

# ボルト継手計算書

H 1 2 5 × 1 2 5 × 6 . 5 × 9

建築仕様

千鳥配置案

ヒロセ株式会社

# ボルト継手 ( H 1 2 5 × 1 2 5 ) 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>	$a =$	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

JIS: H125

H形鋼: H 1 2 5 × 1 2 5 × 6 . 5 × 9

## (3) 添接板

フランジ: 2 · PL - 9 × 125 × 330

ウェブ: 2 · PL - 6 × 90 × 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)  $e2 = 2.25$  cm  $f p1 = 7.0$  cm

縁端距離 (応力方向)  $e3 = 2.25$  cm フランジボルトの横断方向間隔

$f p2 = 8.0$  cm

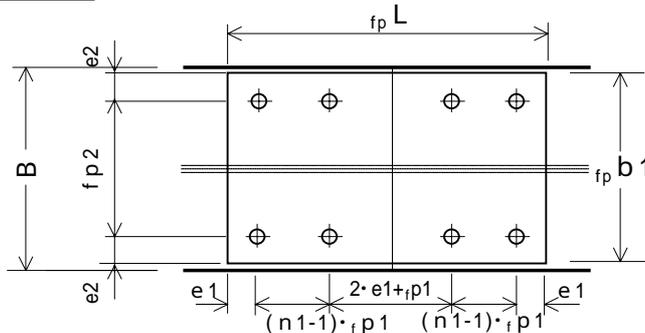
ウェブボルトの軸方向間隔

$w p1 = 7.0$  cm

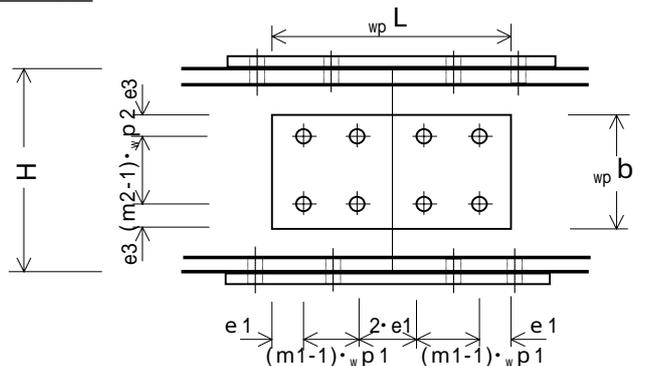
ウェブボルトの横断方向間隔

$w p2 = 4.5$  cm

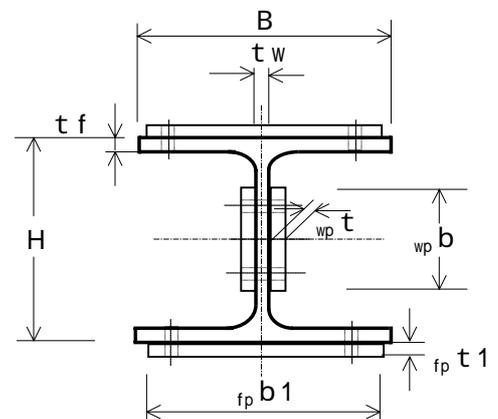
平面図



側面図



断面図

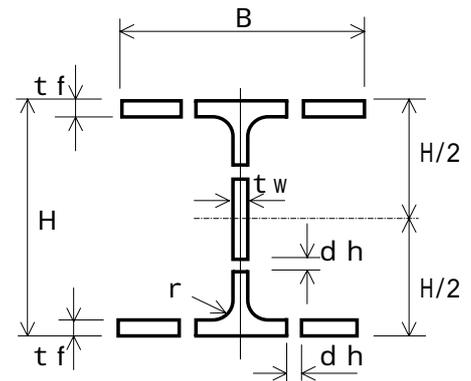


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 1 2 5 × 1 2 5 × 6 . 5 × 9

H 形 鋼 の 高 さ	H =	12.5	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	12.5	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	0.7	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	0.9	cm
フ イ レ ッ ト	r =	0.8	cm
断 面 積	A =	30.00	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	134	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	839	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)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 1.90 \times 0.65 \times 2 = 2.47 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 0.65 \times (12.5 - 2 \times 0.90) - 2.47 \\ &= 4.49 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 1.90 \times 0.90 \times 2 = 3.42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 30.00 - 0.65 \times (12.5 - 2 \times 0.90) - 2 \times 3.42 \\ &= 16.21 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 16.21 + 4.49 = 20.69 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{1.90 \times 0.90^3 \times 2}{12} \\ &= 0.231 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 3.420 \times 5.800^2 + 0.231 = 115 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 115 = 230 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 839 - 230 = 609 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{609}{6.25} = 97 \text{ cm}^3$$

## (2) 添接板の断面積の計算

### 1) フランジ添接板

外側板幅  $f_p b_1 = 12.5$  cm  
板厚  $f_p t_1 = 0.90$  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)

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

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 12.50 \times 0.90 - 3.42 = 7.83 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot {}_P A f_1 \\ &= 2 \times 7.83 = 15.66 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 2) ウェブ添接板

板幅  $w_p b = 9.0$  cm  
板厚  $w_p t = 0.60$  cm  
ボルト本数  $m_2 = 2$  本 (軸横断)

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

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 9.00 \times 0.60 - 2.28 = 3.12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 3.12 = 6.24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 15.66 + 6.24 = 21.90 \text{ cm}^2 > 20.69 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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  $d_h = 1.90$  cm  
 フランジ  $n_2 = 2$  本 (軸横断)  
 ウェブ  $m_2 = 2$  本 (軸横断)

外側板幅  $f_p b_1 = 12.50$  cm  
 板厚  $f_p t_1 = 0.90$  cm  
 面積  $p A f_1 = 7.83$  cm<sup>2</sup>

(外側添接板)

$$f_p b_1' = f_p b_1 - d_h \cdot n_2 = 12.50 - (1.90 \times 2) = 8.70 \text{ cm}$$

$$p I f_1 = \frac{f_p b_1' \cdot f_p t_1^3}{12} = \frac{8.70 \times 0.90^3}{12} = 0.529 \text{ cm}^4$$

$$p I f_1 = p A f_1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t_1)^2 + p I f_1 = 7.830 \times 6.700^2 + 0.529 = 352 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$p I f = 2 \cdot p I f_1 = 2 \times 352 = 704 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

板幅  $w_p b = 9.00$  cm  
 板厚  $w_p t = 0.60$  cm  
 ボルト間隔  $w p_2 = 4.5$  cm

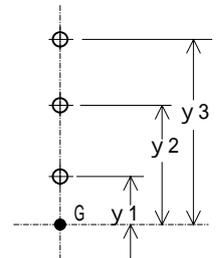
$$p I w_1 = \frac{w_p t \cdot w_p b^3}{12} = \frac{0.600 \times 9.00^3}{12} = 36 \text{ cm}^4$$

$$y = y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots = 5 \text{ cm}^2$$

$$p I w_1 = d_h \cdot w_p t \cdot 2 y + m_2 \cdot \frac{w_p t \cdot (d_h)^3}{12}$$

$$= 1.90 \times 0.60 \times 2 \times 5 + 2 \times \frac{0.60 \times 1.90^3}{12}$$

$$= 12 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$p I w = 2 \cdot (p I w_1 - p I w_1) = 2 \times (36 - 12) = 48 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

$$p I = p I f + p I w = 704 + 48 = 752 \text{ cm}^4 > 609 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

#### (4) 曲げモーメントの計算

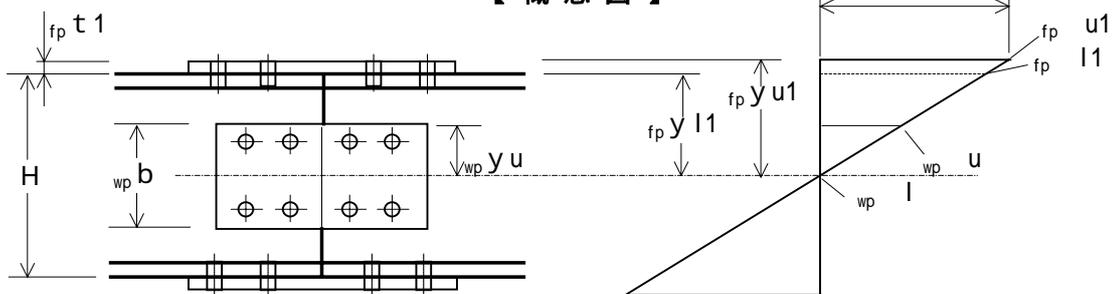
##### 1) H形鋼1本当たりの抵抗曲げモーメント

許容曲げ応力度  $\sigma_{ba} = 235 \text{ N/mm}^2$   
 断面係数  $Z' = 97 \text{ cm}^3$

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

$$= 235 \times 97 \times 10^3 = 22795000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



##### 2) フランジ添接板およびボルトの検討

$\sigma_p I = 752 \text{ cm}^4$   
 $\sigma_p I f = 704 \text{ cm}^4$

$$\sigma_p M f = M_r \cdot \frac{\sigma_p I f}{\sigma_p I}$$

$$= 22795000 \times \frac{704}{752} = 21340000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y u1 = 1/2 \cdot H + f_p t1 = 1/2 \times 12.5 + 0.90 = 7.15 \text{ cm}$$

$$f_p \sigma_{u1} = \frac{\sigma_p M f}{\sigma_p I f} \cdot f_p y u1 \quad \sigma_p \sigma_{ba}$$

$$= \frac{21340000}{704} \times \frac{7.15}{1000} = 217 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y l1 = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 12.5 = 6.25 \text{ cm}$$

$$f_p \sigma_{l1} = \frac{\sigma_p M f}{\sigma_p I f} \cdot f_p y l1 \quad \sigma_p \sigma_{ba}$$

$$= \frac{21340000}{704} \times \frac{6.25}{1000} = 189 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(ボルト)

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

$$P T f_1 = \frac{f_p u_1 + f_p l_1}{2} \cdot P A f_1$$
$$= \frac{217}{2} + \frac{189}{2} \times 7.83 \times 10^2 = 158949 \text{ N}$$

$$P T f = P T f_1 = 158949 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

$$S_1 = 1 \cdot B A \cdot f_B \quad (\text{一面せん断})$$
$$= 1 \times 201.1 \times 220 = 44242$$
$$S_2 = d \cdot t f \cdot f_H \quad (\text{鋼板の支圧})$$
$$= 16 \times 9 \times 441 = 63504$$

} = 44242 N  
(最小)  $f_B S A$

$$Q f = \frac{P T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{158949}{2 \times 2}$$
$$= 39737 \text{ N} < 44242 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned} {}_p I &= 752 \text{ cm}^4 \\ {}_p I_w &= 48 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$= 22795000 \times \frac{48}{752} = 1455000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_w y_u = 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 9.00 = 4.50 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{1455000}{48} \times \frac{4.50}{1000} = 136 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 16

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

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

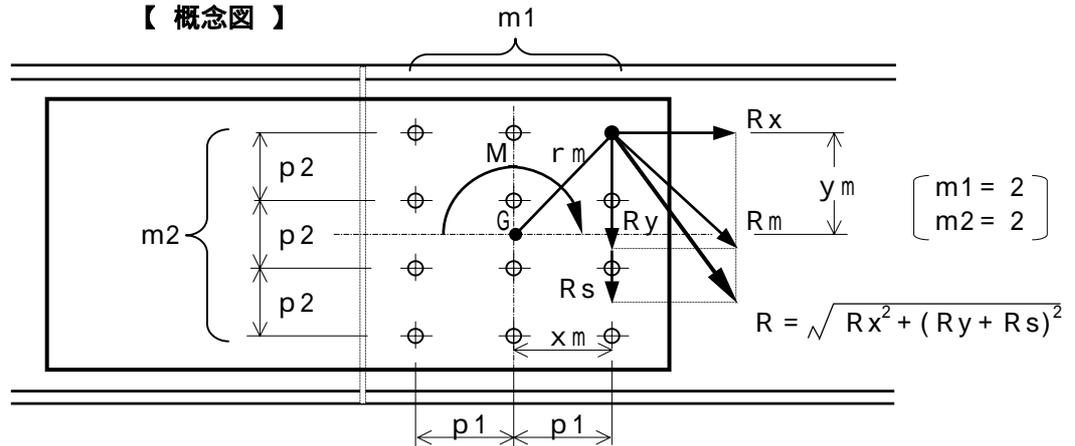
$$= 2 \times 201.1 \times 220 = 88484$$

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

$$= 16 \times 7 \times 441 = 45864$$

$$\left. \begin{aligned} &= 88484 \\ &= 45864 \end{aligned} \right\} = \frac{45864}{\text{最小}} \text{ N} = {}_w S_a$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 2 \times \{ 7.00^2 \times (2^2 - 1) + 4.50^2 \times (2^2 - 1) \}$$

$$= 69 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

$$y_m = 2.25 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.50^2 + 2.25^2} = 4.16 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{1455000}{69} \times \frac{2.25}{10} = 4745 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{1455000}{69} \times \frac{3.50}{10} = 7380 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{1455000}{69} \times \frac{4.16}{10}$$

$$= 8772 \text{ N} < 45864 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(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  $A_w' = 4.49 \text{ cm}^2$   
 $= 449 \text{ mm}^2$

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

$$= 135 \times 449 = 60548 \text{ N}$$

2) ウェブ添接板の応力度

添接板断面積  $A_p = 6.24 \text{ cm}^2$   
 $= 624 \text{ mm}^2$

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

$$= \frac{60548}{624} = 97 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-}$$

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  $t_w = 0.7 \text{ cm}$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 16 \times 7 \times 441 = 49864$$

$$\left. \begin{array}{l} S1 \\ S2 \end{array} \right\} = \underline{45864} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$R_s = \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{60548}{2 \times 2}$$

$$= 15137 \text{ N} < 45864 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(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)  $R_x = 4745 \text{ N/本}$   
 Y方向成分(曲げ)  $R_y = 7380 \text{ N/本}$   
 Y方向成分(せん断)  $R_s = 15137 \text{ N/本}$

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

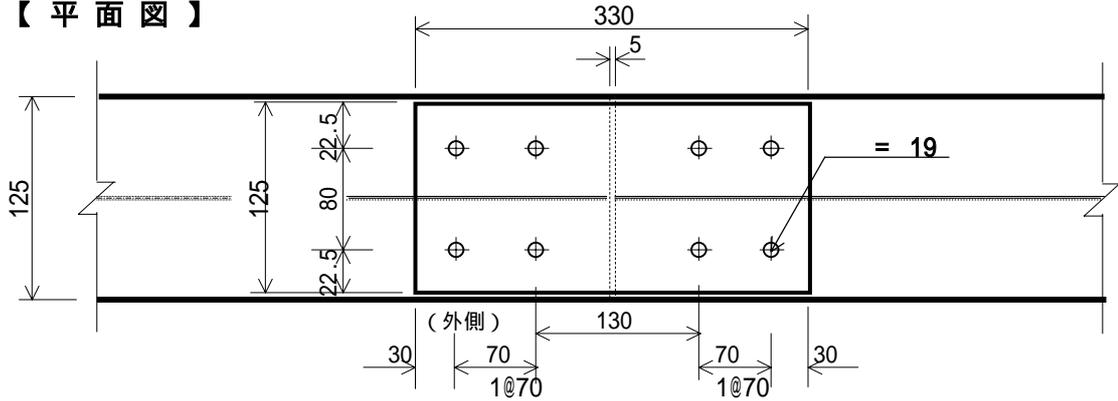
$$= \sqrt{4745^2 + (7380 + 15137)^2}$$

$$= 23012 \text{ N} < 45864 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

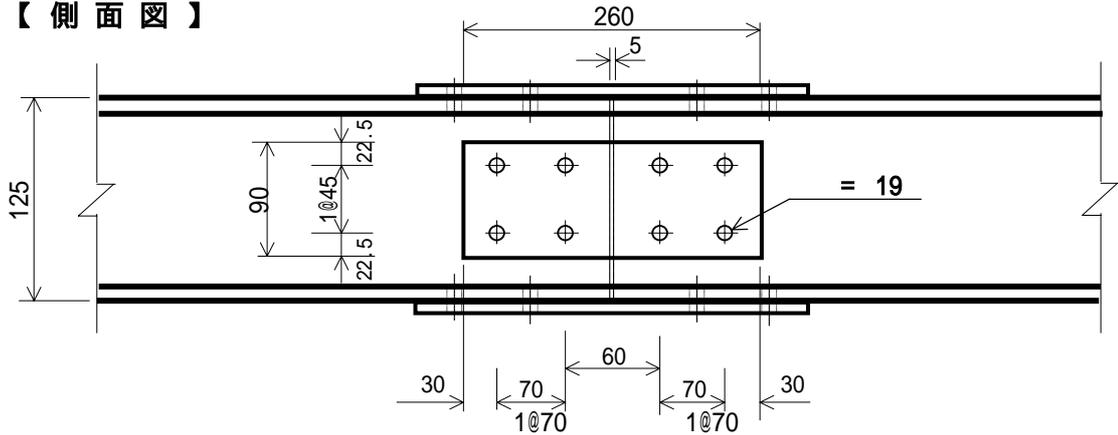
### 3. 計算結果

母材	H 1 2 5 × 1 2 5 × 6 . 5 × 9		
フランジ部	添接板仕様	2 枚 :	PL 9 × 125 × 330
ウェブ部	添接板仕様	2 枚 :	PL 6 × 90 × 260
	ボルト仕様	F10T : M16 - 16本	L = 50 mm
		( H17型高力ボルトの場合	L = 45 mm )
ウェブ部	添接板仕様	2 枚 :	PL 6 × 90 × 260
	ボルト仕様	F10T : M16 - 8本	L = 50 mm
		( H17型高力ボルトの場合	L = 45 mm )

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

