 \text{ N} < 78100 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

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

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

$$= 53130000 \times \frac{120}{2964} = 2151012 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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

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

$$= \frac{2151012}{120} \times \frac{6.00}{1000} = 108 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 20

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

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

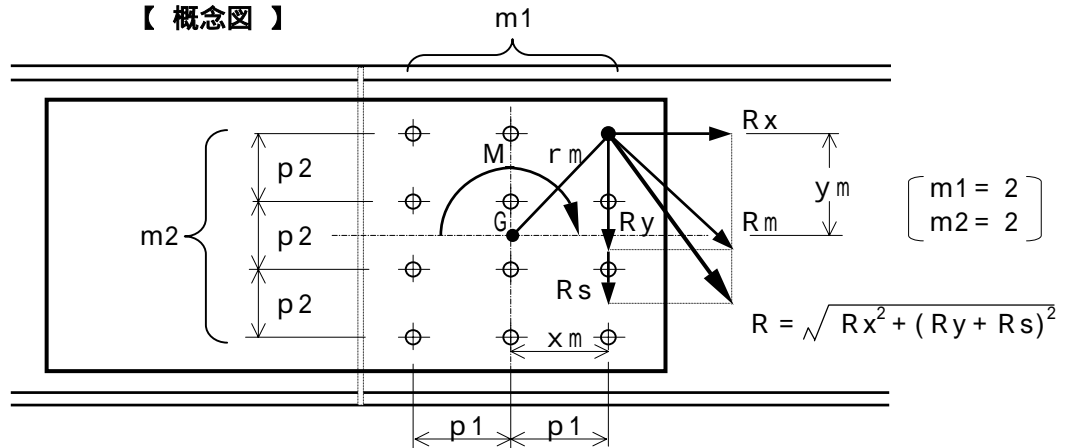
$$= 2 \times 314.2 \times 285 = 179094$$

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

$$= 20 \times 8 \times 355 = 53250$$

$$\left. \begin{aligned} &= 179094 \\ &= 53250 \end{aligned} \right\} = \frac{53250}{\text{最小}} \text{ N} = {}_w S_a$$

【 概念図 】



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

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

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

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

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

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

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{2151012}{100} \times \frac{3.00}{10} = 6453 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{2151012}{100} \times \frac{4.00}{10} = 8604 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{2151012}{100} \times \frac{5.00}{10} = 10755 \text{ N}$$

$$= 10755 \text{ N} < 53250 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$



(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 8.03 \text{ cm}^2 \\ &= 803 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 803 = 96300 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

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

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{96300}{888} = 108 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

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)

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

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 314.2 \times 285 = 179094 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 20 \times 8 \times 355 = 53250 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{53250} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{96300}{2 \times 2} \\ &= 24075 \text{ N} < 53250 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

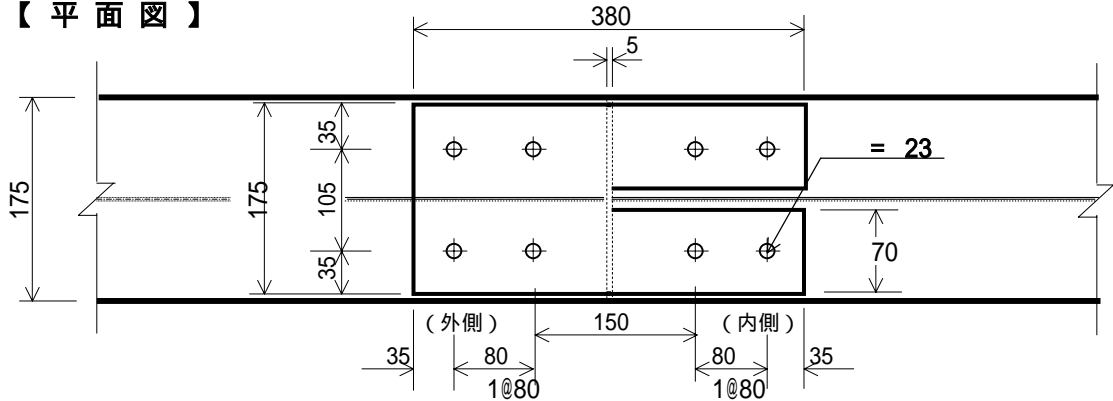
$$\begin{aligned} \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 6453 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 8604 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 24075 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{6453^2 + (8604 + 24075)^2} \\ &= 33310 \text{ N} < 53250 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

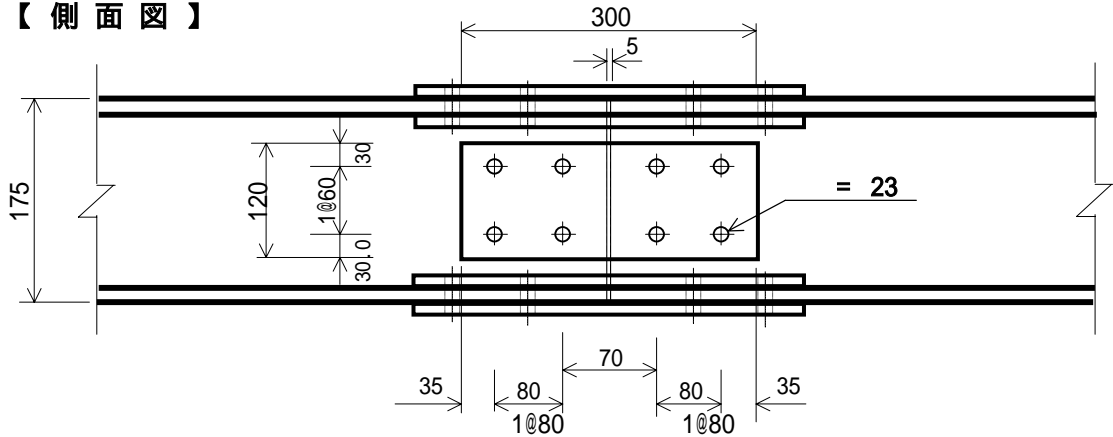
### 3. 計算結果

母材	H 175 × 175 × 7.5 × 11		
フランジ部	添接板仕様	2枚： PL 9 × 175 × 380	
		4枚： PL 9 × 70 × 380	
ウェブ部	添接板仕様	2枚： PL 6 × 120 × 300	
		ボルト仕様	F10T： M20 - 16本      L = 65 mm ( H/A型高力ボルトの場合      L = 60 mm )
	ボルト仕様	F10T： M20 - 8本      L = 55 mm ( H/A型高力ボルトの場合      L = 50 mm )	

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

