

# ボルト継手計算書

H300×300×10×15

(SM490)

土木仕様

(SI単位)

ヒロセ株式会社

## ボルト継手 (H300×300) 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) SM490-D (ボルトコード) F10T-DM

「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>	$ba =_H ta =$	280	N/mm <sup>2</sup> (SM490)
H形鋼の許容せん断応力度 <sub>H</sub>	$a =$	160	N/mm <sup>2</sup> (SM490)
H形鋼の許容支圧応力度(315×係数) <sub>H</sub>	$a =$	473	N/mm <sup>2</sup> (SM490)
添接板の許容曲げ・引張応力度 <sub>P</sub>	$ba =_P ta =$	280	N/mm <sup>2</sup> (SM490)
添接板の許容せん断応力度 <sub>P</sub>	$a =$	160	N/mm <sup>2</sup> (SM490)
添接板の許容支圧応力度(315×係数) <sub>P</sub>	$a =$	473	N/mm <sup>2</sup> (SM490)
ボルトの許容せん断応力度 <sub>B</sub>	$a =$	285	N/mm <sup>2</sup> (F10T)

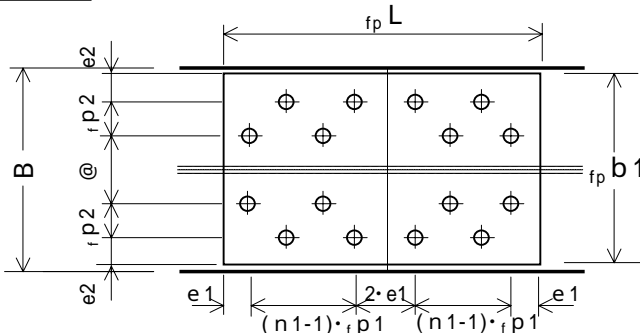
- (2) 設計母材 コード: H300  
**H形鋼: H300×300×10×15**

- (3) 添接板
- |       |           |   |     |   |     |
|-------|-----------|---|-----|---|-----|
| フランジ: | 2・PL - 12 | × | 300 | × | 550 |
|       | 4・PL - 12 | × | 120 | × | 550 |
| ウェブ:  | 2・PL - 9  | × | 180 | × | 460 |

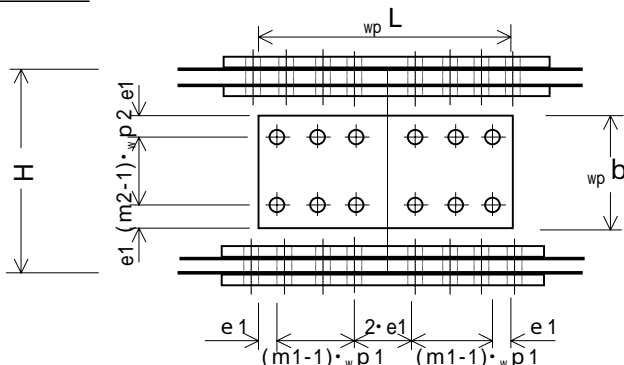
- (4) ボルト
- |               |        |      |         |
|---------------|--------|------|---------|
| ボルト直径 (M22)   | $d =$  | 2.20 | cm      |
| ボルト孔径 (d+3mm) | $dh =$ | 2.50 | cm      |
| フランジのボルト本数    | $n1 =$ | 4    | 本 (軸方向) |
| ウェブのボルト本数     | $m1 =$ | 3    | 本 (軸方向) |
| フランジのボルト本数    | $n2 =$ | 2    | 本 (軸横断) |
| ウェブのボルト本数     | $m2 =$ | 2    | 本 (軸横断) |
| 縁端距離 (応力方向)   | $e1 =$ | 4.0  | cm      |
| 縁端距離 (その他)    | $e2 =$ | 4.0  | cm      |

- フランジボルトの軸方向間隔  
 $f p1 = 6.5$  cm  
 フランジボルトの横断方向間隔  
 $f p2 = 4.0$  cm  
 ウェブボルトの軸方向間隔  
 $w p1 = 7.5$  cm  
 ウェブボルトの横断方向間隔  
 $w p2 = 10.0$  cm

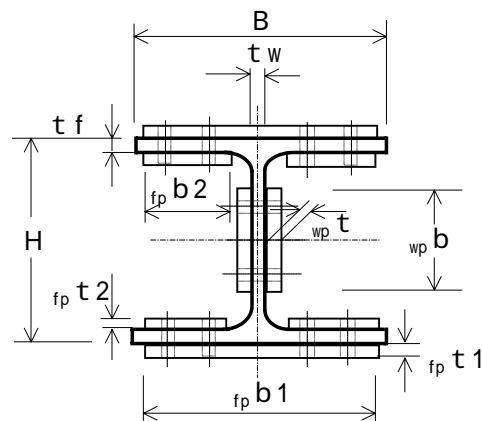
**平面図**



**側面図**



**断面図**

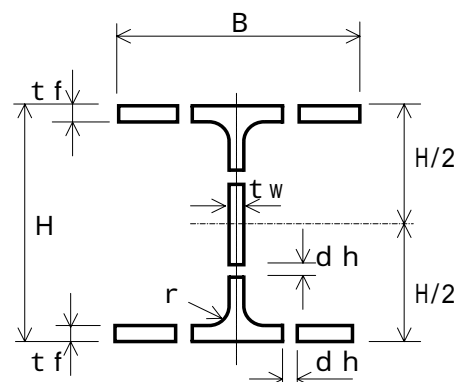


## 2. 継手部の設計

## (1) 母材の断面性能計算

## 1) 母材 H 300 × 300 × 10 × 15

H 形 鋼 の 高 さ	H =	30	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	30	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	1.0	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	1.5	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.3	cm
断 面 積	A =	118.40	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	1350	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	20200	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> =	2	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.00 \times 2 = 5.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 1.00 \times (30 - 2 \times 1.50) - 5.00 \\ &= 22.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.50 \times 2 = 7.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 118.40 - 1.00 \times (30 - 2 \times 1.50) \\ &\quad - 2 \times 7.50 \\ &= 76.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 76.40 + 22.00 = 98.40 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 1.50^3 \times 2}{12} \\ &= 1.406 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 7.50 \times 14.250^2 + 1.406 = 1524 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 1524 = 3048 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 20200 - 3048 = 17152 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{17152}{15.00} = 1143 \text{ cm}^3$$

## (2) 添接板の断面積の計算

## 1) フランジ添接板

外側板幅  $f_p b_1 = 30.0$  cm  
 板厚  $f_p t_1 = 1.20$  cm  
 内側板幅  $f_p b_2 = 12.00$  cm  
 板厚  $f_p t_2 = 1.20$  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)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 2 = 6.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 30.00 \times 1.20 - 6.00 = 30.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 2 = 6.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.20 - 6.00 = 22.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (30.00 + 22.80) = 105.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

## 2) ウェブ添接板

板幅  $w_p b = 18.0$  cm  
 板厚  $w_p t = 0.90$  cm  
 ボルト本数  $m_2 = 2$  本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 0.90 \times 2 = 4.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 18.00 \times 0.90 - 4.50 = 11.70 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 11.70 = 23.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

## 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 105.60 + 23.40 = 129.00 \text{ cm}^2 > 98.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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	外側板幅	$f_p b_1 = 30.00$ cm
フランジ	n2 = 2 本 (軸横断)	板厚	$f_p t_1 = 1.20$ cm
ウェブ	m2 = 2 本 (軸横断)	面積	$p A f_1 = 30.00$ cm <sup>2</sup>
		内側板幅	$f_p b_2 = 12.00$ cm
		板厚	$f_p t_2 = 1.20$ cm
		面積	$p A f_2 = 22.80$ cm <sup>2</sup>

(外側添接板)

$$f_p b_1' = f_p b_1 - dh \cdot n_2 = 30.00 - (2.50 \times 2) = 25.00 \text{ cm}$$

$$p I f_1 = \frac{f_p b_1' \cdot f_p t_1^3}{12} = \frac{25.00 \times 1.20^3}{12} = 3.600 \text{ cm}^4$$

$$p I f_1 = p A f_1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t_1)^2 + p I f_1 = 30.000 \times 15.600^2 + 3.600 = 7304 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$f_p b_2' = 2 \cdot f_p b_2 - dh \cdot n_2 = 2 \times 12.00 - (2.50 \times 2) = 19.00 \text{ cm}$$

$$p I f_2 = \frac{f_p b_2' \cdot f_p t_2^3}{12} = \frac{19.00 \times 1.20^3}{12} = 2.736 \text{ cm}^4$$

$$p I f_2 = p A f_2 \cdot (1/2 \cdot H - t_f - 1/2 \cdot f_p t_2)^2 + p I f_2 = 22.800 \times 12.900^2 + 2.736 = 3797 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$p I f = 2 \cdot (p I f_1 + p I f_2) = 2 \times (7304 + 3797) = 22202 \text{ cm}^4$$

## 2) ウェブ添接板

板幅	$w_p b = 18.00$ cm
板厚	$w_p t = 0.90$ cm
ボルト間隔	$w p_2 = 10.0$ cm

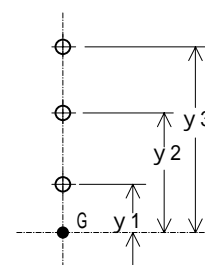
$$p I w_1 = \frac{w_p t \cdot w_p b^3}{12} = \frac{0.900 \times 18.00^3}{12} = 437 \text{ cm}^4$$

$$y = y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots = 25.00 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.50 \times 0.90 \times 2 \times 25.00 + 2 \times \frac{0.90 \times 2.50^3}{12}$$

$$= 115 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$p I w = 2 \cdot (p I w_1 - p I w_1) = 2 \times (437 - 115) = 644 \text{ cm}^4$$

## 3) 断面二次モーメント

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

$$= 22202 + 644 = 22846 \text{ cm}^4 > 17152 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

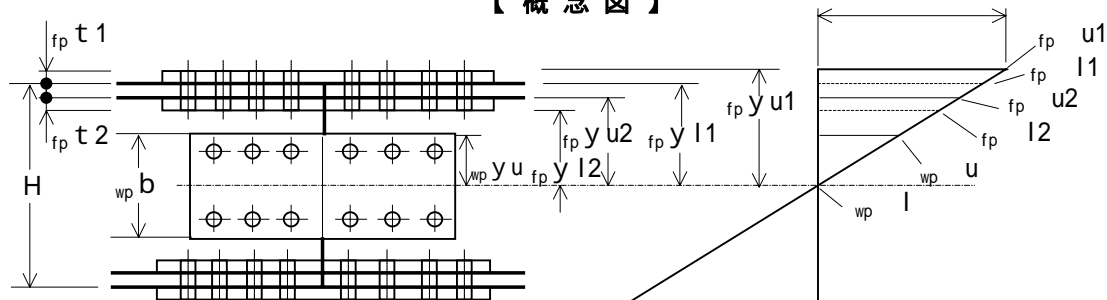
## (4) 曲げモ - メントの計算

## 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  $Hba = 280 \text{ N/mm}^2$   
 断面係数  $Z' = 1143 \text{ cm}^3$

$$\begin{aligned} M_r &= Hba \cdot Z' \\ &= 280 \times 1143 \times 10^3 = 320040000 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

【概念図】



## 2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 22846 \text{ cm}^4$   
 $pIf = 22202 \text{ cm}^4$

$$\begin{aligned} pMf &= M_r \cdot \frac{pIf}{pI} \\ &= 320040000 \times \frac{22202}{22846} = 311018475 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

(外側フランジ)

$$pMf1 = pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf} \quad pIf1 = 7304 \text{ cm}^4$$

$$= 311018475 \times \frac{14608}{22202} = 204637325 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$fp y u1 = 1/2 \cdot H + fp t1 = 1/2 \times 30.0 + 1.20 = 16.20 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} fp u1 &= \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot fp y u1 \quad pba \\ &= \frac{204637325}{2 \times 7304} \times \frac{16.20}{1000} = 227 \text{ N/mm}^2 < 280 \text{ N/mm}^2 \\ &\quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

$$fp y l1 = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 30.0 = 15.00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} fp l1 &= \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot fp y l1 \quad pba \\ &= \frac{204637325}{14608} \times \frac{15.00}{1000} = 210 \text{ N/mm}^2 < 280 \text{ N/mm}^2 \\ &\quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 3797 \text{ cm}^4$$

$$= 311018475 \times \frac{7594}{22202} = 106381150 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{fp} y u_2 = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 30.0 - 1.50 = 13.50 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{106381150}{7594} \times \frac{13.50}{1000} = 189 \text{ N/mm}^2 < 280 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 30.0 - 1.50 - 1.20 = 12.30 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{106381150}{7594} \times \frac{12.30}{1000} = 172 \text{ N/mm}^2 < 280 \text{ N/mm}^2$$

-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  ${}_H a = 473 \text{ N/mm}^2$ 

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

$$= \frac{227 + 210}{2} \times 30.00 \times 10^2 = 655500 \text{ N}$$

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

$$= \frac{189 + 172}{2} \times 22.80 \times 10^2 = 411540 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 655500 + 411540 = 1067040 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 22 \times 15 \times 473 = 156090$$

$$\left. \begin{array}{l} 216657 \\ 156090 \end{array} \right\} = \underline{156090} \text{ N}$$

(最小)  ${}_{fb} S a$ 

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{1067040}{4 \times 2}$$

$$= 133380 \text{ N} < 156090 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

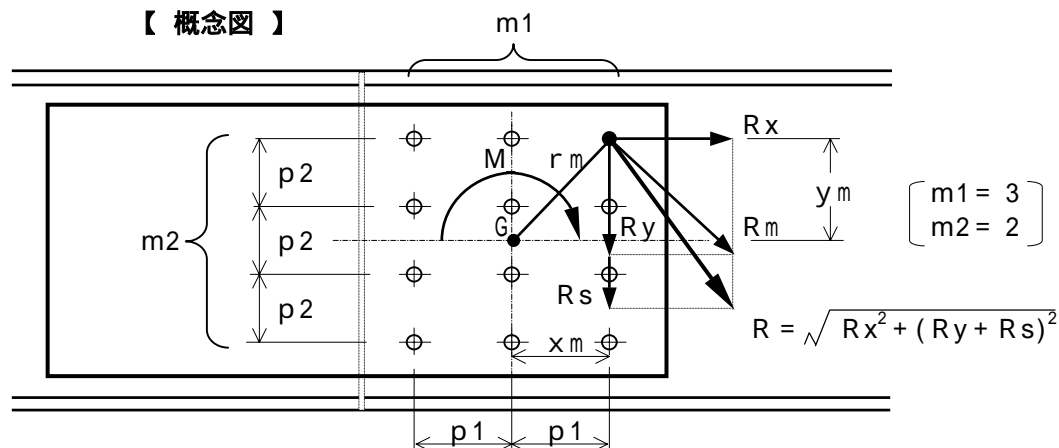
## 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned}
 {}_p M_w &= M_r \cdot \frac{{}_p I_w}{{}_p I} \\
 &= 320040000 \times \frac{644}{22846} = 9021525 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 {}_w y_u &= 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 18.00 = 9.00 \text{ cm} \\
 {}_w u &= \frac{{}_p M_w}{{}_p I_w} \cdot {}_w y_u \\
 &= \frac{9021525}{644} \times \frac{9.00}{1000} = 126 \text{ N/mm}^2 < 280 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$\begin{aligned}
 M 22 \quad {}_B A &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 3.801 \text{ cm}^2 = 380.1 \text{ mm}^2 \\
 S1 &= 2 \cdot {}_B A \cdot a \quad (\text{二面せん断}) \\
 &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\
 S2 &= d \cdot t_w \cdot a \quad (\text{鋼板の支圧}) \\
 &= 22 \times 10 \times 473 = 104060
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \frac{104060}{\text{最小}} \text{ N} \quad \text{wb Sa}$$

【 概念図 】



$$\begin{aligned}
 I_p &= 1/12 \cdot m1 \cdot m2 \{ {}_w p1^2 (m1^2 - 1) + {}_w p2^2 (m2^2 - 1) \} \\
 &= 1/12 \times 3 \times 2 \times \{ 7.50^2 \times (3^2 - 1) + 10.00^2 \times (2^2 - 1) \} \\
 &= 375 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$\begin{aligned}
 x_m &= 7.50 \text{ cm} \\
 y_m &= 5.00 \text{ cm} \\
 r_m &= \sqrt{7.50^2 + 5.00^2} = 9.01 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_x &= \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{9021525}{375} \times \frac{5.00}{10} = 12029 \text{ N} \\
 R_y &= \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{9021525}{375} \times \frac{7.50}{10} = 18043 \text{ N} \\
 R_m &= \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{9021525}{375} \times \frac{9.01}{10} \\
 &= 21676 \text{ N} < 104060 \text{ N} \quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$



## (5) せん断力の計算

## 1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_H &= 160 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 22.00 \text{ cm}^2 \\ &= 2200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_H \cdot A_w' \\ &= 160 \times 2200 = 352000 \text{ N} \end{aligned}$$

## 2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 23.40 \text{ cm}^2 \\ &= 2340 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{352000}{2340} = 150 \text{ N/mm}^2 < 160 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

## 3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_B &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_H &= 473 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 1.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 \cdot A_B \cdot \sigma_B \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\ S_2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_H \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 10 \times 473 = 104060 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S_1 \\ S_2 \end{aligned}} \right\} = \underline{104060 \text{ N}} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m_1 \cdot m_2} = \frac{352000}{3 \times 2} \\ &= 58667 \text{ N} < 104060 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

## (6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

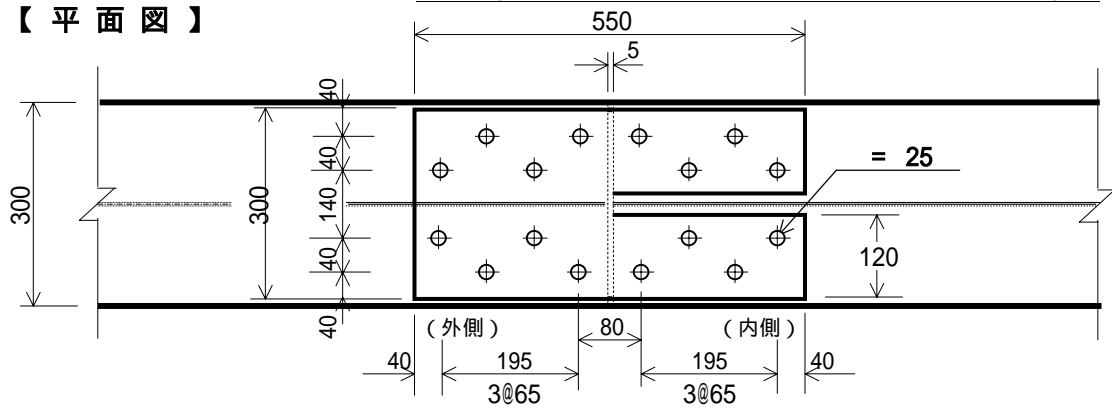
$$\begin{aligned} \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 12029 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 18043 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 58667 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{12029^2 + (18043 + 58667)^2} \\ &= 77647 \text{ N} < 104060 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

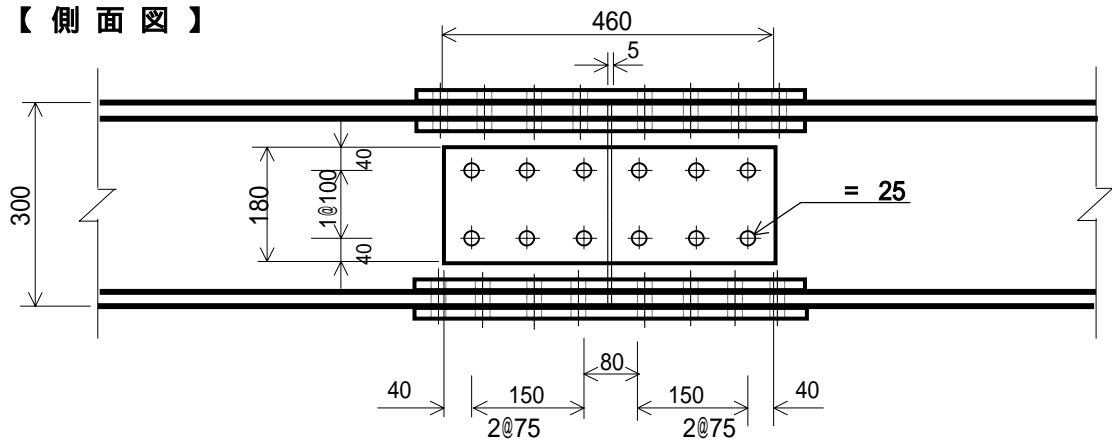
## 3. 計算結果

母材	H 3 0 0 × 3 0 0 × 1 0 × 1 5		(SM490)
フランジ部	添接板仕様	2枚: PL 12 × 300 × 550	(SM490)
		4枚: PL 12 × 120 × 550	(SM490)
ボルト仕様	F10T: M22 - 32本	L = 80 mm	
	( トリソ型高力ボルトの場合 )		L = 75 mm )
ウェブ部	添接板仕様	2枚: PL 9 × 180 × 460	(SM490)
	ボルト仕様	F10T: M22 - 12本	L = 70 mm
	( トリソ型高力ボルトの場合 )		L = 65 mm )

## 【 平面図 】



## 【 側面図 】



## 【 断面図 】

