

# ボルト継手計算書

H 4 5 8 × 4 1 7 × 3 0 × 5 0

土木仕様

( S I 単位 )

ヒロセ株式会社

# ボルト継手 (H 458 × 417) 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>	$a =$	120 N/mm <sup>2</sup>	
H形鋼の許容支圧応力度 <sub>H</sub>	$a =$	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>	$a =$	120 N/mm <sup>2</sup>	
添接板の許容支圧応力度 <sub>P</sub>	$a =$	355 N/mm <sup>2</sup>	(SS400)
ボルトの許容せん断応力度 <sub>B</sub>	$a =$	285 N/mm <sup>2</sup>	(F10T)

### (2) 設計母材

コード: H458

**H形鋼: H 458 × 417 × 30 × 50**

### (3) 添接板

	フランジ:	2・PL - 32	×	415	×	1070
		4・PL - 32	×	160	×	1070
	ウェブ:	2・PL - 22	×	280	×	460

### (4) ボルト

ボルト直径 (M22)  $d = 2.20$  cm

ボルト孔径 ( $d + 3\text{mm}$ )  $dh = 2.50$  cm

フランジのボルト本数  $n1 = 8$  本 (軸方向)  $n2 = 2$  本 (軸横断)

ウェブのボルト本数  $m1 = 3$  本 (軸方向)  $m2 = 3$  本 (軸横断)

縁端距離 (応力方向)  $e1 = 4.00$  cm

縁端距離 (その他)  $e2 = 6.00$  cm

縁端距離 (応力方向)  $e3 = 6.00$  cm

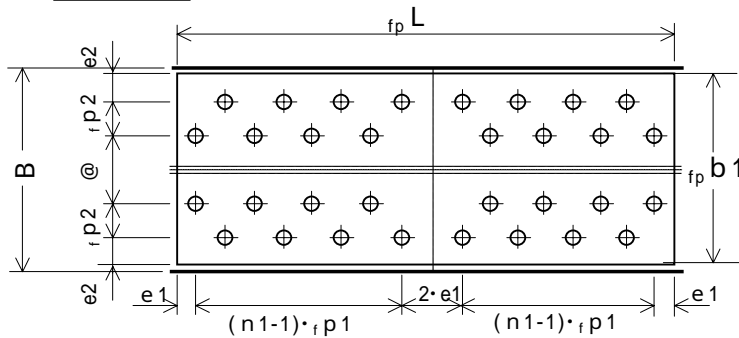
フランジボルトの軸方向間隔  $f_p p1 = 6.5$  cm

フランジボルトの横断方向間隔  $f_p p2 = 4.0$  cm

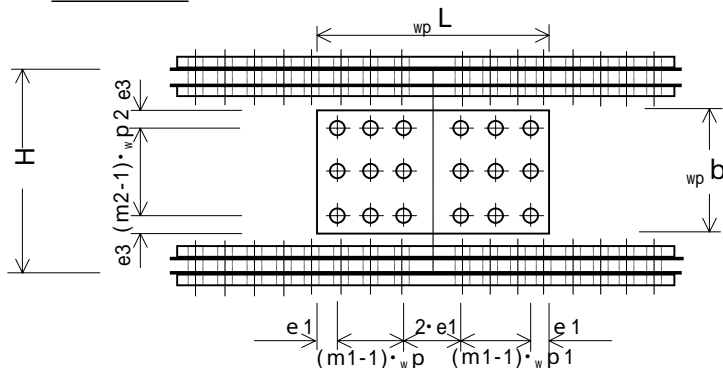
ウェブボルトの軸方向間隔  $w_p p1 = 7.5$  cm

ウェブボルトの横断方向間隔  $w_p p2 = 8.0$  cm

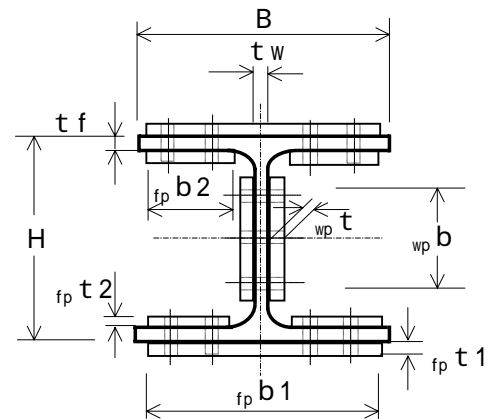
**平面図**



**側面図**



**断面図**

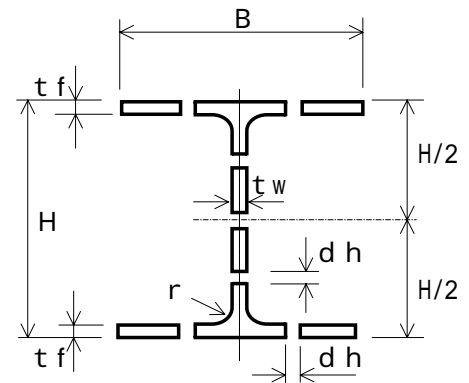


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 458 × 417 × 30 × 50

H 形 鋼 の 高 さ	H =	45.8	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	41.7	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	3.0	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	5.0	cm
フ イ レ ッ ト	r =	2.2	cm
断 面 積	A =	528.60	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	8170	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	187000	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> =	3	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 3.00 \times 3 = 22.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 3.00 \times (45.8 - 2 \times 5.00) - 22.50 \\ &= 84.90 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 5.00 \times 2 = 25.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 528.60 - 3.00 \times (45.8 - 2 \times 5.00) \\ &\quad - 2 \times 25.00 \\ &= 371.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 371.20 + 84.90 = 456.10 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 5.00^3 \times 2}{12} \\ &= 52.083 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 25.000 \times 20.400^2 + 52.083 = 10456 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 10456 = 20912 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 187000 - 20912 = 166088 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{166088}{22.90} = 7253 \text{ cm}^3$$

## (2) 添接板の断面積の計算

### 1) フランジ添接板

外側板幅	$f_p b_1 =$	41.5	cm
板厚	$f_p t_1 =$	3.20	cm
内側板幅	$f_p b_2 =$	16.00	cm
板厚	$f_p t_2 =$	3.20	cm
ボルト孔径	$d_h =$	2.50	cm
ボルト本数	$n_2 =$	2	本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 3.20 \times 2 = 16.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 41.50 \times 3.20 - 16.00 = 116.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 3.20 \times 2 = 16.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 16.00 \times 3.20 - 16.00 = 86.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (116.80 + 86.40) = 406.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 2) ウェブ添接板

板幅	$w_p b =$	28.0	cm
板厚	$w_p t =$	2.20	cm
ボルト本数	$m_2 =$	3	本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 2.20 \times 3 = 16.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 28.00 \times 2.20 - 16.50 = 45.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 45.10 = 90.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 406.40 + 90.20 = 496.60 \text{ cm}^2 > 456.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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  
 フランジ  $n2 = 2$  本 (軸横断)  
 ウェブ  $m2 = 3$  本 (軸横断)

外側板幅  $fp b1 = 41.50$  cm  
 板厚  $fp t1 = 3.20$  cm  
 面積  $pA f1 = 116.80$  cm<sup>2</sup>  
 内側板幅  $fp b2 = 16.00$  cm  
 板厚  $fp t2 = 3.20$  cm  
 面積  $pA f2 = 86.40$  cm<sup>2</sup>

(外側添接板)

$$fp b1' = fp b1 - dh \cdot n2 = 41.50 - (2.50 \times 2) = 36.50 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{fp b1' \cdot fp t1^3}{12} = \frac{36.50 \times 3.20^3}{12} = 99.669 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot fp t1)^2 + pI f1 = 116.800 \times 24.500^2 + 99.669 = 70209 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$fp b2' = 2 \cdot fp b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 16.00 - (2.50 \times 2) = 27.00 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{fp b2' \cdot fp t2^3}{12} = \frac{27.00 \times 3.20^3}{12} = 73.728 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot fp t2)^2 + pI f2 = 86.400 \times 16.300^2 + 73.728 = 23029 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (70209 + 23029) = 186476 \text{ cm}^4$$

#### 2) ウェブ添接板

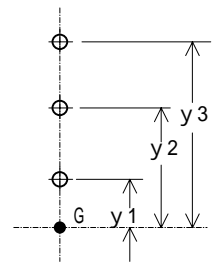
板幅  $wp b = 28.00$  cm  
 板厚  $wp t = 2.20$  cm  
 ボルト間隔  $w p2 = 8.0$  cm

$$pI w1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{2.200 \times 28.00^3}{12} = 4025 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 64.00 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.50 \times 2.20 \times 2 \times 64.00 + 3 \times \frac{2.20 \times 2.50^3}{12} = 713 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (4025 - 713) = 6624 \text{ cm}^4$$

#### 3) 断面二次モーメント

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

$$= 186476 + 6624 = 193100 \text{ cm}^4 > 166088 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(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

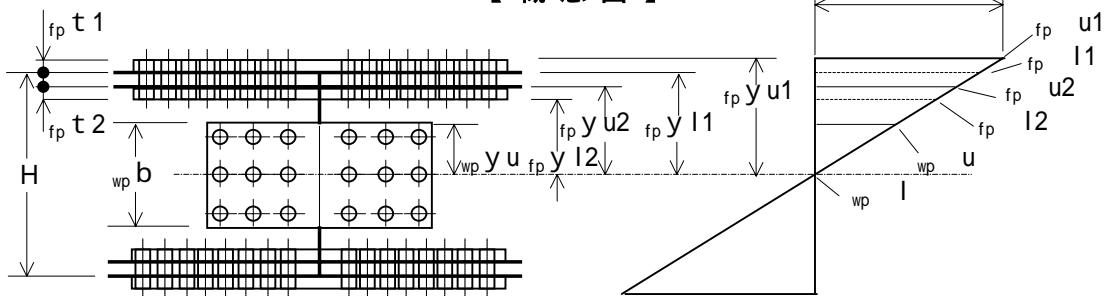
許容曲げ応力度  $\sigma_{ba} = 210 \text{ N/mm}^2$

断面係数  $Z' = 7253 \text{ cm}^3$

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

$$= 210 \times 7253 \times 10^3 = 1523130000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$\rho I = 193100 \text{ cm}^4$

$\rho I f = 186476 \text{ cm}^4$

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

$$= 1523130000 \times \frac{186476}{193100} = 1470881356 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$$\rho M f1 = \rho M f \cdot \frac{2 \cdot \rho I f1}{\rho I f}$$

$$\rho I f1 = 70209 \text{ cm}^4$$

$$= 1470881356 \times \frac{140418}{186476} = 1107586061 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y_{u1} = 1/2 \cdot H + f_p t1 = 1/2 \times 45.8 + 3.20 = 26.10 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{1107586061}{2 \times 70209} \times \frac{26.10}{1000} = 206 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y_{l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 45.8 = 22.90 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{1107586061}{140418} \times \frac{22.90}{1000} = 181 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 23029 \text{ cm}^4$$

$$= 1470881356 \times \frac{46058}{186476} = 363295295 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{p y u_2} = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 45.8 - 5.00 = 17.90 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{363295295}{46058} \times \frac{17.90}{1000} = 141 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 45.8 - 5.00 - 3.20 = 14.70 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{363295295}{46058} \times \frac{14.70}{1000} = 116 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{206 + 181}{2} \times 116.80 \times 10^2 = 2260080 \text{ N}$$

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

$$= \frac{141 + 116}{2} \times 86.40 \times 10^2 = 1110240 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 2260080 + 1110240 = 3370320 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

$$= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657$$

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

$$= 22 \times 50 \times 355 = 390500$$

$$\left. \begin{array}{l} 216657 \\ 390500 \end{array} \right\} = \underline{216657} \text{ N} \quad (\text{最小})_{f_b} S a$$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{3370320}{8 \times 2}$$

$$= 210645 \text{ N} < 216657 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned}
 {}_p I &= 193100 \text{ cm}^4 \\
 {}_p I_w &= 6624 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

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

$$= 1523130000 \times \frac{6624}{193100} = 52248644 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{wp} y_u = 1/2 \cdot {}_{wp} b = 1/2 \times 28.00 = 14.00 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{52248644}{6624} \times \frac{14.00}{1000} = 110 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 22

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

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

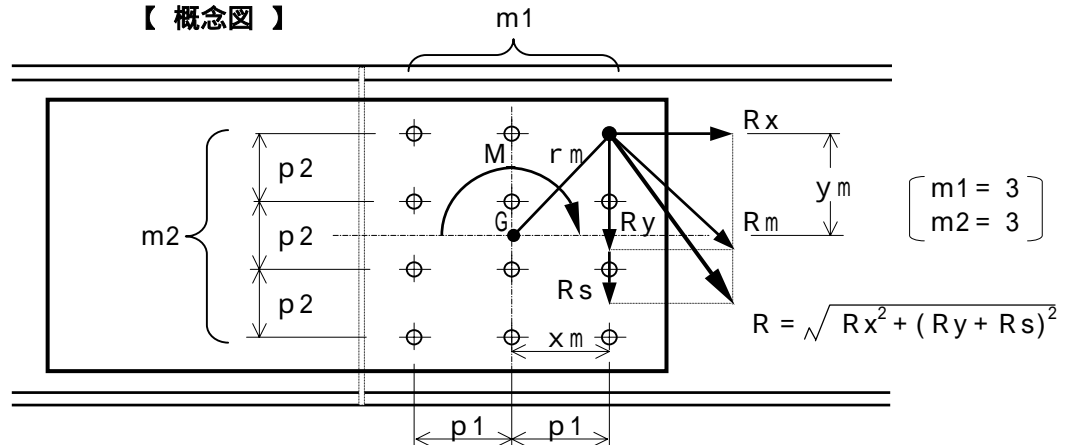
$$= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657$$

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

$$= 22 \times 30 \times 355 = 234300$$

$$= \frac{216657}{\text{最小}} \text{ N} = S_a$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 3 \times 3 \times \{ 7.50^2 \times (3^2 - 1) + 8.00^2 \times (3^2 - 1) \}$$

$$= 722 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$x_m = 7.50 \text{ cm}$$

$$y_m = 8.00 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{7.50^2 + 8.00^2} = 10.97 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{52248644}{722} \times \frac{8.00}{10} = 57893 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{52248644}{722} \times \frac{7.50}{10} = 54275 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{52248644}{722} \times \frac{10.97}{10} = 79386 \text{ N}$$

$$= 79386 \text{ N} < 216657 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$



(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 84.90 \text{ cm}^2 \\ &= 8490 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 8490 = 1018800 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 90.20 \text{ cm}^2 \\ &= 9020 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{1018800}{9020} = 113 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 3.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 30 \times 355 = 234300 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{216657} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{1018800}{3 \times 3} \\ &= 113200 \text{ N} < 216657 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

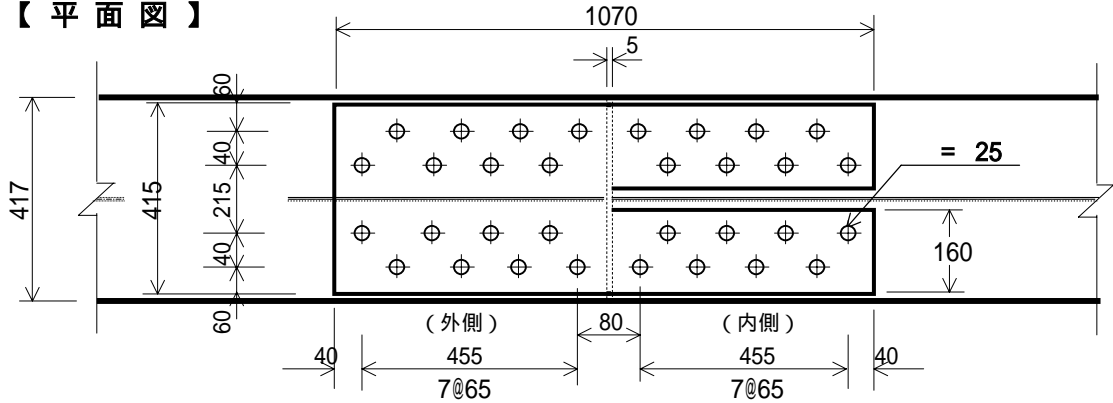
$$\begin{aligned} &(\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 57893 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 54275 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 113200 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{57893^2 + (54275 + 113200)^2} \\ &= 177199 \text{ N} < 216657 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

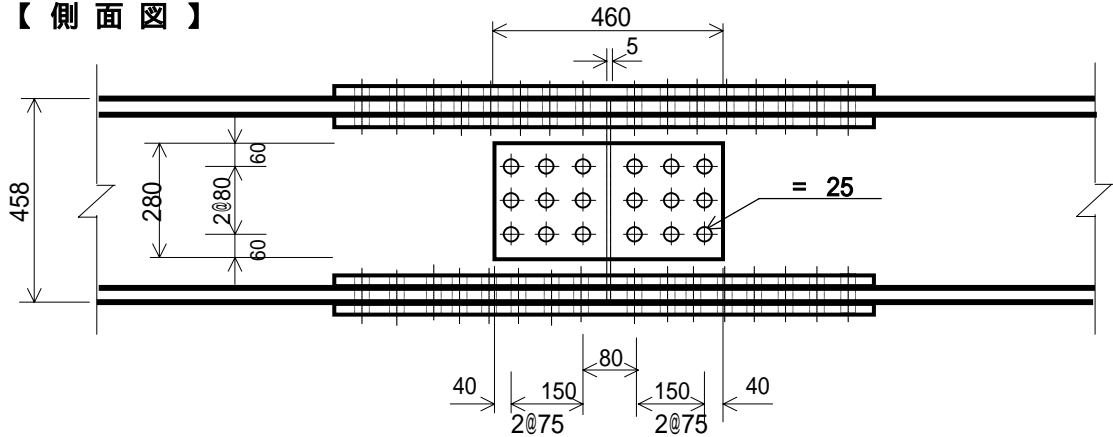
### 3. 計算結果

母材	H 4 5 8 × 4 1 7 × 3 0 × 5 0		
フランジ部	添接板仕様	2 枚 : PL 3 2 × 4 1 5 × 1 0 7 0	
		4 枚 : PL 3 2 × 1 6 0 × 1 0 7 0	
ウェブ部	添接板仕様	2 枚 : PL 2 2 × 2 8 0 × 4 6 0	
		ボルト仕様	F10T : M22 - 64本 L = 155 mm ( H17型高力ボルトの場合 L = 150 mm )
	ボルト仕様	F10T : M22 - 18本 L = 115 mm ( H17型高力ボルトの場合 L = 110 mm )	

【 平 面 図 】



【 側 面 図 】



【 断 面 図 】

