

# ボルト継手計算書

H 1 5 0 × 1 5 0 × 7 × 1 0

建築仕様

千鳥配置案

ヒロセ株式会社

# ボルト継手 (H 150 × 150) 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-K (ボルトJIS) 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>	$a =_H$		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> )	$a =_H$		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>	$a =_P$		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> )	$a =_P$		441 N/mm <sup>2</sup> (SS400)
ボルトの許容せん断応力度 <sub>B</sub>	$a =_B$		220 N/mm <sup>2</sup> (F10T)

## (2) 設計母材

JIS: H150

**H形鋼: H 150 × 150 × 7 × 10**

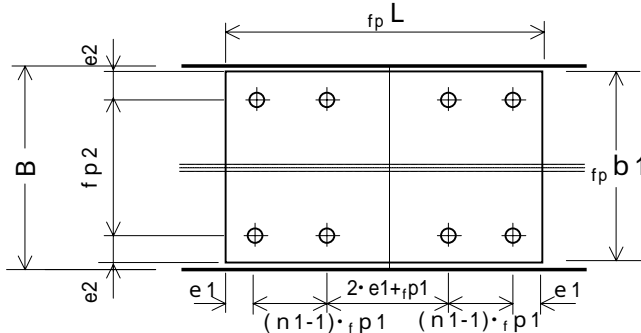
## (3) 添接板

		< p t >	< p b >	< p L >
フランジ:	2 · P L -	9 ×	150 ×	330
	4 · P L -	9 ×	55 ×	330
ウェブ:	2 · P L -	6 ×	110 ×	260

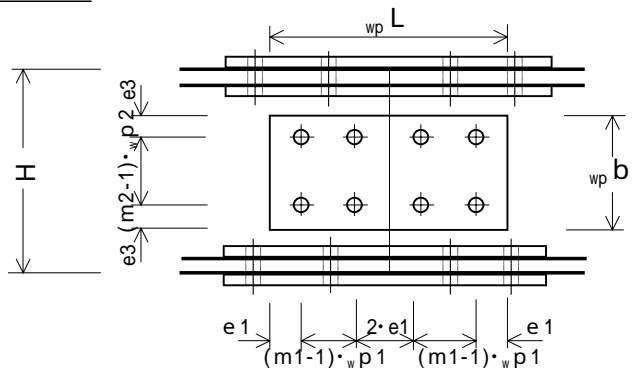
## (4) ボルト

ボルト直径 (M16)	d =	1.60 cm	
ボルト孔径 (d + 3mm)	dh =	1.90 cm	
フランジのボルト本数	n1 =	2 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 = 2 本 (軸横断)
縁端距離 (応力方向)	e1 =	3.00 cm	フランジボルトの軸方向間隔
縁端距離 (その他)	e2 =	2.75 cm	$f p 1 = 7.0$ cm
縁端距離 (応力方向)	e3 =	2.75 cm	フランジボルトの横断方向間隔
			$f p 2 = 9.5$ cm
			ウェブボルトの軸方向間隔
			$w p 1 = 7.0$ cm
			ウェブボルトの横断方向間隔
			$w p 2 = 5.5$ cm

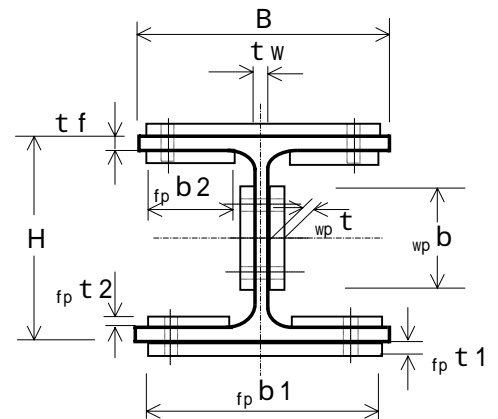
平面図



側面図



断面図

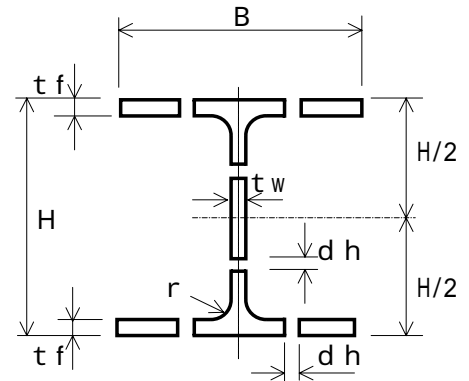


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 150 × 150 × 7 × 10

H 形 鋼 の 高 さ	H =	15	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	15	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	0.70	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	1	cm
フ イ レ ッ ト	r =	0.8	cm
断 面 積	A =	39.65	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	216	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	1620	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> =	1.90	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)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 1.90 \times 0.70 \times 2 = 2.66 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 0.70 \times (15 - 2 \times 1.00) - 2.66 \\ &= 6.44 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 1.90 \times 1.00 \times 2 = 3.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 39.65 - 0.70 \times (15 - 2 \times 1.00) - 2 \times 3.80 \\ &= 22.95 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 22.95 + 6.44 = 29.39 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{1.90 \times 1.00^3 \times 2}{12} \\ &= 0.317 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 3.80 \times 7.000^2 + 0.317 = 187 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 187 = 374 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 1620 - 374 = 1246 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{1246}{7.50} = 166 \text{ cm}^3$$

## (2) 添接板の断面積の計算

### 1) フランジ添接板

外側板幅  $f_p b_1 = 15.0$  cm  
板厚  $f_p t_1 = 0.90$  cm  
内側板幅  $f_p b_2 = 5.50$  cm  
板厚  $f_p t_2 = 0.90$  cm  
ボルト孔径  $d_h = 1.90$  cm  
ボルト本数  $n_2 = 2$  本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 1.90 \times 0.90 \times 2 = 3.42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 15.00 \times 0.90 - 3.42 = 10.08 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 1.90 \times 0.90 \times 2 = 3.42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 5.50 \times 0.90 - 3.42 = 6.48 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (10.08 + 6.48) = 33.12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 2) ウェブ添接板

板幅  $w_p b = 11.0$  cm  
板厚  $w_p t = 0.60$  cm  
ボルト本数  $m_2 = 2$  本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 1.90 \times 0.60 \times 2 = 2.28 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 11.00 \times 0.60 - 2.28 = 4.32 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 4.32 = 8.64 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 33.12 + 8.64 = 41.76 \text{ cm}^2 > 29.39 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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  $dh = 1.90$  cm  
 フランジ  $n2 = 2$  本 (軸横断)  
 ウェブ  $m2 = 2$  本 (軸横断)

外側板幅  $f_p b1 = 15.00$  cm  
 板厚  $f_p t1 = 0.90$  cm  
 面積  $pA f1 = 10.08$  cm<sup>2</sup>  
 内側板幅  $f_p b2 = 5.50$  cm  
 板厚  $f_p t2 = 0.90$  cm  
 面積  $pA f2 = 6.48$  cm<sup>2</sup>

(外側添接板)

$$f_p b1' = f_p b1 - dh \cdot n2 = 15.00 - (1.90 \times 2) = 11.20 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{f_p b1' \cdot f_p t1^3}{12} = \frac{11.20 \times 0.90^3}{12} = 0.680 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t1)^2 + pI f1 = 10.080 \times 7.950^2 + 0.680 = 638 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$f_p b2' = 2 \cdot f_p b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 5.50 - (1.90 \times 2) = 7.20 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{f_p b2' \cdot f_p t2^3}{12} = \frac{7.20 \times 0.90^3}{12} = 0.437 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot f_p t2)^2 + pI f2 = 6.480 \times 6.050^2 + 0.437 = 238 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (638 + 238) = 1752 \text{ cm}^4$$

#### 2) ウェブ添接板

板幅  $w_p b = 11.00$  cm  
 板厚  $w_p t = 0.60$  cm  
 ボルト間隔  $w p2 = 5.5$  cm

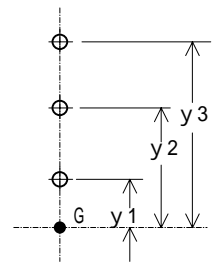
$$pI w1 = \frac{w_p t \cdot w_p b^3}{12} = \frac{0.600 \times 11.00^3}{12} = 67 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 8 \text{ cm}^2$$

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

$$= 1.90 \times 0.60 \times 2 \times 8 + 2 \times \frac{0.60 \times 1.90^3}{12}$$

$$= 18 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (67 - 18) = 98 \text{ cm}^4$$

#### 3) 断面二次モーメント

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

$$= 1752 + 98 = 1850 \text{ cm}^4 > 1246 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(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

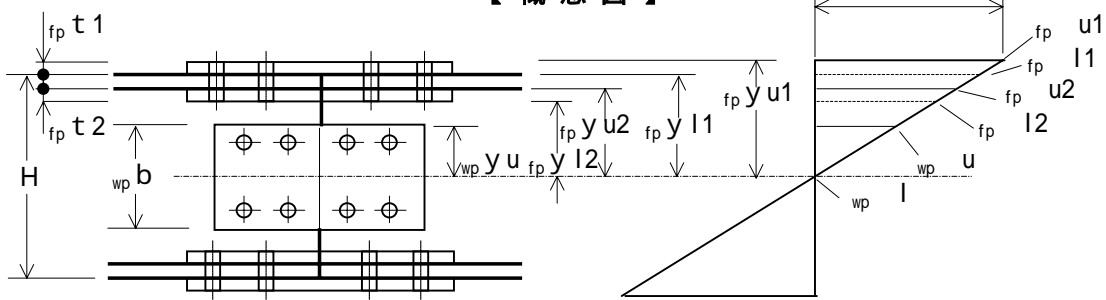
許容曲げ応力度  $f_{ba} = 235 \text{ N/mm}^2$

断面係数  $Z' = 166 \text{ cm}^3$

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

$$= 235 \times 166 \times 10^3 = 39010000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 1850 \text{ cm}^4$

$pIf = 1752 \text{ cm}^4$

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

$$= 39010000 \times \frac{1752}{1850} = 36943524 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$${}_pMf1 = {}_pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf} \quad pIf1 = 638 \text{ cm}^4$$

$$= 36943524 \times \frac{1276}{1752} = 26906357 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{p y u1} = 1/2 \cdot H + f_p t1 = 1/2 \times 15.0 + 0.90 = 8.40 \text{ cm}$$

$$f_p u1 = \frac{{}_pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot f_{p y u1} \cdot p_{ba}$$

$$= \frac{26906357}{2 \times 638} \times \frac{8.40}{1000} = 177 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_{p y l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 15.0 = 7.50 \text{ cm}$$

$$f_p l1 = \frac{{}_pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot f_{p y l1} \cdot p_{ba}$$

$$= \frac{26906357}{1276} \times \frac{7.50}{1000} = 158 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

$${}_p M f_2 = {}_p M f \cdot \frac{2 \cdot {}_p I f_2}{{}_p I f} \qquad {}_p I f_2 = 238 \text{ cm}^4$$

$$= 36943524 \times \frac{476}{1752} = 10037167 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y u_2 = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 15.0 - 1.00 = 6.50 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{10037167}{476} \times \frac{6.50}{1000} = 137 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y l_2 = 1/2 \cdot H - t f - f_p t_2$$

$$= 1/2 \times 15.0 - 1.00 - 0.90 = 5.60 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{10037167}{476} \times \frac{5.60}{1000} = 118 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{177 + 158}{2} \times 10.08 \times 10^2 = 168840 \text{ N}$$

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

$$= \frac{137 + 118}{2} \times 6.48 \times 10^2 = 82620 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 168840 + 82620 = 251460 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

$$M 16 \quad {}_B A = 1/4 \cdot d^2 = 2.011 \text{ cm}^2 \quad 201.1 \text{ mm}^2$$

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

$$= 2 \times 201.1 \times 220 = 88484$$

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

$$= 16 \times 10 \times 441 = 70560$$

$$\left. \begin{array}{l} 88484 \\ 70560 \end{array} \right\} = \underline{70560} \text{ N} \quad (\text{最小})_{f_b} S a$$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{251460}{2 \times 2}$$

$$= 62865 \text{ N} < 70560 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned} {}_p I &= 1850 \text{ cm}^4 \\ {}_p I_w &= 98 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$= 39010000 \times \frac{98}{1850} = 2066476 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_w y_u = 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 11.00 = 5.50 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{2066476}{98} \times \frac{5.50}{1000} = 116 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 16

$${}_B A = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 2.011 \text{ cm}^2 \quad 201.1 \text{ mm}^2$$

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

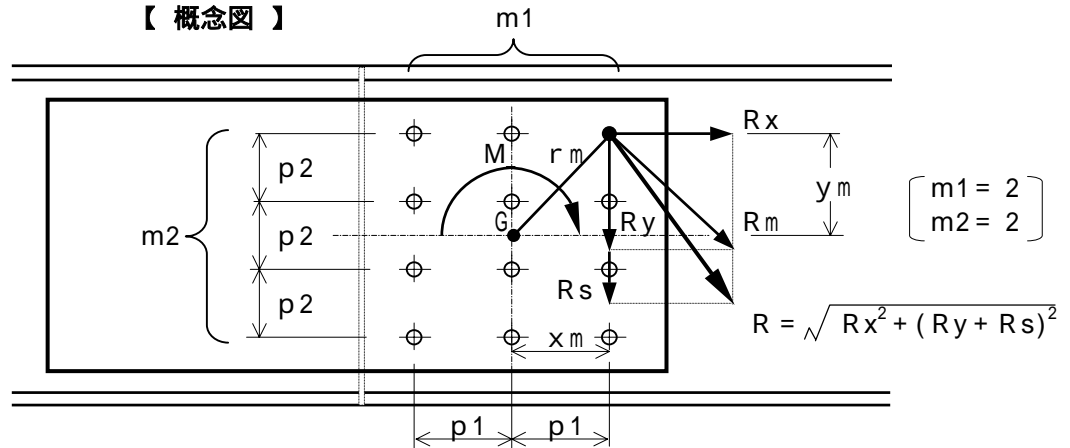
$$= 2 \times 201.1 \times 220 = 88484$$

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

$$= 16 \times 7 \times 441 = 49392 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} S1 \\ S2 \end{matrix}} \right\} = \frac{49392}{\text{最小}} \text{ N}$$

(最小)<sub>wb</sub> S a

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 2 \times \{ 7.00^2 \times (2^2 - 1) + 5.50^2 \times (2^2 - 1) \}$$

$$= 79 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$x_m = 3.50 \text{ cm}$$

$$y_m = 2.75 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.50^2 + 2.75^2} = 4.45 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{2066476}{79} \times \frac{2.75}{10} = 7193 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{2066476}{79} \times \frac{3.50}{10} = 9155 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{2066476}{79} \times \frac{4.45}{10}$$

$$= 11640 \text{ N} < 49392 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$



(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 135 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 6.44 \text{ cm}^2 \\ &= 644 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 135 \times 644 = 86940 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 8.64 \text{ cm}^2 \\ &= 864 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{86940}{864} = 101 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 220 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 441 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 0.7 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$M16 \quad A_b = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 2.011 \text{ cm}^2 = 201.1 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 201.1 \times 220 = 88484 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 16 \times 7 \times 441 = 49392 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{49392} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{86940}{2 \times 2} \\ &= 21735 \text{ N} < 49392 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

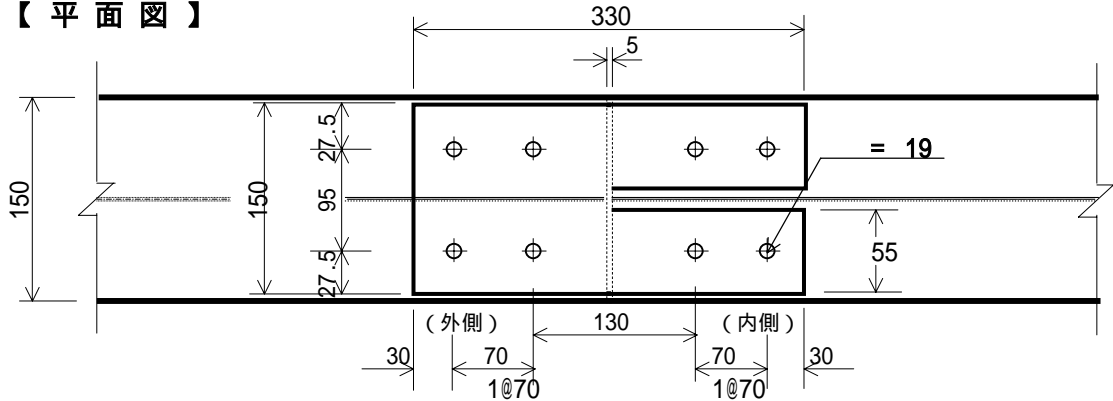
$$\begin{aligned} &(\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 7193 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 9155 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 21735 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{7193^2 + (9155 + 21735)^2} \\ &= 31716 \text{ N} < 49392 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

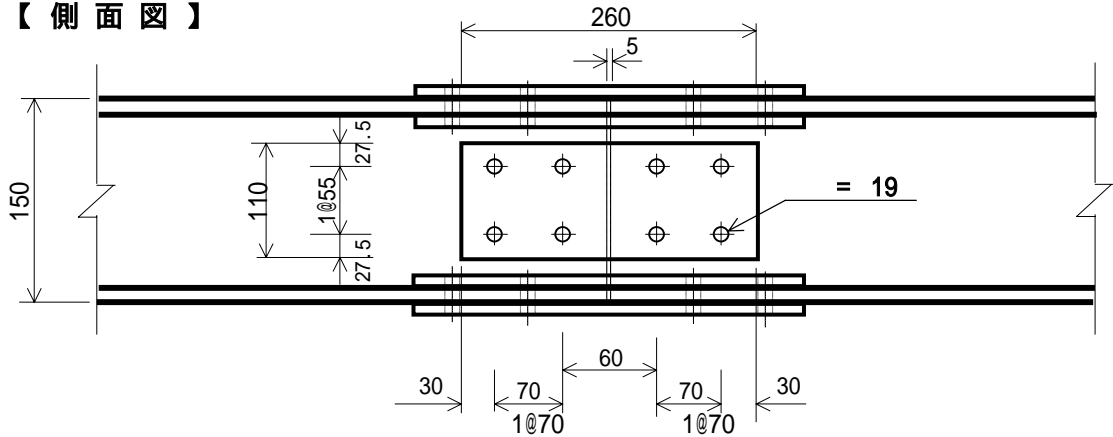
### 3. 計算結果

母材	H 150 × 150 × 7 × 10		
フランジ部	添接板仕様	2枚： PL 9 × 150 × 330	
		4枚： PL 9 × 55 × 330	
ウェブ部	添接板仕様	2枚： PL 6 × 110 × 260	
		ボルト仕様	F10T： M16 - 16本 L = 60 mm ( HJ型高力ボルトの場合 L = 55 mm )
	ボルト仕様	F10T： M16 - 8本 L = 50 mm ( HJ型高力ボルトの場合 L = 45 mm )	

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

