

ボルト継手計算書

H700×300×13×24

建築仕様

(SI単位)

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H700×300) 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) SS400-K (ボルトコード) F10T-K

「鋼構造設計規準 (日本建築学会)」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	$ba =_H$	$ta =$	235 N/mm ² (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度 _H	$a =_H$	$a =$	135 N/mm ²
H形鋼の許容支圧応力度 _H	$a =_H$	$a =$	441 N/mm ² (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度 _P	$ba =_P$	$ta =$	235 N/mm ² (SS400)
添接板の許容せん断応力度 _P	$a =_P$	$a =$	135 N/mm ²
添接板の許容支圧応力度 _P	$a =_P$	$a =$	441 N/mm ² (SS400)
ボルトの許容せん断応力度 _B	$a =_B$	$a =$	220 N/mm ² (F10T)

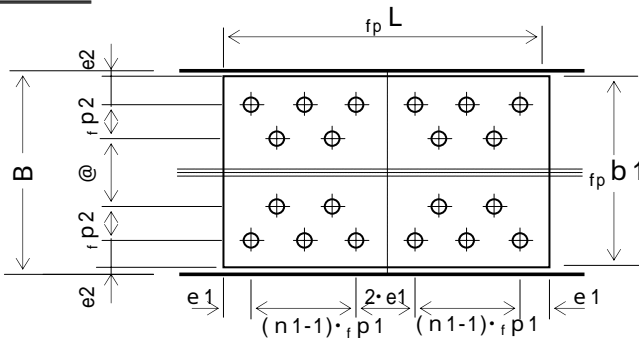
- (2) 設計母材 コード: H700

H形鋼: H700×300×13×24

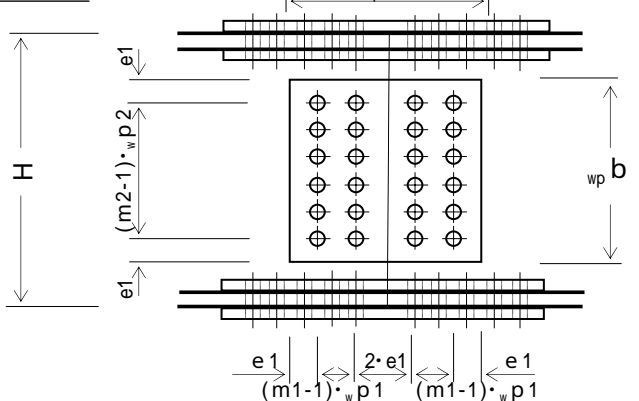
- (3) 添接板
- | | | | | | | |
|--|--------------|----|---|-----|---|-----|
| | フランジ: 2・PL - | 16 | × | 300 | × | 680 |
| | 4・PL - | 19 | × | 120 | × | 680 |
| | ウェブ: 2・PL - | 9 | × | 530 | × | 310 |

- (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) |
| 縁端距離 (応力方向) | $e1 =$ | 4.0 | cm |
| 縁端距離 (その他) | $e2 =$ | 4.0 | cm |
| | $n2 =$ | 2 | 本 (軸横断) |
| | $m2 =$ | 6 | 本 (軸横断) |
| | フランジボルトの軸方向間隔 | | |
| | $f_p p1 =$ | 6.5 | cm |
| | フランジボルトの横断方向間隔 | | |
| | $f_p p2 =$ | 4.0 | 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 | | |
| | $w_p p2 =$ | 9.0 | cm |

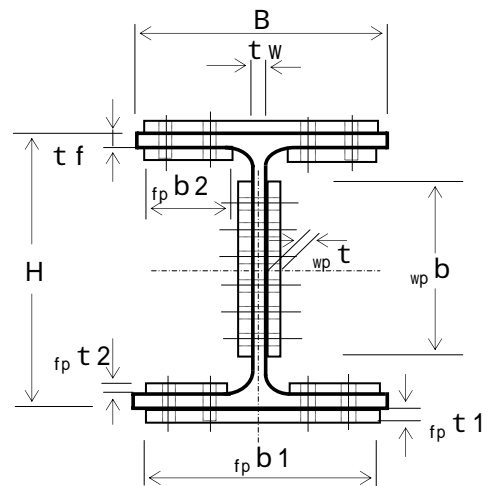
平面図



側面図



断面図

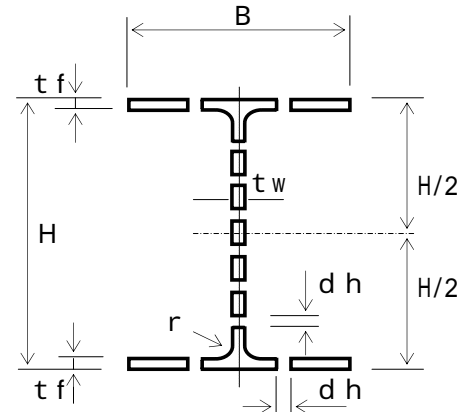


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H700×300×13×24

H形鋼の高さ	H =	70	cm
H形鋼の幅	B =	30	cm
ウェブ厚	t _w =	1.3	cm
フランジ厚	t _f =	2.4	cm
フィレット	r =	1.8	cm
断面積	A =	231.50	cm ²
断面係数	Z =	5640	cm ³
断面二次モーメント	I =	197000	cm ⁴



2) ボルト穴を控除した断面性能

ボルト孔径	d _h =	2.50	cm
フランジボルトの本数	n ₂ =	2	本 (軸横断)
ウェブボルトの本数	m ₂ =	6	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト)} \quad {}_B A_W &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.30 \times 6 = 19.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_W' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_W \\ &= 1.30 \times (70 - 2 \times 2.40) - 19.50 \\ &= 65.26 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 2.40 \times 2 = 12.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 231.50 - 1.30 \times (70 - 2 \times 2.40) - 2 \times 12.00 \\ &= 122.74 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_W' = 122.74 + 65.26 = 188.00 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 2.40^3 \times 2}{12} \\ &= 5.760 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 12.000 \times 33.800^2 + 5.760 = 13715 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 13715 = 27430 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 197000 - 27430 = 169570 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{169570}{35.00} = 4845 \text{ cm}^3$$

(2) 添接板の断面積の計算

1) フランジ添接板

外側板幅	$f_p b1 =$	30.0	cm
板厚	$f_p t1 =$	1.60	cm
内側板幅	$f_p b2 =$	12.00	cm
板厚	$f_p t2 =$	1.90	cm
ボルト孔径	$dh =$	2.50	cm
ボルト本数	$n2 =$	2	本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f1 &= dh \cdot f_p t1 \cdot n2 \\ &= 2.50 \times 1.60 \times 2 = 8.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f1 &= f_p b1 \cdot f_p t1 - {}_B A f1 \\ &= 30.00 \times 1.60 - 8.00 = 40.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f2 &= dh \cdot f_p t2 \cdot n2 \\ &= 2.50 \times 1.90 \times 2 = 9.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f2 &= 2 \cdot f_p b2 \cdot f_p t2 - {}_B A f2 \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.90 - 9.50 = 36.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f1 + {}_P A f2) \\ &= 2 \times (40.00 + 36.10) = 152.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅	$_{wp} b =$	53.0	cm
板厚	$_{wp} t =$	0.90	cm
ボルト本数	$m2 =$	6	本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= dh \cdot {}_{wp} t \cdot m2 \\ &= 2.50 \times 0.90 \times 6 = 13.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W1 &= {}_{wp} b \cdot {}_{wp} t - {}_B A W \\ &= 53.00 \times 0.90 - 13.50 = 34.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W1 \\ &= 2 \times 34.20 = 68.40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 152.20 + 68.40 = 220.60 \text{ cm}^2 > 188.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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	fp b1 = 30.00 cm
フランジ	n2 = 2 本 (軸横断)	板厚	fp t1 = 1.60 cm
ウェブ	m2 = 6 本 (軸横断)	面積	pAf1 = 40.00 cm ²
		内側板幅	fp b2 = 12.00 cm
		板厚	fp t2 = 1.90 cm
		面積	pAf2 = 36.10 cm ²

(外側添接板)

$$\begin{aligned}
 f_p b 1' &= f_p b 1 - d h \cdot n 2 \\
 &= 30.00 - (2.50 \times 2) = 25.00 \text{ cm} \\
 p I f 1 &= \frac{f_p b 1' \cdot f_p t 1^3}{12} = \frac{25.00 \times 1.60^3}{12} = 8.533 \text{ cm}^4 \\
 p I f 1 &= p A f 1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t 1)^2 + p I f 1 \\
 &= 40.000 \times 35.800^2 + 8.533 = 51274 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned}
 f_p b 2' &= 2 \cdot f_p b 2 - d h \cdot n 2 \\
 &= 2 \times 12.00 - (2.50 \times 2) = 19.00 \text{ cm} \\
 p I f 2 &= \frac{f_p b 2' \cdot f_p t 2^3}{12} = \frac{19.00 \times 1.90^3}{12} = 10.860 \text{ cm}^4 \\
 p I f 2 &= p A f 2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot f_p t 2)^2 + p I f 2 \\
 &= 36.100 \times 31.650^2 + 10.860 = 36173 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$p I f = 2 \cdot (p I f 1 + p I f 2) = 2 \times (51274 + 36173) = 174894 \text{ cm}^4$$

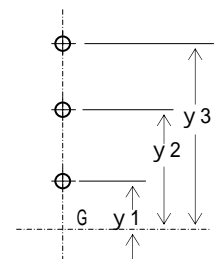
2) ウェブ添接板

板幅	wp b = 53.00 cm
板厚	wp t = 0.90 cm
ボルト間隔	w p2 = 9.0 cm

$$p I W 1 = \frac{w p t \cdot w p b^3}{12} = \frac{0.900 \times 53.00^3}{12} = 11166 \text{ cm}^4$$

$$y = y 1^2 + y 2^2 + y 3^2 + \dots = 708.75 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 p I W 1 &= d h \cdot w p t \cdot 2 \cdot y + m 2 \cdot \frac{w p t \cdot (d h)^3}{12} \\
 &= 2.50 \times 0.90 \times 2 \times 708.75 + 6 \times \frac{0.90 \times 2.50^3}{12} \\
 &= 3196 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$



(ウェブ合計)

$$p I W = 2 \cdot (p I W 1 - p I W 1) = 2 \times (11166 - 3196) = 15940 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

$$\begin{aligned}
 p I &= p I f + p I W \quad I' \\
 &= 174894 + 15940 = 190834 \text{ cm}^4 > 169570 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}
 \end{aligned}$$

(4) 曲げモ - メントの計算

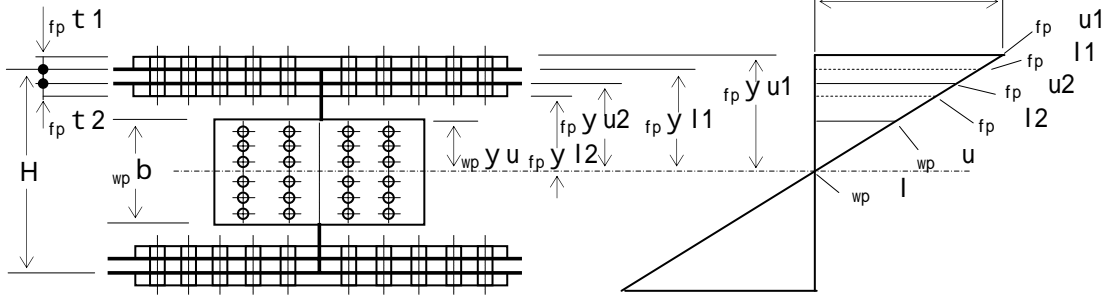
1) H形鋼 1 本当たりの抵抗曲げモ - メント

許容曲げ応力度 $H_{ba} = 235 \text{ N/mm}^2$
 断面係数 $Z' = 4845 \text{ cm}^3$

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

$$= 235 \times 4845 \times 10^3 = 1138575000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$p I = 190834 \text{ cm}^4$
 $p I f = 174894 \text{ cm}^4$

$${}_p M f = M_r \cdot \frac{p I f}{p I}$$

$$= 1138575000 \times \frac{174894}{190834} = 1043472002 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$${}_p M f 1 = {}_p M f \cdot \frac{2 \cdot p I f 1}{p I f} \quad p I f 1 = 51274 \text{ cm}^4$$

$$= 1043472002 \times \frac{102548}{174894} = 611833264 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y u 1 = 1/2 \cdot H + f_p t 1 = 1/2 \times 70.0 + 1.60 = 36.60 \text{ cm}$$

$$f_p u 1 = \frac{{}_p M f 1}{2 \cdot p I f 1} \cdot f_p y u 1 \quad p ba$$

$$= \frac{611833264}{2 \times 51274} \times \frac{36.60}{1000} = 218 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y l 1 = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 70.0 = 35.00 \text{ cm}$$

$$f_p l 1 = \frac{{}_p M f 1}{2 \cdot p I f 1} \cdot f_p y l 1 \quad p ba$$

$$= \frac{611833264}{102548} \times \frac{35.00}{1000} = 209 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 36173 \text{ cm}^4$$

$$= 1043472002 \times \frac{72346}{174894} = 431638738 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{fp} y_{u2} = 1/2 \cdot H - t_f = 1/2 \times 70.0 - 2.40 = 32.60 \text{ cm}$$

$${}_{fp} \sigma_{u2} = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y_{u2} \quad {}_p \sigma_{ba}$$

$$= \frac{431638738}{72346} \times \frac{32.60}{1000} = 195 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$${}_{fp} y_{l2} = 1/2 \cdot H - t_f - {}_{fp} t_2$$

$$= 1/2 \times 70.0 - 2.40 - 1.90 = 30.70 \text{ cm}$$

$${}_{fp} \sigma_{l2} = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y_{l2} \quad {}_p \sigma_{ba}$$

$$= \frac{431638738}{72346} \times \frac{30.70}{1000} = 183 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(ボルト)

ボルトの許容せん断応力度 $\sigma_B = 220 \text{ N/mm}^2$
 H形鋼の許容支圧応力度 $\sigma_H = 441 \text{ N/mm}^2$

$${}_p T f_1 = \frac{{}_{fp} \sigma_{u1} + {}_{fp} \sigma_{l1}}{2} \cdot {}_p A f_1$$

$$= \frac{218 + 209}{2} \times 40.00 \times 10^2 = 854000 \text{ N}$$

$${}_p T f_2 = \frac{{}_{fp} \sigma_{u2} + {}_{fp} \sigma_{l2}}{2} \cdot {}_p A f_2$$

$$= \frac{195 + 183}{2} \times 36.10 \times 10^2 = 682290 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 854000 + 682290 = 1536290 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

$$= 2 \times 380.1 \times 220 = 167244$$

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

$$= 22 \times 24 \times 441 = 232848$$

$$= 167244 \text{ N}$$

(最小) $f_b S_a$

$$Q_f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{1536290}{5 \times 2}$$

$$= 153629 \text{ N} < 167244 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$p I = 190834 \text{ cm}^4$$

$$p I_w = 15940 \text{ cm}^4$$

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

$$= 1138575000 \times \frac{15940}{190834} = 95102998 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{wp} y_u = 1/2 \cdot {}_{wp} b = 1/2 \times 53.00 = 26.50 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{95102998}{15940} \times \frac{26.50}{1000} = 158 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

$$= 2 \times 380.1 \times 220 = 167244$$

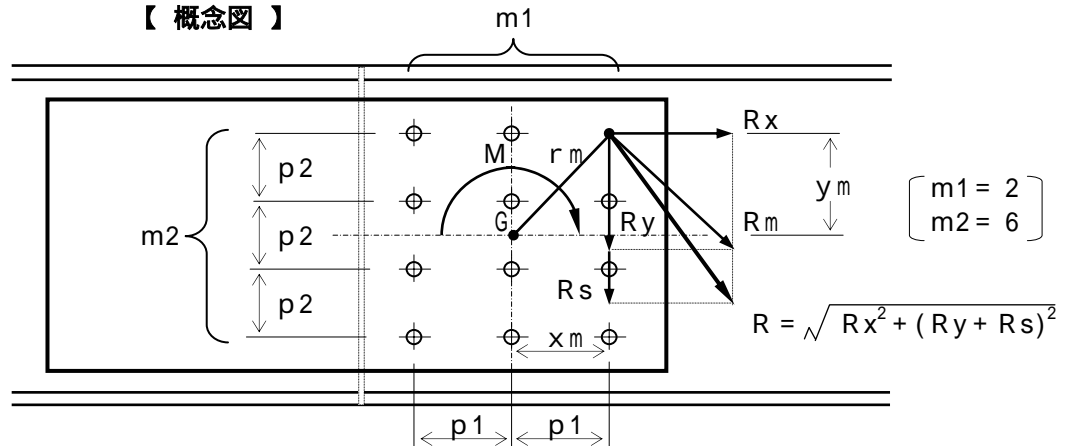
$$S_2 = d \cdot t_w \cdot {}_H a \quad (\text{鋼板の支圧})$$

$$= 22 \times 13 \times 441 = 126126$$

$$\left. \begin{array}{l} 167244 \\ 126126 \end{array} \right\} = \underline{126126 \text{ N}}$$

(最小)_{wb} S a

【 概念図 】



$$I_p = 1/12 \cdot m_1 \cdot m_2 \{ {}_w p_1^2 (m_1^2 - 1) + {}_w p_2^2 (m_2^2 - 1) \}$$

$$= 1/12 \times 2 \times 6 \times \left\{ 7.50^2 \times (2^2 - 1) + 9.00^2 \times (6^2 - 1) \right\}$$

$$= 3004 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

$$y_m = 22.50 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.75^2 + 22.50^2} = 22.81 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{95102998}{3004} \times \frac{22.50}{10} = 71232 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{95102998}{3004} \times \frac{3.75}{10} = 11872 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{95102998}{3004} \times \frac{22.81}{10} = 72214 \text{ N}$$

$$= 72214 \text{ N} < 126126 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 135 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 65.26 \text{ cm}^2 \\ &= 6526 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 135 \times 6526 = 881010 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 68.40 \text{ cm}^2 \\ &= 6840 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{881010}{6840} = 129 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 220 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 441 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 1.3 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 220 = 167244 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 13 \times 441 = 126126 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = 126126 \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{881010}{2 \times 6} \\ &= 73418 \text{ N} < 126126 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

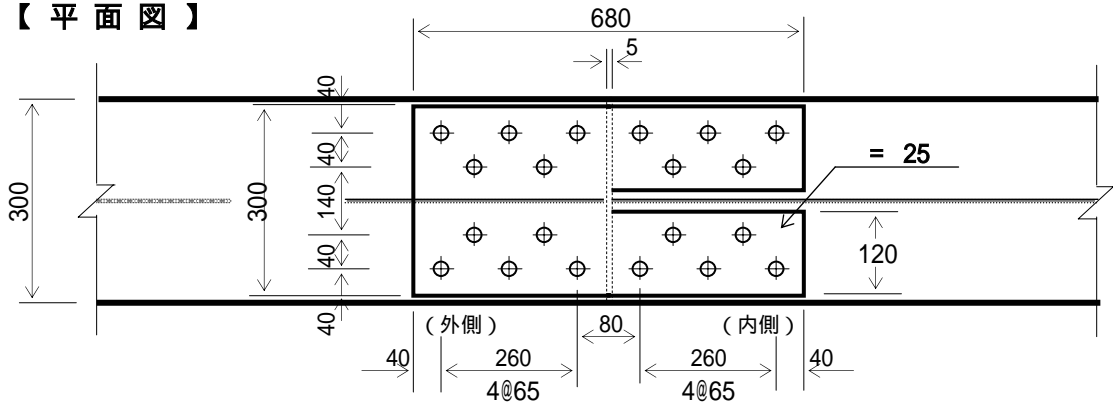
$$\begin{aligned} \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 71232 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 11872 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 73418 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{71232^2 + (11872 + 73418)^2} \\ &= 111123 \text{ N} < 126126 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

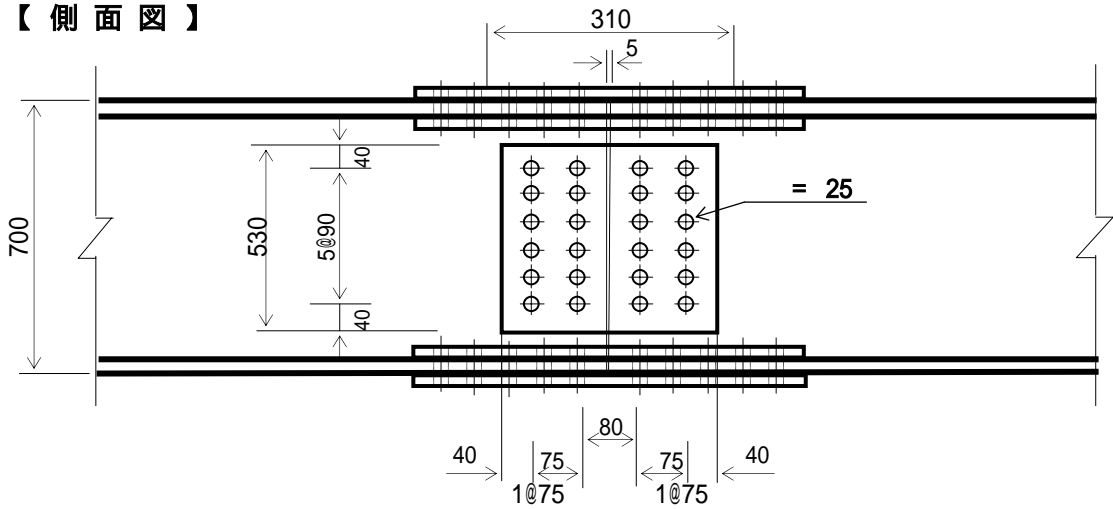
3. 計算結果

母材	H700 × 300 × 13 × 24		
フランジ部	添接板仕様	2枚: PL 16 × 300 × 680	
		4枚: PL 19 × 120 × 680	
ウェブ部	添接板仕様	2枚: PL 9 × 530 × 310	
	ボルト仕様	F10T: M22 - 40本	L = 100 mm
		(トルシヤ型高力ボルトの場合)	L = 95 mm
	ボルト仕様	F10T: M22 - 24本	L = 75 mm
		(トルシヤ型高力ボルトの場合)	L = 70 mm

【平面図】



【側面図】



【断面図】

