

# ボルト継手計算書

H 8 0 0 × 3 0 0 × 1 4 × 2 6

( S M 4 9 0 )

土木仕様

( S I 単位 )

ヒロセ株式会社

## ボルト継手 (H800×300) 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。)  
 (鋼材コト) SM490-D (ボルトコト) 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>
H形鋼の許容支圧応力度(315×係数)	$a =$	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>
添接板の許容支圧応力度(315×係数)	$a =$	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

コト: H800

**H形鋼: H800×300×14×26**

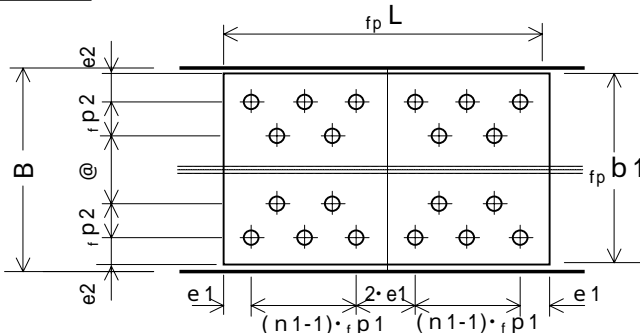
### (3) 添接板

	フランジ:	2・PL - 19	×	300	×	680
		4・PL - 19	×	120	×	680
	ウェブ:	2・PL - 12	×	605	×	310

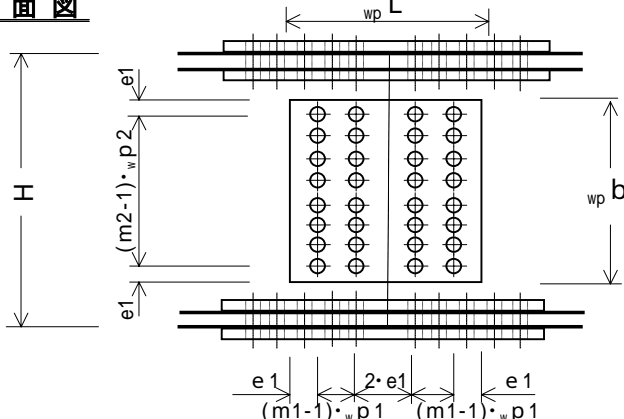
### (4) ボルト

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	$n1 =$	5	本 (軸方向)
ウェブのボルト本数	$m1 =$	2	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	$m2 =$	8	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	$w p2 =$	7.5	cm

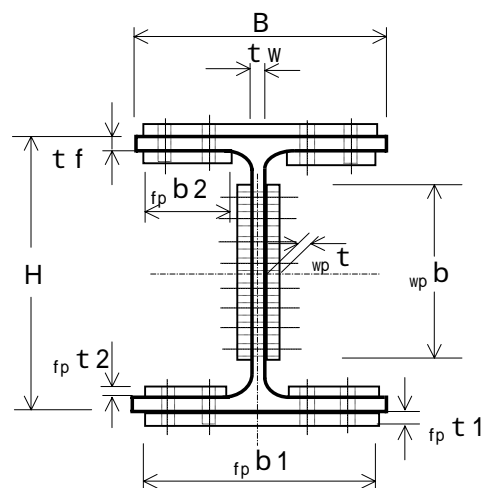
**平面図**



**側面図**



**断面図**

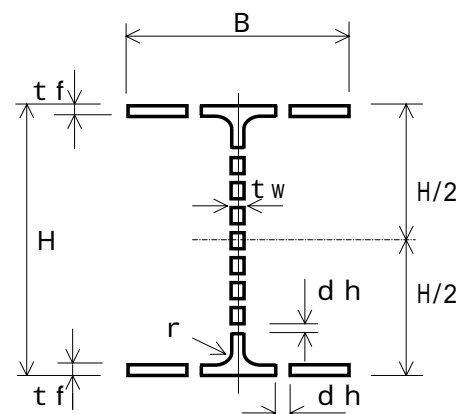


## 2. 継手部の設計

## (1) 母材の断面性能計算

## 1) 母材 H 800 × 300 × 14 × 26

H 形 鋼 の 高 さ	H =	80	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	30	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	1.4	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	2.6	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.8	cm
断 面 積	A =	263.50	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	7160	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	286000	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> =	8	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.40 \times 8 = 28.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 1.40 \times (80 - 2 \times 2.60) - 28.00 \\ &= 76.72 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 2.60 \times 2 = 13.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 263.50 - 1.40 \times (80 - 2 \times 2.60) - 2 \times 13.00 \\ &= 132.78 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 132.78 + 76.72 = 209.50 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント: ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 2.60^3 \times 2}{12} \\ &= 7.323 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 13.000 \times 38.700^2 + 7.323 = 19477 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 19477 = 38954 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 286000 - 38954 = 247046 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{247046}{40.00} = 6176 \text{ cm}^3$$

## (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  $f_p t_1 = 1.90$  cm  
 内側板幅  $f_p b_2 = 12.00$  cm  
 板厚  $f_p t_2 = 1.90$  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)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.90 \times 2 = 9.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 30.00 \times 1.90 - 9.50 = 47.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.90 \times 2 = 9.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.90 - 9.50 = 36.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (47.50 + 36.10) = 167.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

## 2) ウェブ添接板

板幅  $w_p b = 60.5$  cm  
 板厚  $w_p t = 1.20$  cm  
 ボルト本数  $m_2 = 8$  本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 8 = 24.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 60.50 \times 1.20 - 24.00 = 48.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 48.60 = 97.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

## 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 167.20 + 97.20 = 264.40 \text{ cm}^2 > 209.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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  $m2 = 8$  本 (軸横断)

外側板幅  $f_p b1 = 30.00$  cm  
 板厚  $f_p t1 = 1.90$  cm  
 面積  $pA f1 = 47.50$  cm<sup>2</sup>  
 内側板幅  $f_p b2 = 12.00$  cm  
 板厚  $f_p t2 = 1.90$  cm  
 面積  $pA f2 = 36.10$  cm<sup>2</sup>

(外側添接板)

$$f_p b1' = f_p b1 - dh \cdot n2 = 30.00 - (2.50 \times 2) = 25.00 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{f_p b1' \cdot f_p t1^3}{12} = \frac{25.00 \times 1.90^3}{12} = 14.290 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t1)^2 + pI f1 = 47.500 \times 40.950^2 + 14.290 = 79667 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$f_p b2' = 2 \cdot f_p b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 12.00 - (2.50 \times 2) = 19.00 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{f_p b2' \cdot f_p t2^3}{12} = \frac{19.00 \times 1.90^3}{12} = 10.860 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t_f - 1/2 \cdot f_p t2)^2 + pI f2 = 36.100 \times 36.450^2 + 10.860 = 47973 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (79667 + 47973) = 255280 \text{ cm}^4$$

## 2) ウェブ添接板

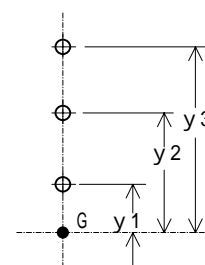
板幅  $w_p b = 60.50$  cm  
 板厚  $w_p t = 1.20$  cm  
 ボルト間隔  $w p2 = 7.5$  cm

$$pI w1 = \frac{w_p t \cdot w_p b^3}{12} = \frac{1.200 \times 60.50^3}{12} = 22145 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 1181.25 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.50 \times 1.20 \times 2 \times 1181.25 + 8 \times \frac{1.20 \times 2.50^3}{12} = 7100 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (22145 - 7100) = 30090 \text{ cm}^4$$

## 3) 断面二次モーメント

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

$$= 255280 + 30090 = 285370 \text{ cm}^4 > 247046 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

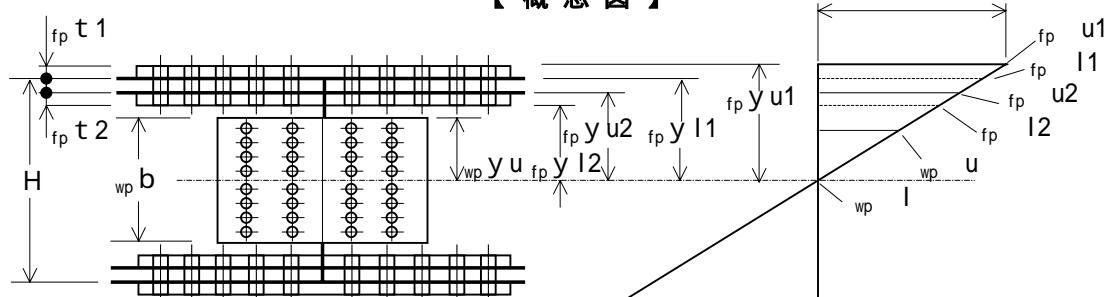
## (4) 曲げモーメントの計算

## 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  $Hba = 280 \text{ N/mm}^2$ 断面係数  $Z' = 6176 \text{ cm}^3$ 

$$\begin{aligned}
 M_r &= Hba \cdot Z' \\
 &= 280 \times 6176 \times 10^3 = 1729280000 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

【概念図】



## 2) フランジ添接板およびボルトの検討

 $pI = 285370 \text{ cm}^4$  $pIf = 255280 \text{ cm}^4$ 

$$\begin{aligned}
 pMf &= M_r \cdot \frac{pIf}{pI} \\
 &= 1729280000 \times \frac{255280}{285370} = 1546941158 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

(外側フランジ)

$$pMf1 = pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf} \quad pIf1 = 79667 \text{ cm}^4$$

$$= 1546941158 \times \frac{159334}{255280} = 965529311 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$fp y u1 = 1/2 \cdot H + fp t1 = 1/2 \times 80.0 + 1.90 = 41.90 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 fp u1 &= \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot fp y u1 \quad pba \\
 &= \frac{965529311}{2 \times 79667} \times \frac{41.90}{1000} = 254 \text{ N/mm}^2 < 280 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

$$fp y l1 = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 80.0 = 40.00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 fp l1 &= \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot fp y l1 \quad pba \\
 &= \frac{965529311}{159334} \times \frac{40.00}{1000} = 242 \text{ N/mm}^2 < 280 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 47973 \text{ cm}^4$$

$$= 1546941158 \times \frac{95946}{255280} = 581411847 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{p y u_2} = 1/2 \cdot H - t_f = 1/2 \times 80.0 - 2.60 = 37.40 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{581411847}{95946} \times \frac{37.40}{1000} = 227 \text{ N/mm}^2 < 280 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 80.0 - 2.60 - 1.90 = 35.50 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{581411847}{95946} \times \frac{35.50}{1000} = 215 \text{ N/mm}^2 < 280 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{254 + 242}{2} \times 47.50 \times 10^2 = 1178000 \text{ N}$$

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

$$= \frac{227 + 215}{2} \times 36.10 \times 10^2 = 797810 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 1178000 + 797810 = 1975810 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

$$S_1 = 2 \cdot {}_B A \cdot {}_B a \quad (\text{二面せん断})$$

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

$$S_2 = d \cdot t_f \cdot {}_H a \quad (\text{鋼板の支圧})$$

$$= 22 \times 26 \times 473 = 270556$$

$$\left. \begin{array}{l} 216657 \\ 270556 \end{array} \right\} = \underline{216657} \text{ N} \quad (\text{最小})_{f_b} S a$$

$$Q_f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{1975810}{5 \times 2}$$

$$= 197581 \text{ N} < 216657 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

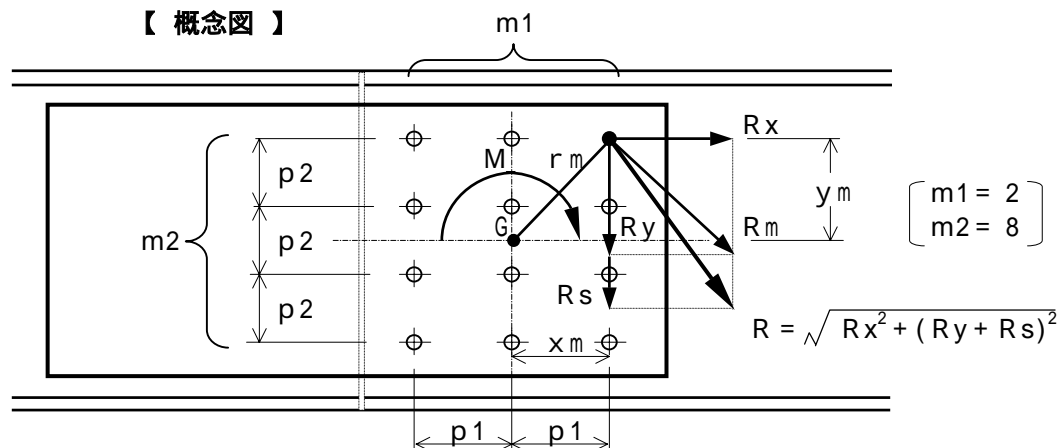
## 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned}
 {}_p M_W &= M_r \cdot \frac{{}_p I_W}{{}_p I} \\
 &= 1729280000 \times \frac{30090}{285370} = 182338842 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 {}_w p y_u &= 1/2 \cdot {}_w p b = 1/2 \times 60.50 = 30.25 \text{ cm} \\
 {}_w p u &= \frac{{}_p M_W}{{}_p I_W} \cdot {}_w p y_u \\
 &= \frac{182338842}{30090} \times \frac{30.25}{1000} = 183 \text{ N/mm}^2 < 280 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$\begin{aligned}
 M 22 \quad {}_B A &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 3.801 \text{ cm}^2 = 380.1 \text{ mm}^2 \\
 S 1 &= 2 \cdot {}_B A \cdot a \quad (\text{二面せん断}) \\
 &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\
 S 2 &= d \cdot t_w \cdot a \quad (\text{鋼板の支圧}) \\
 &= 22 \times 14 \times 473 = 145684
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} S 1 \\ S 2 \end{aligned}} \right\} = \frac{145684}{\text{最小}} \text{ N} \quad \text{S a}$$

【 概念図 】



$$\begin{aligned}
 I_p &= 1/12 \cdot m_1 \cdot m_2 \{ {}_w p_1^2 (m_1^2 - 1) + {}_w p_2^2 (m_2^2 - 1) \} \\
 &= 1/12 \times 2 \times 8 \times \left\{ 7.50^2 \times (2^2 - 1) + 7.50^2 \times (8^2 - 1) \right\} \\
 &= 4950 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$\begin{aligned}
 x_m &= 3.75 \text{ cm} \\
 y_m &= 26.25 \text{ cm} \\
 r_m &= \sqrt{3.75^2 + 26.25^2} = 26.52 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_x &= \frac{{}_p M_W}{I_p} \times y_m = \frac{182338842}{4950} \times \frac{26.25}{10} = 96695 \text{ N} \\
 R_y &= \frac{{}_p M_W}{I_p} \times x_m = \frac{182338842}{4950} \times \frac{3.75}{10} = 13814 \text{ N} \\
 R_m &= \frac{{}_p M_W}{I_p} \times r_m = \frac{182338842}{4950} \times \frac{26.52}{10} \\
 &= 97689 \text{ N} < 145684 \text{ N} \quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$



## (5) せん断力の計算

## 1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 160 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 76.72 \text{ cm}^2 \\ &= 7672 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 160 \times 7672 = 1227520 \text{ N} \end{aligned}$$

## 2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 97.20 \text{ cm}^2 \\ &= 9720 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{1227520}{9720} = 126 \text{ N/mm}^2 < 160 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

## 3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 473 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 1.4 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\ S_2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 14 \times 473 = 145684 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S_1 \\ S_2 \end{aligned}} \right\} = \underline{145684} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m_1 \cdot m_2} = \frac{1227520}{2 \times 8} \\ &= 76720 \text{ N} < 145684 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

## (6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

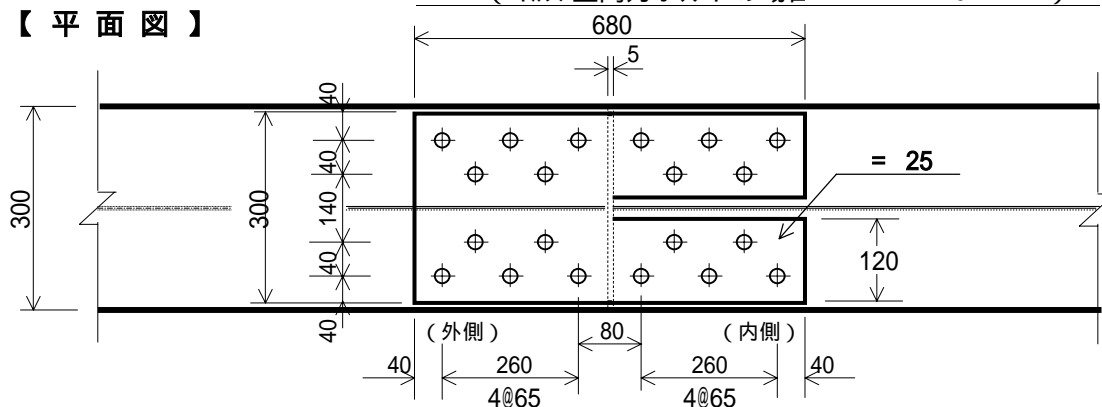
$$\begin{aligned} \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 96695 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 13814 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 76720 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{96695^2 + (13814 + 76720)^2} \\ &= 132463 \text{ N} < 145684 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

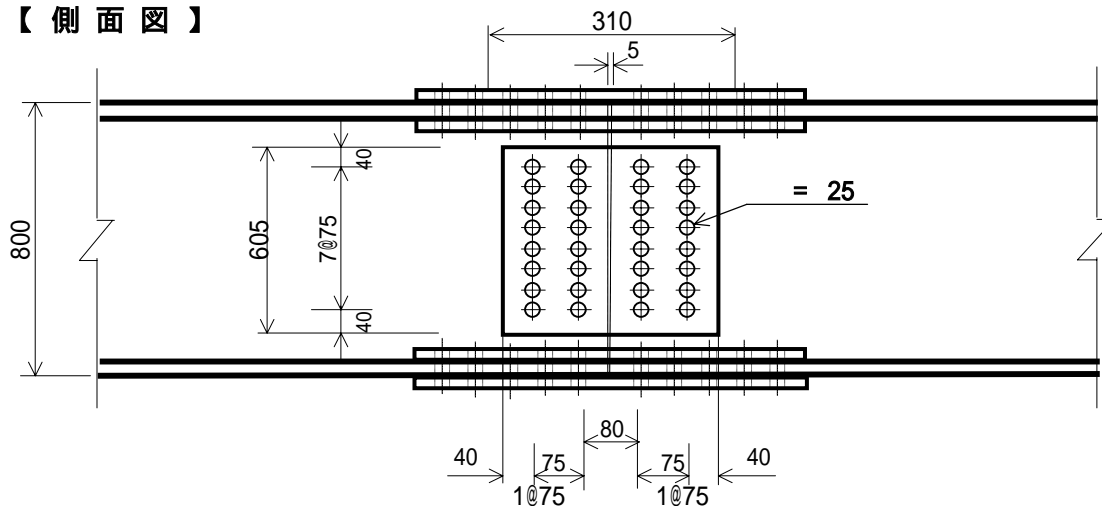
## 3. 計算結果

母材	H 8 0 0 × 3 0 0 × 1 4 × 2 6 (SM490)		
フランジ部	添接板仕様	2 枚 : PL 19 × 300 × 680 (SM490)	
		4 枚 : PL 19 × 120 × 680 (SM490)	
ウェブ部	添接板仕様	2 枚 : PL 12 × 605 × 310 (SM490)	
		ボルト仕様	F10T : M22 - 40本 L = 105 mm ( トリソ型高力ボルトの場合 L = 100 mm )
	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 )	

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

