

ボルト継手計算書

H300×150×6.5×9

土木仕様

(SI単位)

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H300×150) 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 ² (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度	$H \quad a =$	120	N/mm ²
H形鋼の許容支圧応力度	$H \quad a =$	355	N/mm ² (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度	$P \quad ba =_P \quad ta =$	210	N/mm ² (SS400)
添接板の許容せん断応力度	$P \quad a =$	120	N/mm ²
添接板の許容支圧応力度	$P \quad a =$	355	N/mm ² (SS400)
ボルトの許容せん断応力度	$B \quad a =$	285	N/mm ² (F10T)

(2) 設計母材

JIS: H300-2

H形鋼: H300×150×6.5×9

(3) 添接板

		<pt>	<pb>	<pL>
フランジ:	2・PL -	9	× 150	× 270
	4・PL -	9	× 55	× 270
ウェブ:	2・PL -	6	× 200	× 270

(4) ボルト

ボルト直径 (M20) $d = 2.00$ cm

ボルト孔径 ($d+3mm$) $dh = 2.30$ cm

フランジのボルト本数 $n1 = 2$ 本 (軸方向) $n2 = 2$ 本 (軸横断)

ウェブのボルト本数 $m1 = 2$ 本 (軸方向) $m2 = 3$ 本 (軸横断)

縁端距離 (応力方向) $e1 = 3.50$ cm

縁端距離 (その他) $e2 = 2.75$ 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

$f p2 = 9.5$ cm

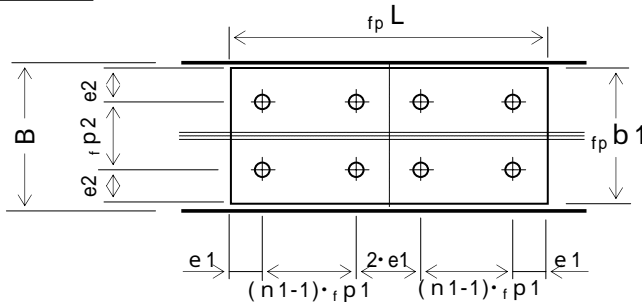
ウェブボルトの軸方向間隔

$w p1 = 6.5$ cm

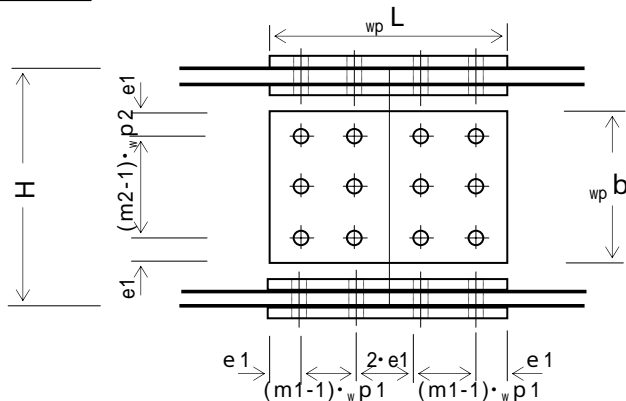
ウェブボルトの横断方向間隔

$w p2 = 6.5$ cm

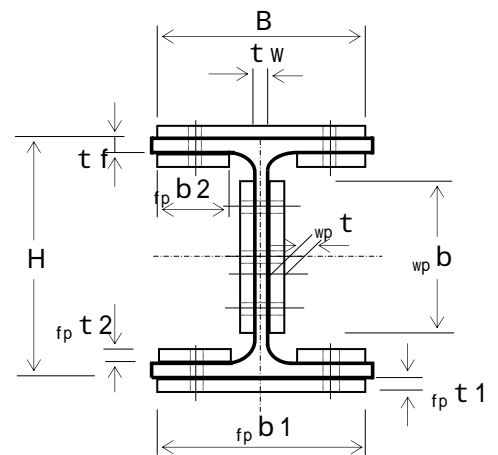
平面図



側面図



断面図

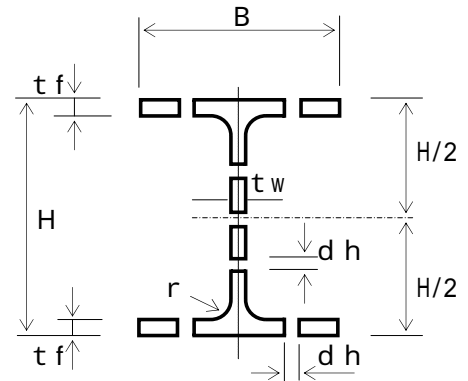


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H300×150×6.5×9

H形鋼の高さ	H =	30	cm
H形鋼の幅	B =	15	cm
ウェブ厚	t _w =	0.7	cm
フランジ厚	t _f =	0.9	cm
フイレット	r =	1.3	cm
断面積	A =	46.78	cm ²
断面係数	Z =	481	cm ³
断面二次モメント	I =	7210	cm ⁴



2) ボルト穴を控除した断面性能

ボルト孔径	d _h =	2.30	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 =	3	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.30 \times 0.65 \times 3 = 4.49 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 0.65 \times (30 - 2 \times 0.90) - 4.49 \\ &= 13.85 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.30 \times 0.90 \times 2 = 4.14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 46.78 - 0.65 \times (30 - 2 \times 0.90) \\ &\quad - 2 \times 4.14 \\ &= 20.17 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 20.17 + 13.85 = 34.02 \text{ cm}^2$$

(断面二次モメント: ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.30 \times 0.90^3 \times 2}{12} \\ &= 0.279 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 4.140 \times 14.550^2 + 0.279 = 877 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 877 = 1754 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 7210 - 1754 = 5456 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{5456}{15.00} = 364 \text{ cm}^3$$

(2) 添接板の断面積の計算

1) フランジ添接板

外側板幅	$f_p b_1 =$	15.0	cm
板厚	$f_p t_1 =$	0.90	cm
内側板幅	$f_p b_2 =$	5.50	cm
板厚	$f_p t_2 =$	0.90	cm
ボルト孔径	$d_h =$	2.30	cm
ボルト本数	$n_2 =$	2	本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.30 \times 0.90 \times 2 = 4.14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 15.00 \times 0.90 - 4.14 = 9.36 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.30 \times 0.90 \times 2 = 4.14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 5.50 \times 0.90 - 4.14 = 5.76 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (9.36 + 5.76) = 30.24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅	$w_p b =$	20.0	cm
板厚	$w_p t =$	0.60	cm
ボルト本数	$m_2 =$	3	本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.30 \times 0.60 \times 3 = 4.14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 20.00 \times 0.60 - 4.14 = 7.86 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 7.86 = 15.72 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 30.24 + 15.72 = 45.96 \text{ cm}^2 > 34.02 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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 $dh = 2.30$ cm
 フランジ $n2 = 2$ 本 (軸横断)
 ウェブ $m2 = 3$ 本 (軸横断)

外側板幅 $fp b1 = 15.00$ cm
 板厚 $fp t1 = 0.90$ cm
 面積 $pA f1 = 9.36$ cm²
 内側板幅 $fp b2 = 5.50$ cm
 板厚 $fp t2 = 0.90$ cm
 面積 $pA f2 = 5.76$ cm²

(外側添接板)

$$fp b1' = fp b1 - dh \cdot n2 = 15.00 - (2.30 \times 2) = 10.40 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{fp b1' \cdot fp t1^3}{12} = \frac{10.40 \times 0.90^3}{12} = 0.632 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot fp t1)^2 + pI f1 = 9.360 \times 15.450^2 + 0.632 = 2235 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$fp b2' = 2 \cdot fp b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 5.50 - (2.30 \times 2) = 6.40 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{fp b2' \cdot fp t2^3}{12} = \frac{6.40 \times 0.90^3}{12} = 0.389 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot fp t2)^2 + pI f2 = 5.760 \times 13.650^2 + 0.389 = 1074 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (2235 + 1074) = 6618 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

板幅 $wp b = 20.00$ cm
 板厚 $wp t = 0.60$ cm
 ボルト間隔 $wp p2 = 6.5$ cm

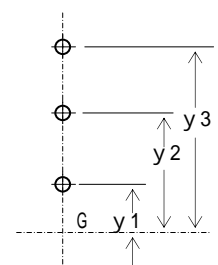
$$pI w1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{0.600 \times 20.00^3}{12} = 400 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 42.25 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.30 \times 0.60 \times 2 \times 42 + 3 \times \frac{0.60 \times 2.30^3}{12}$$

$$= 118 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (400 - 118) = 564 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

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

$$= 6618 + 564 = 7182 \text{ cm}^4 > 5456 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(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

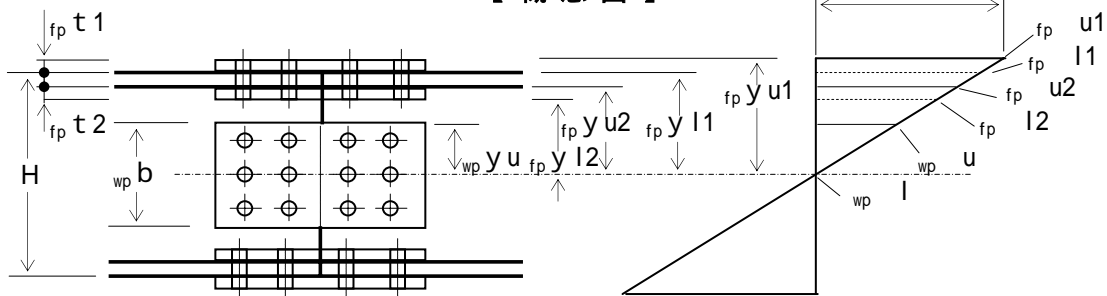
許容曲げ応力度 $H_{ba} = 210 \text{ N/mm}^2$

断面係数 $Z' = 364 \text{ cm}^3$

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

$$= 210 \times 364 \times 10^3 = 76440000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$p I = 7182 \text{ cm}^4$

$p I f = 6618 \text{ cm}^4$

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

$$= 76440000 \times \frac{6618}{7182} = 70437193 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$${}_p M f 1 = {}_p M f \cdot \frac{2 \cdot {}_p I f 1}{{}_p I f}$$

${}_p I f 1 = 2235 \text{ cm}^4$

$$= 70437193 \times \frac{4470}{6618} = 47575439 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y u 1 = 1/2 \cdot H + f_p t 1 = 1/2 \times 30.0 + 0.90 = 15.90 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{47575439}{2 \times 2235} \times \frac{15.90}{1000} = 169 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y l 1 = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 30.0 = 15.00 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{47575439}{4470} \times \frac{15.00}{1000} = 160 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 1074 \text{ cm}^4$$

$$= 70437193 \times \frac{2148}{6618} = 22861754 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{p y u_2} = 1/2 \cdot H - t_f = 1/2 \times 30.0 - 0.90 = 14.10 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{22861754}{2148} \times \frac{14.10}{1000} = 150 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 30.0 - 0.90 - 0.90 = 13.20 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{22861754}{2148} \times \frac{13.20}{1000} = 140 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{169 + 160}{2} \times 9.36 \times 10^2 = 153972 \text{ N}$$

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

$$= \frac{150 + 140}{2} \times 5.76 \times 10^2 = 83520 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 153972 + 83520 = 237492 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

$$M 20 \quad {}_B A = 1/4 \cdot \cdot d^2 = 3.142 \text{ cm}^2 \quad 314.2 \text{ mm}^2$$

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

$$= 2 \times 314.2 \times 285 = 179094$$

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

$$= 20 \times 9 \times 355 = 63900$$

$$\left. \begin{array}{l} 179094 \\ 63900 \end{array} \right\} = \underline{63900} \text{ N} \quad (\text{最小})_{f_b} S a$$

$$Q_f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{237492}{2 \times 2}$$

$$= 59373 \text{ N} < 63900 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned} {}_p I &= 7182 \text{ cm}^4 \\ {}_p I_w &= 564 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$= 76440000 \times \frac{564}{7182} = 6002807 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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

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

$$= \frac{6002807}{564} \times \frac{10.00}{1000} = 106 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト1本の耐力 (F10T)

M 20

$${}_B A = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 3.142 \text{ cm}^2 = 314.2 \text{ mm}^2$$

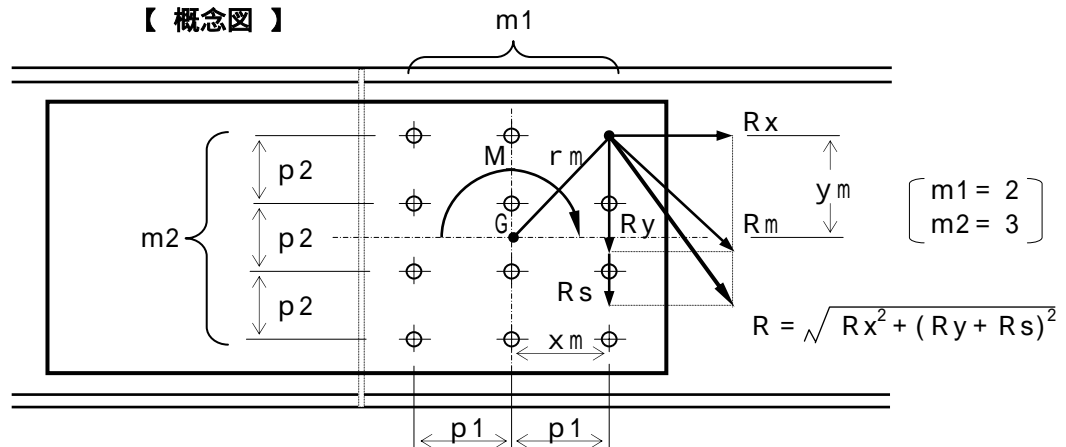
$$S1 = 2 \cdot {}_B A \cdot a \quad (\text{二面せん断})$$

$$= 2 \times 314.2 \times 285 = 179094$$

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

$$= 20 \times 7 \times 355 = 46150 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} S1 \\ S2 \end{matrix}} \right\} = \underline{46150} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 3 \times \{ 6.50^2 \times (2^2 - 1) + 6.50^2 \times (3^2 - 1) \}$$

$$= 232 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$x_m = 3.25 \text{ cm}$$

$$y_m = 6.50 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.25^2 + 6.50^2} = 7.27 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{6002807}{232} \times \frac{6.50}{10} = 16818 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{6002807}{232} \times \frac{3.25}{10} = 8409 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{6002807}{232} \times \frac{7.27}{10} = 18811 \text{ N}$$

$$= 18811 \text{ N} < 46150 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 13.85 \text{ cm}^2 \\ &= 1385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 1385 = 166140 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 15.72 \text{ cm}^2 \\ &= 1572 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{166140}{1572} = 106 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_a &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_a &= 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 0.7 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$M20 \quad A_B = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 3.142 \text{ cm}^2 = 314.2 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 \cdot A_B \cdot \sigma_a \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 314.2 \times 285 = 179094 \\ S_2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_a \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 20 \times 7 \times 355 = 46150 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S_1 \\ S_2 \end{aligned}} \right\} = \underline{46150} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m_1 \cdot m_2} = \frac{166140}{2 \times 3} \\ &= 27690 \text{ N} < 46150 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

$$\begin{aligned} (\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 16818 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 8409 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 27690 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{16818^2 + (8409 + 27690)^2} \\ &= 39824 \text{ N} < 46150 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3. 計算結果

母材 H 3 0 0 × 1 5 0 × 6 . 5 × 9

フランジ部

添接板仕様 2枚: PL 9 × 150 × 270

4枚: PL 9 × 55 × 270

ボルト仕様

F10T : M20 - 16本 L = 65 mm

(トリジ型高力ボルトの場合 L = 60 mm)

ウェブ部

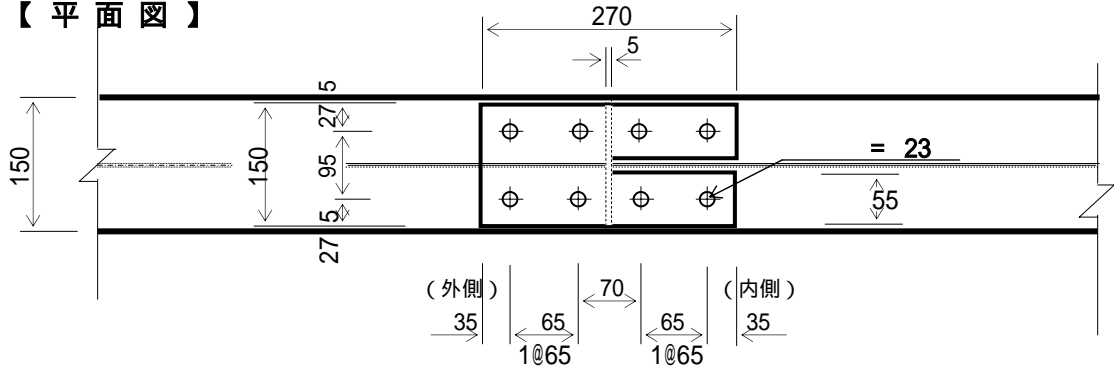
添接板仕様 2枚: PL 6 × 200 × 270

ボルト仕様

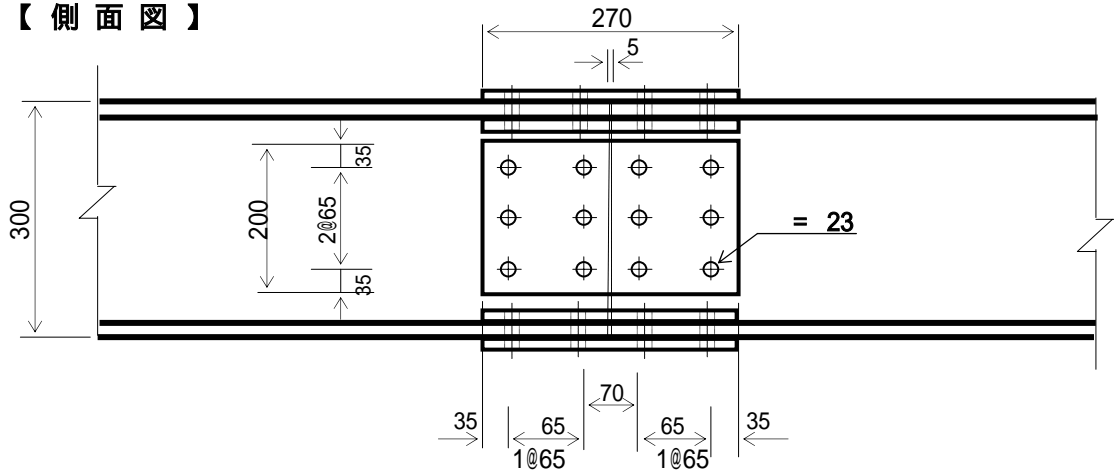
F10T : M20 - 12本 L = 55 mm

(トリジ型高力ボルトの場合 L = 50 mm)

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

