

# ボルト継手計算書

H 4 9 6 × 1 9 9 × 9 × 1 4

土木仕様

( S I 単位 )

ヒロセ株式会社

# ボルト継手 (H496×199) 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)

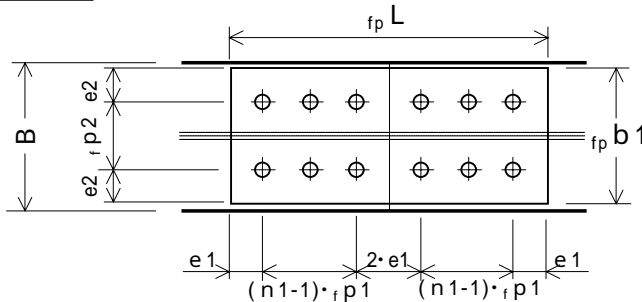
- (2) 設計母材 JIS: H496-2

H形鋼: H496×199×9×14

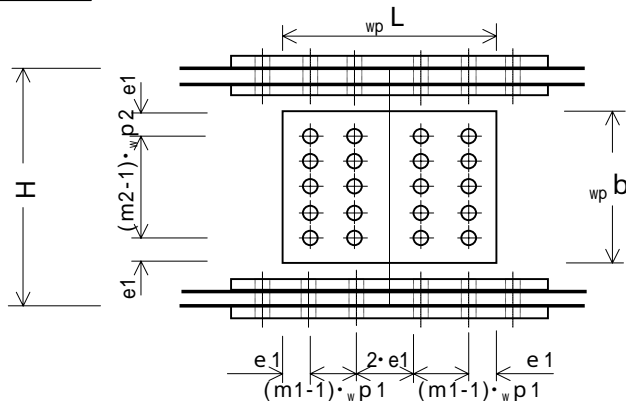
- (3) 添接板
- |              |    |   |     |   |     |
|--------------|----|---|-----|---|-----|
| フランジ: 2・PL - | 12 | × | 200 | × | 460 |
| 4・PL -       | 12 | × | 80  | × | 460 |
| ウェブ: 2・PL -  | 9  | × | 380 | × | 310 |

- (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               | $n1 =$   | 3    | 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                | $m2 =$   | 5    | 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            | $f p1 =$ | 7.5  | cm      |
| フランジボルトの横断方向間隔           | $f p2 =$ | 12.0 | 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      |

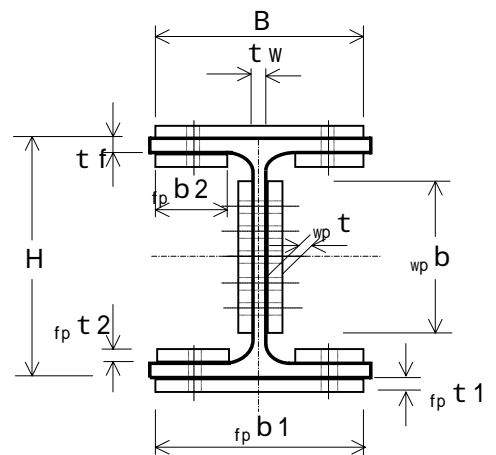
平面図



側面図



断面図

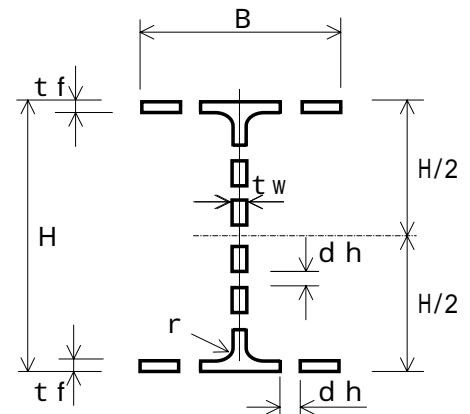


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 496 × 199 × 9 × 14

H 形 鋼 の 高 さ	H =	49.6	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	19.9	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	0.9	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	1.4	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.3	cm
断 面 積	A =	99.29	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	1650	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	40800	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> =	5	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 0.90 \times 5 = 11.25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 0.90 \times (49.6 - 2 \times 1.40) - 11.25 \\ &= 30.87 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.40 \times 2 = 7.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 99.29 - 0.90 \times (49.6 - 2 \times 1.40) \\ &\quad - 2 \times 7.00 \\ &= 43.17 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 43.17 + 30.87 = 74.04 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 1.40^3 \times 2}{12} \\ &= 1.143 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 7.00 \times 24.100^2 + 1.143 = 4067 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 4067 = 8134 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 40800 - 8134 = 32666 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{32666}{24.80} = 1317 \text{ cm}^3$$

## (2) 添接板の断面積の計算

### 1) フランジ添接板

外側板幅  $f_p b_1 = 20.0$  cm  
板厚  $f_p t_1 = 1.20$  cm  
内側板幅  $f_p b_2 = 8.00$  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)

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

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 20.00 \times 1.20 - 6.00 = 18.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

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

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 8.00 \times 1.20 - 6.00 = 13.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (18.00 + 13.20) = 62.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 2) ウェブ添接板

板幅  $w_p b = 38.0$  cm  
板厚  $w_p t = 0.90$  cm  
ボルト本数  $m_2 = 5$  本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 0.90 \times 5 = 11.25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 38.00 \times 0.90 - 11.25 = 22.95 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 22.95 = 45.90 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 62.40 + 45.90 = 108.30 \text{ cm}^2 > 74.04 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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  $m2 = 5$  本 (軸横断)

外側板幅  $f_p b1 = 20.00$  cm  
 板厚  $f_p t1 = 1.20$  cm  
 面積  $pA f1 = 18.00$  cm<sup>2</sup>  
 内側板幅  $f_p b2 = 8.00$  cm  
 板厚  $f_p t2 = 1.20$  cm  
 面積  $pA f2 = 13.20$  cm<sup>2</sup>

(外側添接板)

$$f_p b1' = f_p b1 - dh \cdot n2 = 20.00 - (2.50 \times 2) = 15.00 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{f_p b1' \cdot f_p t1^3}{12} = \frac{15.00 \times 1.20^3}{12} = 2.160 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t1)^2 + pI f1 = 18.000 \times 25.400^2 + 2.160 = 11615 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$f_p b2' = 2 \cdot f_p b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 8.00 - (2.50 \times 2) = 11.00 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{f_p b2' \cdot f_p t2^3}{12} = \frac{11.00 \times 1.20^3}{12} = 1.584 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot f_p t2)^2 + pI f2 = 13.200 \times 22.800^2 + 1.584 = 6863 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (11615 + 6863) = 36956 \text{ cm}^4$$

#### 2) ウェブ添接板

板幅  $w_p b = 38.00$  cm  
 板厚  $w_p t = 0.90$  cm  
 ボルト間隔  $w p2 = 7.5$  cm

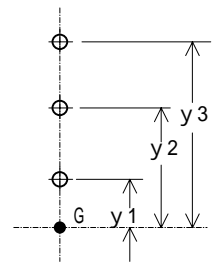
$$pI w1 = \frac{w_p t \cdot w_p b^3}{12} = \frac{0.900 \times 38.00^3}{12} = 4115 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 281.25 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.50 \times 0.90 \times 2 \times 281 + 5 \times \frac{0.90 \times 2.50^3}{12}$$

$$= 1271 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (4115 - 1271) = 5688 \text{ cm}^4$$

#### 3) 断面二次モーメント

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

$$= 36956 + 5688 = 42644 \text{ cm}^4 > 32666 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(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

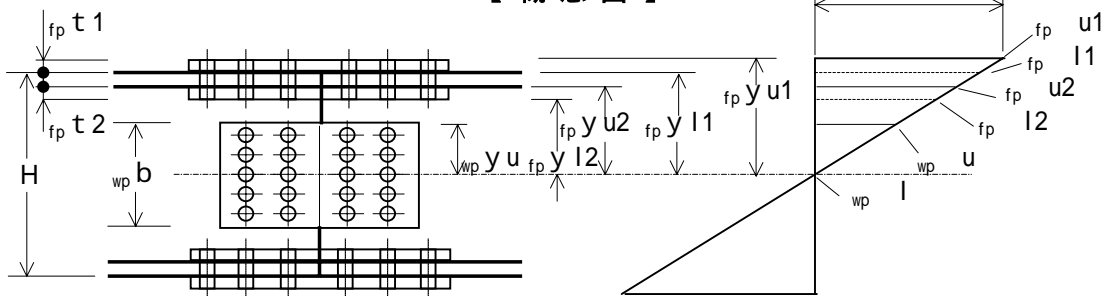
許容曲げ応力度  $Hba = 210 \text{ N/mm}^2$

断面係数  $Z' = 1317 \text{ cm}^3$

$$Mr = Hba \cdot Z'$$

$$= 210 \times 1317 \times 10^3 = 276570000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 42644 \text{ cm}^4$

$pIf = 36956 \text{ cm}^4$

$$pMf = Mr \cdot \frac{pIf}{pI}$$

$$= 276570000 \times \frac{36956}{42644} = 239680164 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$$pMf1 = pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf}$$

$$= 239680164 \times \frac{23230}{36956} = 150659439 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$pIf1 = 11615 \text{ cm}^4$

$$fp y u1 = 1/2 \cdot H + fp t1 = 1/2 \times 49.6 + 1.20 = 26.00 \text{ cm}$$

$$fp u1 = \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot fp y u1$$

$$= \frac{150659439}{2 \times 11615} \times \frac{26.00}{1000} = 169 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$fp y l1 = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 49.6 = 24.80 \text{ cm}$$

$$fp l1 = \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot fp y l1$$

$$= \frac{150659439}{23230} \times \frac{24.80}{1000} = 161 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 6863 \text{ cm}^4$$

$$= 239680164 \times \frac{13726}{36956} = 89020725 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{p y u_2} = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 49.6 - 1.40 = 23.40 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{89020725}{13726} \times \frac{23.40}{1000} = 152 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 49.6 - 1.40 - 1.20 = 22.20 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{89020725}{13726} \times \frac{22.20}{1000} = 144 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{169 + 161}{2} \times 18.00 \times 10^2 = 297000 \text{ N}$$

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

$$= \frac{152 + 144}{2} \times 13.20 \times 10^2 = 195360 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 297000 + 195360 = 492360 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 22 \times 14 \times 355 = 109340$$

$$\left. \begin{array}{l} 216657 \\ 109340 \end{array} \right\} = \underline{109340} \text{ N}$$

(最小)  ${}_{fb} S a$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{492360}{3 \times 2}$$

$$= 82060 \text{ N} < 109340 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned} {}_p I &= 42644 \text{ cm}^4 \\ {}_p I_w &= 5688 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$= 276570000 \times \frac{5688}{42644} = 36889836 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_w y_u = 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 38.00 = 19.00 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{36889836}{5688} \times \frac{19.00}{1000} = 123 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 22

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

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

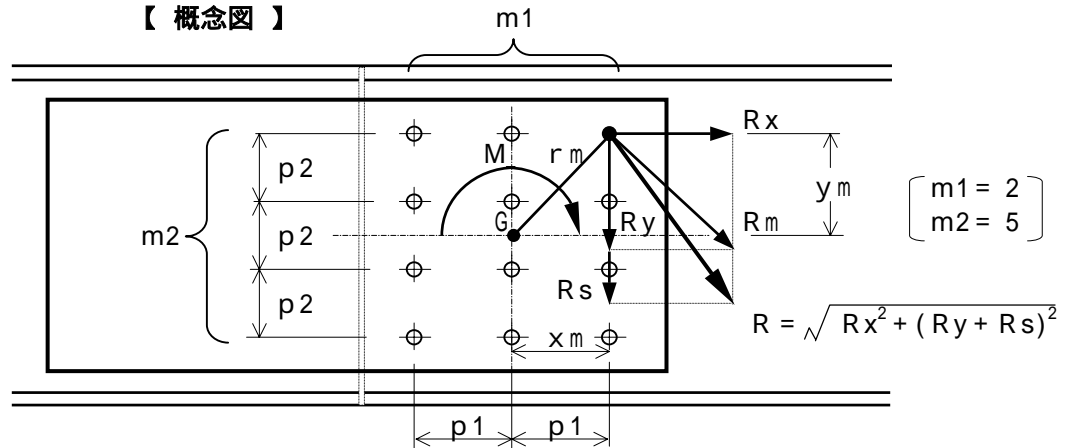
$$= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657$$

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

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

$$\left. \begin{aligned} &= 216657 \\ &= 70290 \end{aligned} \right\} = \frac{70290}{\text{最小}} \text{ N} = (最小) {}_w b S_a$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 5 \times \left\{ 7.50^2 \times (2^2 - 1) + 7.50^2 \times (5^2 - 1) \right\}$$

$$= 1266 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

$$y_m = 15.00 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.75^2 + 15.00^2} = 15.46 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{36889836}{1266} \times \frac{15.00}{10} = 43708 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{36889836}{1266} \times \frac{3.75}{10} = 10927 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{36889836}{1266} \times \frac{15.46}{10} = 45049 \text{ N}$$

$$= 45049 \text{ N} < 70290 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$



(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 30.87 \text{ cm}^2 \\ &= 3087 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 3087 = 370440 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 45.90 \text{ cm}^2 \\ &= 4590 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{370440}{4590} = 81 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 0.9 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\ S_2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 9 \times 355 = 70290 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S_1 \\ S_2 \end{aligned}} \right\} = \underline{70290} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m_1 \cdot m_2} = \frac{370440}{2 \times 5} \\ &= 37044 \text{ N} < 70290 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

$$\begin{aligned} \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 43708 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 10927 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 37044 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{43708^2 + (10927 + 37044)^2} \\ &= 64897 \text{ N} < 70290 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

### 3 . 計算結果

母 材 H 4 9 6 × 1 9 9 × 9 × 1 4

**フランジ部**

添接板仕様 2 枚 : PL 12 × 200 × 460

4 枚 : PL 12 × 80 × 460

ボルト仕様 F10T : M22 - 24本 L = 80 mm

( トリブ型高力ボルトの場合 L = 75 mm )

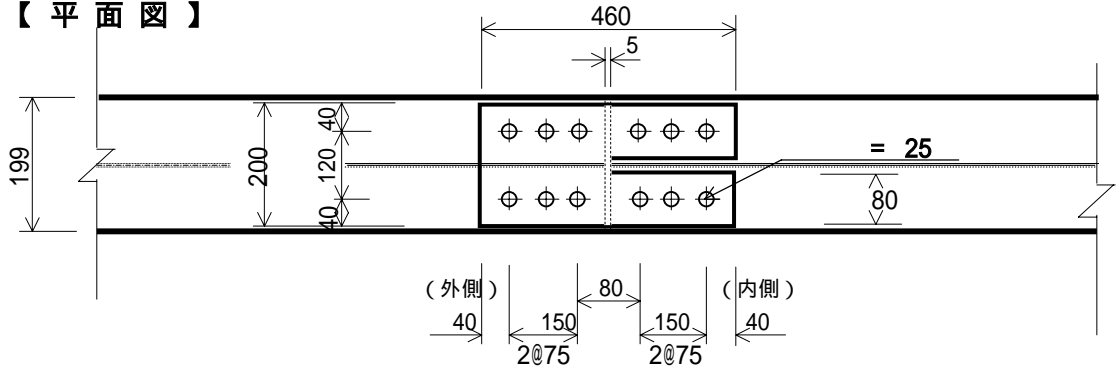
**ウェブ部**

添接板仕様 2 枚 : PL 9 × 380 × 310

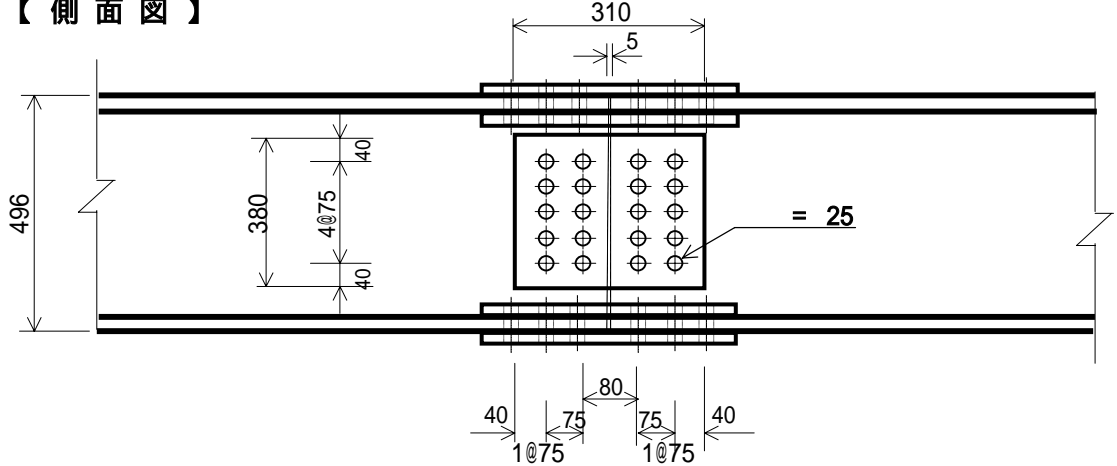
ボルト仕様 F10T : M22 - 20本 L = 70 mm

( トリブ型高力ボルトの場合 L = 65 mm )

**【 平 面 図 】**



**【 側 面 図 】**



**【 断 面 図 】**

