

# ボルト継手計算書

H 3 4 6 × 1 7 4 × 6 × 9

土木仕様

( S I 単位 )

ヒロセ株式会社

# ボルト継手 (H 3 4 6 × 1 7 4) 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-D (ボルトJIS) F10T-D

「道路土工 仮設構造物指針 (日本道路協会)」に準拠する。

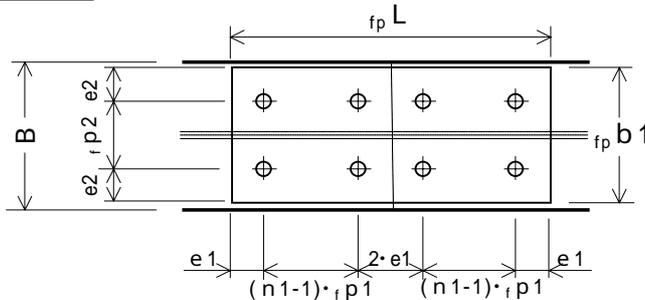
仮設鋼材の許容応力度の割増	係数 =	1.50	
H形鋼の許容曲げ・引張応力度	$H \quad ba =_H \quad ta =$	210	N/mm <sup>2</sup> (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度	$H \quad a =$	120	N/mm <sup>2</sup>
H形鋼の許容支圧応力度	$H \quad a =$	355	N/mm <sup>2</sup> (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度	$P \quad ba =_P \quad ta =$	210	N/mm <sup>2</sup> (SS400)
添接板の許容せん断応力度	$P \quad a =$	120	N/mm <sup>2</sup>
添接板の許容支圧応力度	$P \quad a =$	355	N/mm <sup>2</sup> (SS400)
ボルトの許容せん断応力度	$B \quad a =$	285	N/mm <sup>2</sup> (F10T)

- (2) 設計母材 JIS: H346-2  
**H形鋼: H 3 4 6 × 1 7 4 × 6 × 9**

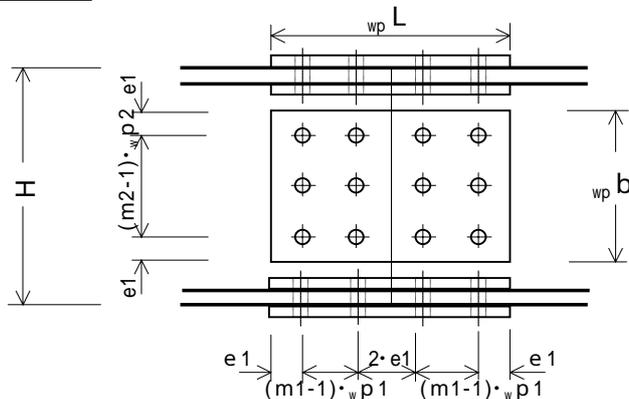
- (3) 添接板
- |              |   |   |     |   |     |
|--------------|---|---|-----|---|-----|
| フランジ: 2・PL - | 9 | × | 175 | × | 310 |
| 4・PL -       | 9 | × | 70  | × | 310 |
| ウェブ: 2・PL -  | 6 | × | 230 | × | 310 |

- (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          | $n1 =$         | 2          | 本 (軸方向) |    |
| ウェブのボルト本数           | $m1 =$         | 2          | 本 (軸方向) |    |
| 縁端距離 (応力方向)         | $e1 =$         | 4.0        | cm      |    |
| 縁端距離 (その他)          | $e2 =$         | 3.5        | cm      |    |
|                     | $n2 =$         | 2          | 本 (軸横断) |    |
|                     | $m2 =$         | 3          | 本 (軸横断) |    |
|                     | フランジボルトの軸方向間隔  | $f_p p1 =$ | 7.5     | cm |
|                     | フランジボルトの横断方向間隔 | $f_p p2 =$ | 10.5    | 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  | $w_p p2 =$ | 7.5     | cm |

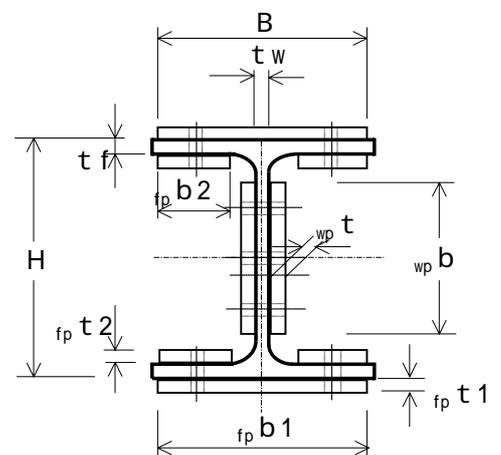
**平面図**



**側面図**



**断面図**

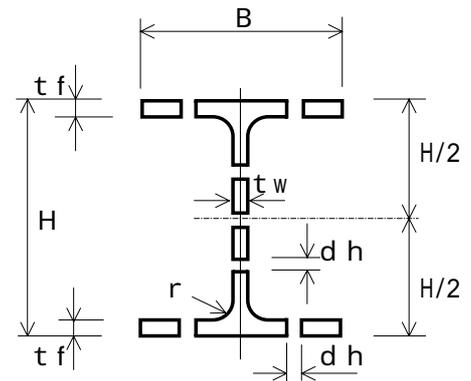


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 3 4 6 × 1 7 4 × 6 × 9

H 形 鋼 の 高 さ	H =	34.6	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	17.4	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	0.6	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	0.9	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.3	cm
断 面 積	A =	52.45	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	638	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	11000	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)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 0.60 \times 3 = 4.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 0.60 \times (34.6 - 2 \times 0.90) - 4.50 \\ &= 15.18 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 0.90 \times 2 = 4.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 52.45 - 0.60 \times (34.6 - 2 \times 0.90) \\ &\quad - 2 \times 4.50 \\ &= 23.77 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 23.77 + 15.18 = 38.95 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 0.90^3 \times 2}{12} \\ &= 0.304 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 4.50 \times 16.85^2 + 0.304 = 1278 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 1278 = 2556 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 11000 - 2556 = 8444 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{8444}{17.30} = 488 \text{ cm}^3$$

## (2) 添接板の断面積の計算

### 1) フランジ添接板

外側板幅	$f_p b_1 =$	17.5	cm
板厚	$f_p t_1 =$	0.90	cm
内側板幅	$f_p b_2 =$	7.00	cm
板厚	$f_p t_2 =$	0.90	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)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 0.90 \times 2 = 4.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 17.50 \times 0.90 - 4.50 = 11.25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 0.90 \times 2 = 4.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 7.00 \times 0.90 - 4.50 = 8.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (11.25 + 8.10) = 38.70 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 2) ウェブ添接板

板幅	$w_p b =$	23.0	cm
板厚	$w_p t =$	0.60	cm
ボルト本数	$m_2 =$	3	本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 0.60 \times 3 = 4.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 23.00 \times 0.60 - 4.50 = 9.30 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 9.30 = 18.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 38.70 + 18.60 = 57.30 \text{ cm}^2 > 38.95 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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  $fp b1 = 17.50$  cm  
 板厚  $fp t1 = 0.90$  cm  
 面積  $pA f1 = 11.25$  cm<sup>2</sup>  
 内側板幅  $fp b2 = 7.00$  cm  
 板厚  $fp t2 = 0.90$  cm  
 面積  $pA f2 = 8.10$  cm<sup>2</sup>

(外側添接板)

$$fp b1' = fp b1 - dh \cdot n2 = 17.50 - (2.50 \times 2) = 12.50 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{fp b1' \cdot fp t1^3}{12} = \frac{12.50 \times 0.90^3}{12} = 0.759 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot fp t1)^2 + pI f1 = 11.250 \times 17.750^2 + 0.759 = 3545 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$fp b2' = 2 \cdot fp b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 7.00 - (2.50 \times 2) = 9.00 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{fp b2' \cdot fp t2^3}{12} = \frac{9.00 \times 0.90^3}{12} = 0.547 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot fp t2)^2 + pI f2 = 8.100 \times 15.950^2 + 0.547 = 2061 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (3545 + 2061) = 11212 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

板幅  $wp b = 23.00$  cm  
 板厚  $wp t = 0.60$  cm  
 ボルト間隔  $wp p2 = 7.5$  cm

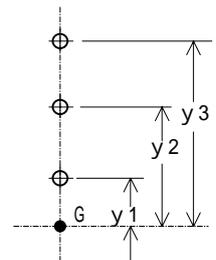
$$pI W1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{0.600 \times 23.00^3}{12} = 608 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 56.25 \text{ cm}^2$$

$$pI W1 = dh \cdot wp t \cdot 2 y + m2 \cdot \frac{wp t \cdot (dh)^3}{12}$$

$$= 2.50 \times 0.60 \times 2 \times 56 + 3 \times \frac{0.60 \times 2.50^3}{12}$$

$$= 171 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI W = 2 \cdot (pI W1 - pI W1) = 2 \times (608 - 171) = 874 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

$$pI = pI f + pI W = 11212 + 874 = 12086 \text{ cm}^4 > 8444 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(4) 曲げモーメントの計算

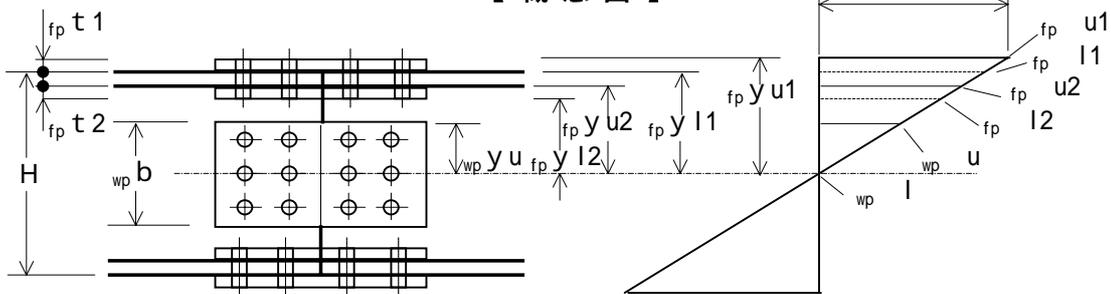
1) H形鋼1本当たりの抵抗曲げモーメント

許容曲げ応力度  $Hba = 210 \text{ N/mm}^2$

断面係数  $Z' = 488 \text{ cm}^3$

$$\begin{aligned}
 M_r &= Hba \cdot Z' \\
 &= 210 \times 488 \times 10^3 = 102480000 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 12086 \text{ cm}^4$

$pIf = 11212 \text{ cm}^4$

$$\begin{aligned}
 pMf &= M_r \cdot \frac{pIf}{pI} \\
 &= 102480000 \times \frac{11212}{12086} = 95069151 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

(外側フランジ)

$$\begin{aligned}
 pMf1 &= pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf} & pIf1 &= 3545 \text{ cm}^4 \\
 &= 95069151 \times \frac{7090}{11212} = 60117756 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$f_{pyu1} = 1/2 \cdot H + f_{pt1} = 1/2 \times 34.6 + 0.90 = 18.20 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f_{pu1} &= \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot f_{pyu1} \cdot pba \\
 &= \frac{60117756}{2 \times 3545} \times \frac{18.20}{1000} = 154 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

-OK-

$$f_{pyl1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 34.6 = 17.30 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f_{pl1} &= \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot f_{pyl1} \cdot pba \\
 &= \frac{60117756}{7090} \times \frac{17.30}{1000} = 147 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 2061 \text{ cm}^4$$

$$= 95069151 \times \frac{4122}{11212} = 34951395 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{fp} y u_2 = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 34.6 - 0.90 = 16.40 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{34951395}{4122} \times \frac{16.40}{1000} = 139 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 34.6 - 0.90 - 0.90 = 15.50 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{34951395}{4122} \times \frac{15.50}{1000} = 131 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{154 + 147}{2} \times 11.25 \times 10^2 = 169313 \text{ N}$$

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

$$= \frac{139 + 131}{2} \times 8.10 \times 10^2 = 109350 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 169313 + 109350 = 278663 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 22 \times 9 \times 355 = 70290$$

} = 70290 N  
(最小)  ${}_{fb} S a$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{278663}{2 \times 2}$$

$$= 69666 \text{ N} < 70290 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned} {}_p I &= 12086 \text{ cm}^4 \\ {}_p I_w &= 874 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$= 102480000 \times \frac{874}{12086} = 7410849 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_w y_u = 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 23.00 = 11.50 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{7410849}{874} \times \frac{11.50}{1000} = 98 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 22

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

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

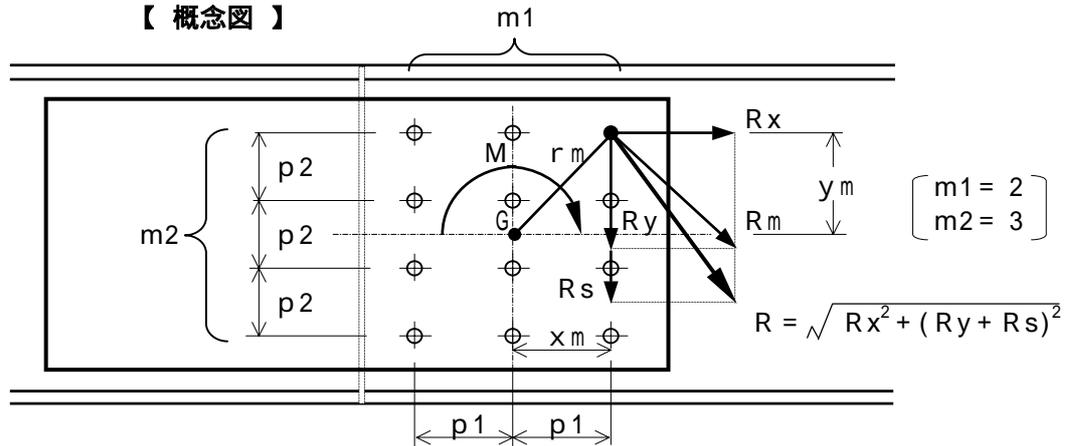
$$= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657$$

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

$$= 22 \times 6 \times 355 = 46860$$

$$\left. \begin{aligned} &= 216657 \\ &= 46860 \end{aligned} \right\} = \frac{46860}{\text{最小}} \text{ N} = \text{最小 } S_a$$

【 概念図 】



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

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

$$= 309 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$x_m = 3.75 \text{ cm}$$

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

$$r_m = \sqrt{3.75^2 + 7.50^2} = 8.39 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{7410849}{309} \times \frac{7.50}{10} = 17987 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{7410849}{309} \times \frac{3.75}{10} = 8994 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{7410849}{309} \times \frac{8.39}{10}$$

$$= 20122 \text{ N} < 46860 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### (5) せん断力の計算

#### 1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 15.18 \text{ cm}^2 \\ &= 1518 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 1518 = 182160 \text{ N} \end{aligned}$$

#### 2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 18.60 \text{ cm}^2 \\ &= 1860 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{182160}{1860} = 98 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

#### 3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 0.6 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\ S_2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 6 \times 355 = 46860 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S_1 \\ S_2 \end{aligned}} \right\} = \underline{46860} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m_1 \cdot m_2} = \frac{182160}{2 \times 3} \\ &= 30360 \text{ N} < 46860 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

#### (6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

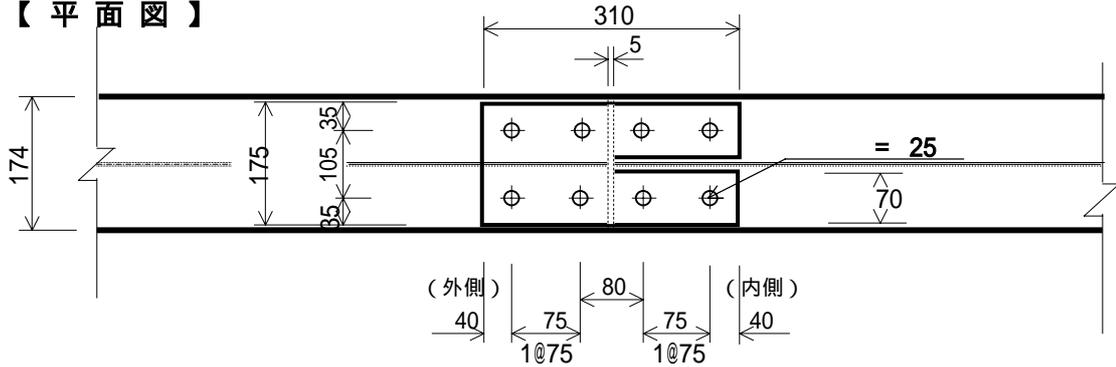
$$\begin{aligned} \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 17987 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 8994 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 30360 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{17987^2 + (8994 + 30360)^2} \\ &= 43270 \text{ N} < 46860 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

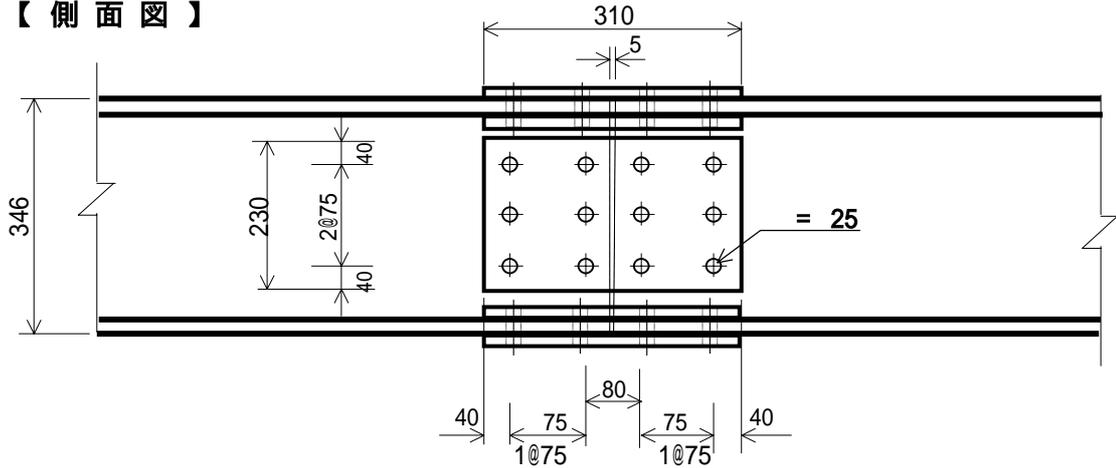
### 3. 計算結果

母材	H 3 4 6 × 1 7 4 × 6 × 9		
フランジ部	添接板仕様	2枚： PL 9 × 175 × 310	
		4枚： PL 9 × 70 × 310	
ウェブ部	添接板仕様	2枚： PL 6 × 230 × 310	
		ボルト仕様	F10T : M22 - 16本 L = 70 mm ( トリソ型高力ボルトの場合 L = 65 mm )
	ボルト仕様	F10T : M22 - 12本 L = 60 mm ( トリソ型高力ボルトの場合 L = 55 mm )	

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

