

# ボルト継手計算書

H 4 9 8 × 4 3 2 × 4 5 × 7 0

土木仕様

( S I 単位 )

ヒロセ株式会社

# ボルト継手 ( H 4 9 8 × 4 3 2 ) 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: H498  
**H形鋼: H 4 9 8 × 4 3 2 × 4 5 × 7 0**

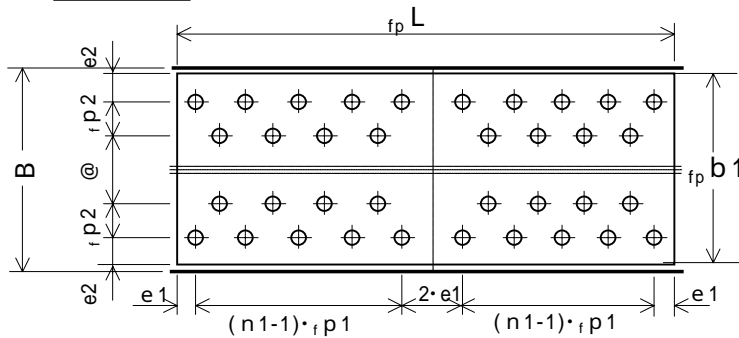
(3) 添接板

フランジ:	2 · PL - 50	×	430	×	1380
	4 · PL - 50	×	160	×	1380
ウェブ:	2 · PL - 50	×	200	×	690

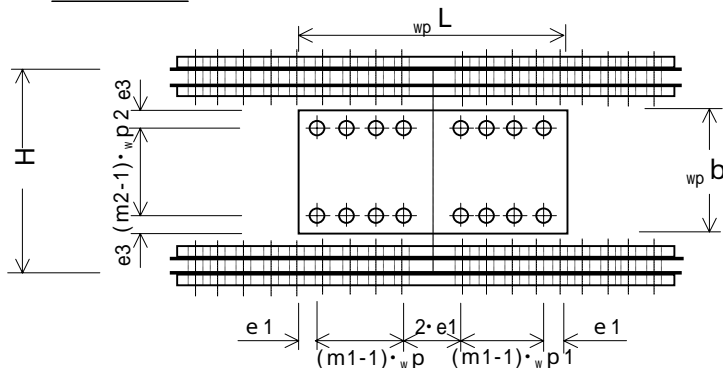
(4) ボルト

ボルト直径 ( M24 )	$d =$	2.40	cm
ボルト孔径 ( $d + 3\text{mm}$ )	$dh =$	2.70	cm
フランジのボルト本数	$n1 =$	9	本 (軸方向)
ウェブのボルト本数	$m1 =$	4	本 (軸方向)
縁端距離 (応力方向)	$e1 =$	4.50	cm
縁端距離 (その他)	$e2 =$	6.00	cm
縁端距離 (応力方向)	$e3 =$	5.50	cm
		$n2 =$	2 本 (軸横断)
		$m2 =$	2 本 (軸横断)
		フランジボルトの軸方向間隔	
		$f p 1 =$	7.5 cm
		フランジボルトの横断方向間隔	
		$f p 2 =$	4.0 cm
		ウェブボルトの軸方向間隔	
		$w p 1 =$	8.5 cm
		ウェブボルトの横断方向間隔	
		$w p 2 =$	9.0 cm

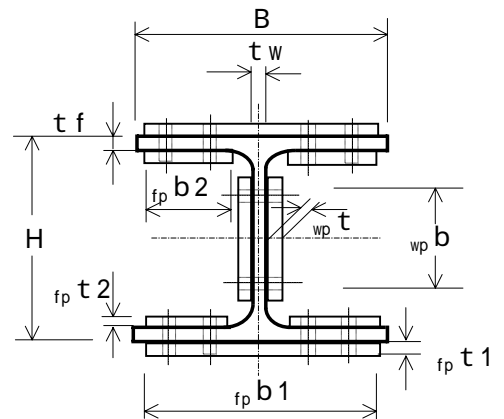
平面図



側面図



断面図

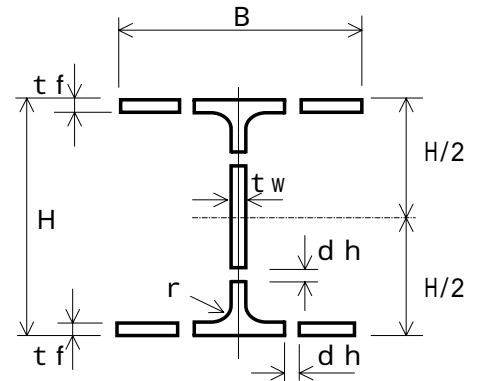


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 498 × 432 × 45 × 70

H 形 鋼 の 高 さ	H =	49.8	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	43.2	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	4.5	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	7.0	cm
フ イ レ ッ ト	r =	2.2	cm
断 面 積	A =	770.10	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	12000	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	298000	cm <sup>4</sup>



#### 2) ボルト孔を控除した断面性能

ボルト孔径	d <sub>h</sub> =	2.70	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)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.70 \times 4.50 \times 2 = 24.30 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 4.50 \times (49.8 - 2 \times 7.00) - 24.30 \\ &= 136.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.70 \times 7.00 \times 2 = 37.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 770.10 - 4.50 \times (49.8 - 2 \times 7.00) \\ &\quad - 2 \times 37.80 \\ &= 533.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 533.40 + 136.80 = 670.20 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.70 \times 7.00^3 \times 2}{12} \\ &= 154.350 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 37.800 \times 21.400^2 + 154.350 = 17465 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 17465 = 34930 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 298000 - 34930 = 263070 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{263070}{24.90} = 10565 \text{ cm}^3$$

## (2) 添接板の断面積の計算

### 1) フランジ添接板

外側板幅	$f_p b_1 =$	43.0	cm
板厚	$f_p t_1 =$	5.00	cm
内側板幅	$f_p b_2 =$	16.00	cm
板厚	$f_p t_2 =$	5.00	cm
ボルト孔径	$d_h =$	2.70	cm
ボルト本数	$n_2 =$	2	本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.70 \times 5.00 \times 2 = 27.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 43.00 \times 5.00 - 27.00 = 188.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.70 \times 5.00 \times 2 = 27.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 16.00 \times 5.00 - 27.00 = 133.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (188.00 + 133.00) = 642.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 2) ウェブ添接板

板幅	$w_p b =$	20.0	cm
板厚	$w_p t =$	5.00	cm
ボルト本数	$m_2 =$	2	本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.70 \times 5.00 \times 2 = 27.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 20.00 \times 5.00 - 27.00 = 73.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 73.00 = 146.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 642.00 + 146.00 = 788.00 \text{ cm}^2 > 670.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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  $dh = 2.70$  cm  
 フランジ  $n2 = 2$  本 (軸横断)  
 ウェブ  $m2 = 2$  本 (軸横断)

外側板幅  $fp b1 = 43.00$  cm  
 板厚  $fp t1 = 5.00$  cm  
 面積  $pA f1 = 188.00$  cm<sup>2</sup>  
 内側板幅  $fp b2 = 16.00$  cm  
 板厚  $fp t2 = 5.00$  cm  
 面積  $pA f2 = 133.00$  cm<sup>2</sup>

(外側添接板)

$$fp b1' = fp b1 - dh \cdot n2 = 43.00 - (2.70 \times 2) = 37.60 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{fp b1' \cdot fp t1^3}{12} = \frac{37.60 \times 5.00^3}{12} = 391.667 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot fp t1)^2 + pI f1 = 188.000 \times 27.400^2 + 391.667 = 141535 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$fp b2' = 2 \cdot fp b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 16.00 - (2.70 \times 2) = 26.60 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{fp b2' \cdot fp t2^3}{12} = \frac{26.60 \times 5.00^3}{12} = 277.083 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot fp t2)^2 + pI f2 = 133.000 \times 15.400^2 + 277.083 = 31819 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (141535 + 31819) = 346708 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

板幅  $wp b = 20.00$  cm  
 板厚  $wp t = 5.00$  cm  
 ボルト間隔  $w p2 = 9.0$  cm

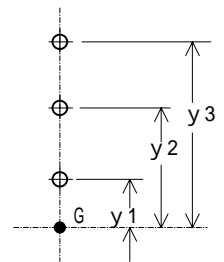
$$pI w1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{5.000 \times 20.00^3}{12} = 3333 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 20.25 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.70 \times 5.00 \times 2 \times 20.25 + 2 \times \frac{5.00 \times 2.70^3}{12}$$

$$= 563 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (3333 - 563) = 5540 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

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

$$= 346708 + 5540 = 352248 \text{ cm}^4 > 263070 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(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

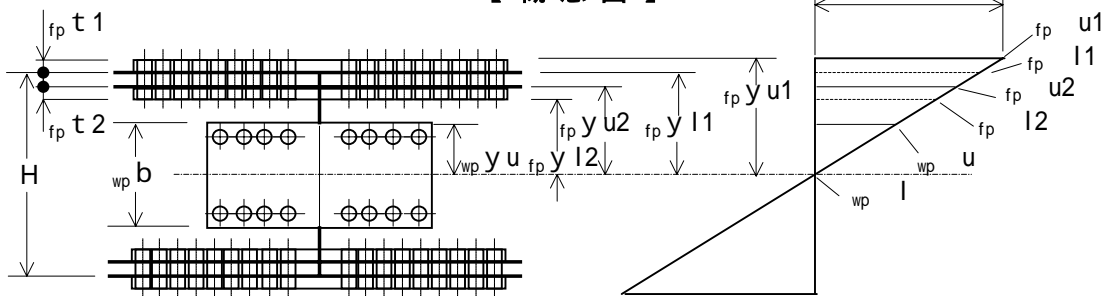
許容曲げ応力度  $\sigma_{ba} = 210 \text{ N/mm}^2$

断面係数  $Z' = 10565 \text{ cm}^3$

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

$$= 210 \times 10565 \times 10^3 = 2218650000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$\rho I = 352248 \text{ cm}^4$

$\rho I f = 346708 \text{ cm}^4$

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

$$= 2218650000 \times \frac{346708}{352248} = 2183756059 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$$\rho M f_1 = \rho M f \cdot \frac{2 \cdot \rho I f_1}{\rho I f}$$

$$\rho I f_1 = 141535 \text{ cm}^4$$

$$= 2183756059 \times \frac{283070}{346708} = 1782929230 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y_{u1} = 1/2 \cdot H + f_p t_1 = 1/2 \times 49.8 + 5.00 = 29.90 \text{ cm}$$

$$f_p \sigma_{u1} = \frac{\rho M f_1}{2 \cdot \rho I f_1} \cdot f_p y_{u1} \leq \sigma_{ba}$$

$$= \frac{1782929230}{2 \times 141535} \times \frac{29.90}{1000} = 188 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y_{l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 49.8 = 24.90 \text{ cm}$$

$$f_p \sigma_{l1} = \frac{\rho M f_1}{2 \cdot \rho I f_1} \cdot f_p y_{l1} \leq \sigma_{ba}$$

$$= \frac{1782929230}{283070} \times \frac{24.90}{1000} = 157 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 31819 \text{ cm}^4$$

$$= 2183756059 \times \frac{63638}{346708} = 400826829 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y u_2 = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 49.8 - 7.00 = 17.90 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{400826829}{63638} \times \frac{17.90}{1000} = 113 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y l_2 = 1/2 \cdot H - t f - f_p t_2$$

$$= 1/2 \times 49.8 - 7.00 - 5.00 = 12.90 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{400826829}{63638} \times \frac{12.90}{1000} = 81 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{188 + 157}{2} \times 188.00 \times 10^2 = 3243000 \text{ N}$$

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

$$= \frac{113 + 81}{2} \times 133.00 \times 10^2 = 1290100 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 3243000 + 1290100 = 4533100 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

$$M 24 \quad {}_B A = 1/4 \cdot d^2 = 4.524 \text{ cm}^2 \quad 452.4 \text{ mm}^2$$

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

$$= 2 \times 452.4 \times 285 = 257868$$

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

$$= 24 \times 70 \times 355 = 596400$$

$$\left. \begin{array}{l} = 257868 \text{ N} \\ = 596400 \end{array} \right\} = \underline{257868} \text{ N} \quad (\text{最小})_{f_b} S a$$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{4533100}{9 \times 2}$$

$$= 251839 \text{ N} < 257868 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned}
 {}_p I &= 352248 \text{ cm}^4 \\
 {}_p I_w &= 5540 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

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

$$= 2218650000 \times \frac{5540}{352248} = 34893941 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{wp} y_u = 1/2 \cdot {}_{wp} b = 1/2 \times 20.00 = 10.00 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{34893941}{5540} \times \frac{10.00}{1000} = 63 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 24

$${}_B A = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 4.524 \text{ cm}^2 = 452.4 \text{ mm}^2$$

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

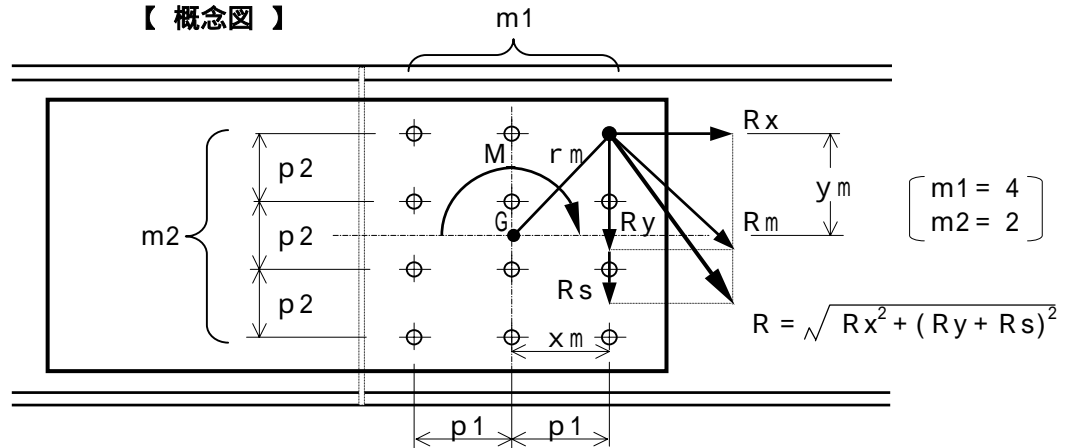
$$= 2 \times 452.4 \times 285 = 257868$$

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

$$= 24 \times 45 \times 355 = 383400$$

$$= \frac{257868}{\text{最小}} \text{ N} = S_a$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 4 \times 2 \times \{ 8.50^2 \times (4^2 - 1) + 9.00^2 \times (2^2 - 1) \}$$

$$= 885 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$x_m = 12.75 \text{ cm}$$

$$y_m = 4.50 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{12.75^2 + 4.50^2} = 13.52 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{34893941}{885} \times \frac{4.50}{10} = 17743 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{34893941}{885} \times \frac{12.75}{10} = 50271 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{34893941}{885} \times \frac{13.52}{10} = 53307 \text{ N}$$

$$= 53307 \text{ N} < 257868 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$



(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 136.80 \text{ cm}^2 \\ &= 13680 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 13680 = 1641600 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 146.00 \text{ cm}^2 \\ &= 14600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{1641600}{14600} = 112 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 4.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$M24 \quad A_b = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 4.524 \text{ cm}^2 = 452.4 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 452.4 \times 285 = 257868 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 24 \times 45 \times 355 = 383400 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{257868} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{1641600}{4 \times 2} \\ &= 205200 \text{ N} < 257868 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

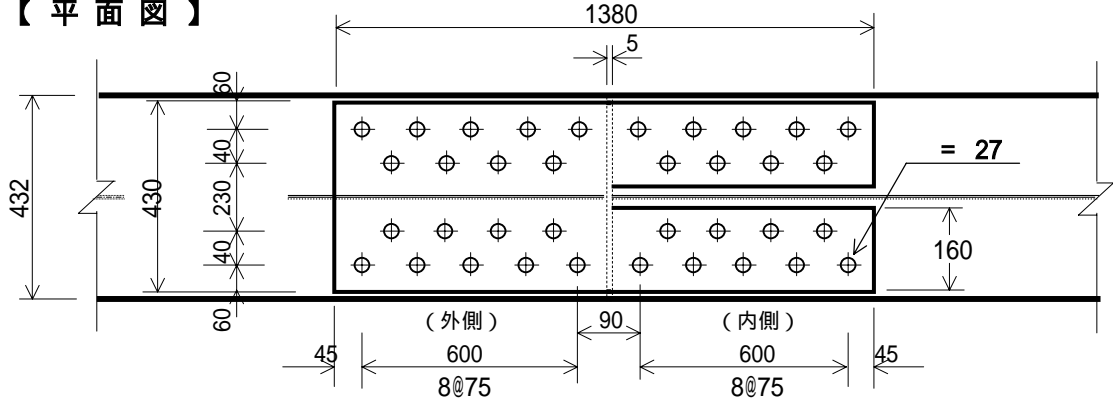
$$\begin{aligned} &(\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 17743 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 50271 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 205200 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{17743^2 + (50271 + 205200)^2} \\ &= 256086 \text{ N} < 257868 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

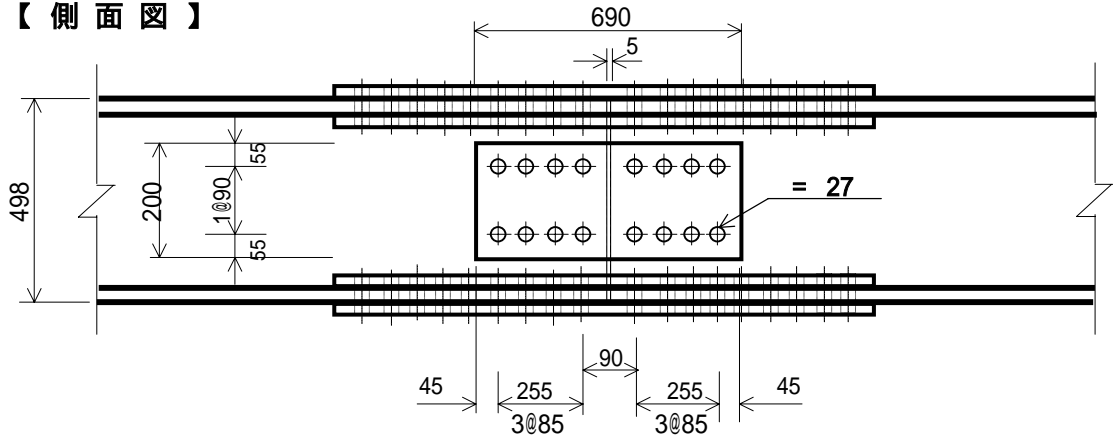
### 3. 計算結果

母材	H 4 9 8 × 4 3 2 × 4 5 × 7 0		
フランジ部	添接板仕様	2 枚 : PL 50 × 430 × 1380	
		4 枚 : PL 50 × 160 × 1380	
ウェブ部	添接板仕様	2 枚 : PL 50 × 200 × 690	
		ボルト仕様	F10T : M24 - 72本 L = 215 mm ( HJ型高力ボルトの場合 L = 210 mm )
	ボルト仕様	F10T : M24 - 16本 L = 190 mm ( HJ型高力ボルトの場合 L = 185 mm )	

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

