

ボルト継手計算書

H 2 5 0 × 1 2 5 × 6 × 9

土木仕様

(S I 単位)

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H250×125) 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: H250-2

H形鋼: H250×125×6×9

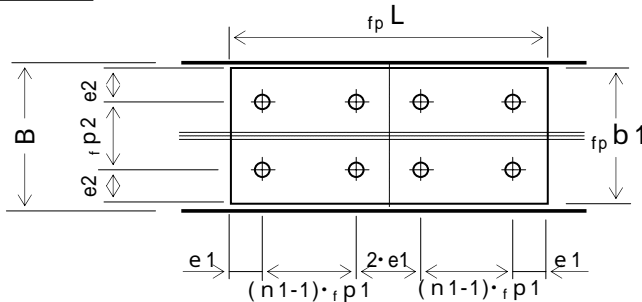
(3) 添接板

		$\langle_p t \rangle$	$\langle_p b \rangle$	$\langle_p L \rangle$
フランジ:	2・PL -	9	× 125	× 240
	4・PL -	9	× 50	× 240
ウェブ:	2・PL -	6	× 180	× 240

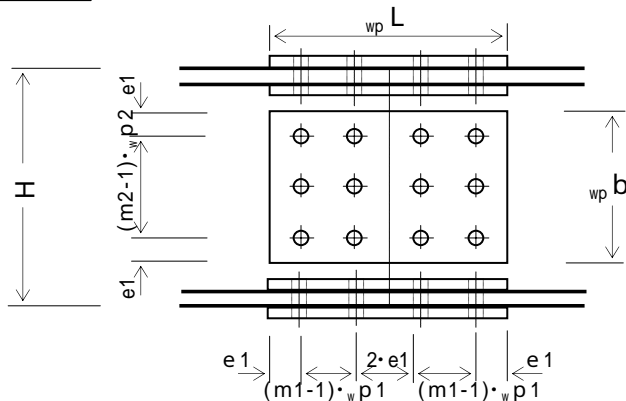
(4) ボルト

ボルト直径 (M16)	$d =$	1.60	cm
ボルト孔径 ($d+3\text{mm}$)	$dh =$	1.90	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)	$e1 =$	3.0	cm
縁端距離 (その他)	$e2 =$	2.5	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	$f_p p1 =$	6.0 cm
	フランジボルトの横断方向間隔	$f_p p2 =$	7.5 cm
	ウェブボルトの軸方向間隔	$w_p p1 =$	6.0 cm
	ウェブボルトの横断方向間隔	$w_p p2 =$	6.0 cm

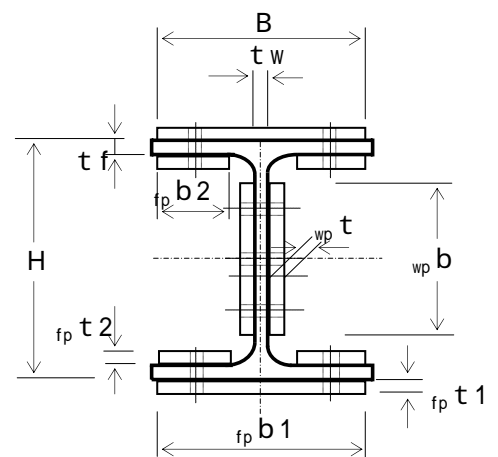
平面図



側面図



断面図

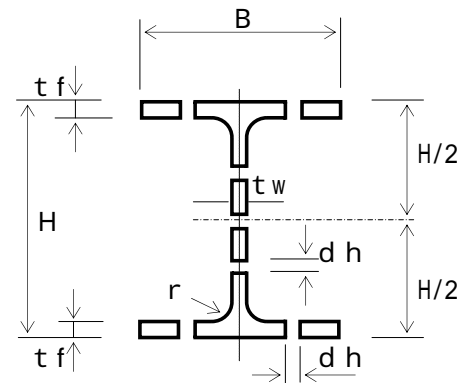


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H 250 × 125 × 6 × 9

H 形 鋼 の 高 さ	H =	25	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	12.5	cm
ウ エ ブ 厚	t _w =	0.6	cm
フ ラ ン ジ 厚	t _f =	0.9	cm
フ イ レ ッ ト	r =	0.8	cm
断 面 積	A =	36.97	cm ²
断 面 係 数	Z =	317	cm ³
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	3960	cm ⁴



2) ボルト穴を控除した断面性能

ボルト孔径	d _h =	1.90	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)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 1.90 \times 0.60 \times 3 = 3.42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 0.60 \times (25 - 2 \times 0.90) - 3.42 \\ &= 10.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 1.90 \times 0.90 \times 2 = 3.42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 36.97 - 0.60 \times (25 - 2 \times 0.90) - 2 \times 3.42 \\ &= 16.21 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 16.21 + 10.50 = 26.71 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント: ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{1.90 \times 0.90^3 \times 2}{12} \\ &= 0.231 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 3.420 \times 12.050^2 + 0.231 = 497 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 497 = 994 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 3960 - 994 = 2966 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{2966}{12.50} = 237 \text{ cm}^3$$

(2) 添接板の断面積の計算

1) フランジ添接板

外側板幅	$f_p b_1 =$	12.5	cm
板厚	$f_p t_1 =$	0.90	cm
内側板幅	$f_p b_2 =$	5.00	cm
板厚	$f_p t_2 =$	0.90	cm
ボルト孔径	$d_h =$	1.90	cm
ボルト本数	$n_2 =$	2	本 (軸横断)

(外側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 1.90 \times 0.90 \times 2 = 3.42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 12.50 \times 0.90 - 3.42 = 7.83 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 1.90 \times 0.90 \times 2 = 3.42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 5.00 \times 0.90 - 3.42 = 5.58 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (7.83 + 5.58) = 26.82 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅	$w_p b =$	18.0	cm
板厚	$w_p t =$	0.60	cm
ボルト本数	$m_2 =$	3	本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 1.90 \times 0.60 \times 3 = 3.42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 18.00 \times 0.60 - 3.42 = 7.38 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 7.38 = 14.76 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 26.82 + 14.76 = 41.58 \text{ cm}^2 > 26.71 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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 $dh = 1.90$ cm
 フランジ $n2 = 2$ 本 (軸横断)
 ウェブ $m2 = 3$ 本 (軸横断)

外側板幅 $f_p b1 = 12.50$ cm
 板厚 $f_p t1 = 0.90$ cm
 面積 $pA f1 = 7.83$ cm²
 内側板幅 $f_p b2 = 5.00$ cm
 板厚 $f_p t2 = 0.90$ cm
 面積 $pA f2 = 5.58$ cm²

(外側添接板)

$$f_p b1' = f_p b1 - dh \cdot n2 = 12.50 - (1.90 \times 2) = 8.70 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{f_p b1' \cdot f_p t1^3}{12} = \frac{8.70 \times 0.90^3}{12} = 0.529 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t1)^2 + pI f1 = 7.830 \times 12.950^2 + 0.529 = 1314 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$f_p b2' = 2 \cdot f_p b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 5.00 - (1.90 \times 2) = 6.20 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{f_p b2' \cdot f_p t2^3}{12} = \frac{6.20 \times 0.90^3}{12} = 0.377 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t_f - 1/2 \cdot f_p t2)^2 + pI f2 = 5.580 \times 11.150^2 + 0.377 = 694 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (1314 + 694) = 4016 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

板幅 $w_p b = 18.00$ cm
 板厚 $w_p t = 0.60$ cm
 ボルト間隔 $w p2 = 6.0$ cm

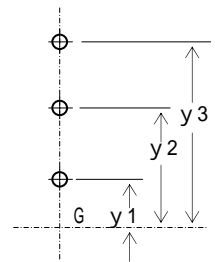
$$pI w1 = \frac{w_p t \cdot w_p b^3}{12} = \frac{0.600 \times 18.00^3}{12} = 292 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 36.00 \text{ cm}^2$$

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

$$= 1.90 \times 0.60 \times 2 \times 36 + 3 \times \frac{0.60 \times 1.90^3}{12}$$

$$= 83 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (292 - 83) = 418 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

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

$$= 4016 + 418 = 4434 \text{ cm}^4 > 2966 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(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

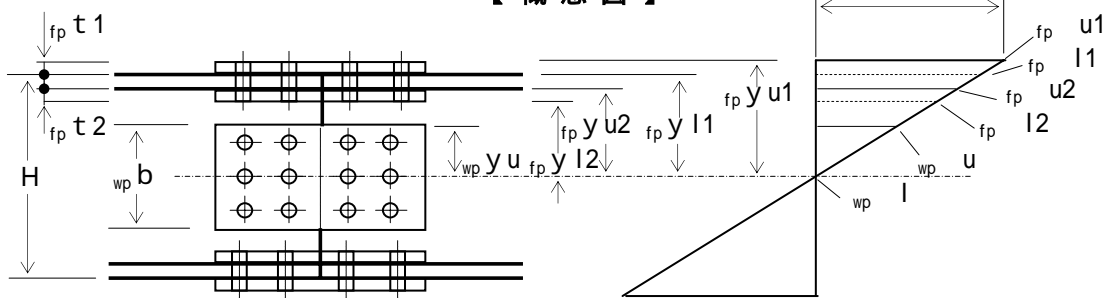
許容曲げ応力度 $Hba = 210 \text{ N/mm}^2$

断面係数 $Z' = 237 \text{ cm}^3$

$$M_r = Hba \cdot Z'$$

$$= 210 \times 237 \times 10^3 = 49770000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 4434 \text{ cm}^4$

$pIf = 4016 \text{ cm}^4$

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

$$= 49770000 \times \frac{4016}{4434} = 45078106 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

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

$pIf1 = 1314 \text{ cm}^4$

$$= 45078106 \times \frac{2628}{4016} = 29498322 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y_{u1} = 1/2 \cdot H + f_p t_1 = 1/2 \times 25.0 + 0.90 = 13.40 \text{ cm}$$

$$f_p u_1 = \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot f_p y_{u1} \quad pba$$

$$= \frac{29498322}{2 \times 1314} \times \frac{13.40}{1000} = 150 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y_{l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 25.0 = 12.50 \text{ cm}$$

$$f_p l_1 = \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot f_p y_{l1} \quad pba$$

$$= \frac{29498322}{2628} \times \frac{12.50}{1000} = 140 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 694 \text{ cm}^4$$

$$= 45078106 \times \frac{1388}{4016} = 15579784 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y u_2 = 1/2 \cdot H - t_f = 1/2 \times 25.0 - 0.90 = 11.60 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{15579784}{1388} \times \frac{11.60}{1000} = 130 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 25.0 - 0.90 - 0.90 = 10.70 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{15579784}{1388} \times \frac{10.70}{1000} = 120 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{150 + 140}{2} \times 7.83 \times 10^2 = 113535 \text{ N}$$

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

$$= \frac{130 + 120}{2} \times 5.58 \times 10^2 = 69750 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 113535 + 69750 = 183285 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

$$M 16 \quad {}_B A = 1/4 \cdot d^2 = 2.011 \text{ cm}^2 \quad 201.1 \text{ mm}^2$$

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

$$= 2 \times 201.1 \times 285 = 114627$$

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

$$= 16 \times 9 \times 355 = 51120$$

$$\left. \begin{array}{l} 114627 \\ 51120 \end{array} \right\} = \underline{51120} \text{ N} \quad (\text{最小})_{f_b} S a$$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{183285}{2 \times 2}$$

$$= 45821 \text{ N} < 51120 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned} {}_p I &= 4434 \text{ cm}^4 \\ {}_p I_w &= 418 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$= 49770000 \times \frac{418}{4434} = 4691894 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_w y_u = 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 18.00 = 9.00 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{4691894}{418} \times \frac{9.00}{1000} = 101 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト1本の耐力 (F10T)

M 16

$${}_B A = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 = 2.011 \text{ cm}^2 \quad 201.1 \text{ mm}^2$$

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

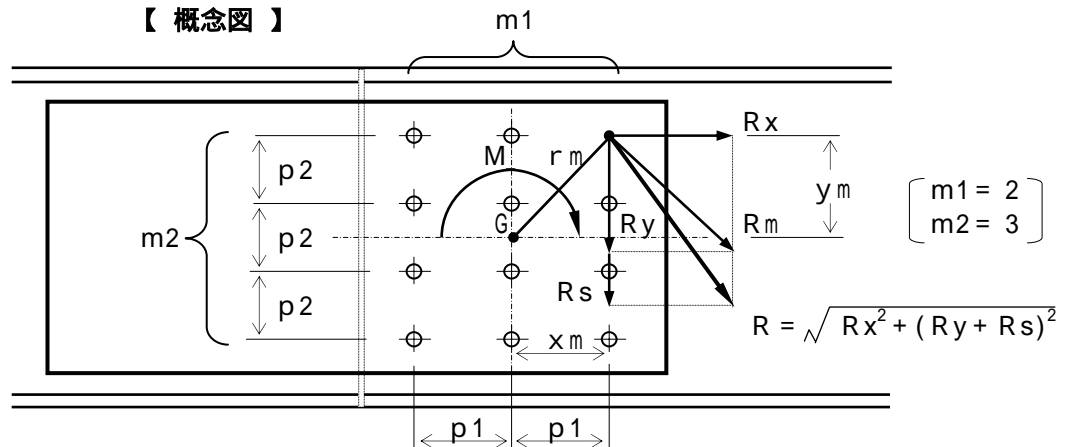
$$= 2 \times 201.1 \times 285 = 114627$$

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

$$= 16 \times 6 \times 355 = 34080$$

$$\left. \begin{aligned} &= 114627 \\ &= 34080 \end{aligned} \right\} = \frac{34080}{\text{最小}} \text{ N} \quad S_a$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 3 \times \{ 6.00^2 \times (2^2 - 1) + 6.00^2 \times (3^2 - 1) \}$$

$$= 198 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

$$x_m = 3.00 \text{ cm}$$

$$y_m = 6.00 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.00^2 + 6.00^2} = 6.71 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{4691894}{198} \times \frac{6.00}{10} = 14218 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{4691894}{198} \times \frac{3.00}{10} = 7109 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{4691894}{198} \times \frac{6.71}{10} = 15900 \text{ N} < 34080 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 10.50 \text{ cm}^2 \\ &= 1050 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 1050 = 126000 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 14.76 \text{ cm}^2 \\ &= 1476 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{126000}{1476} = 85 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

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

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

$$M16 \quad A_B = 1/4 \cdot d^2 = 2.011 \text{ cm}^2 = 201.1 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_B \cdot \sigma_a \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 201.1 \times 285 = 114627 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_a \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 16 \times 6 \times 355 = 34080 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{34080} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{126000}{2 \times 3} \\ &= 21000 \text{ N} < 34080 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

(最外端ボルトの応力)

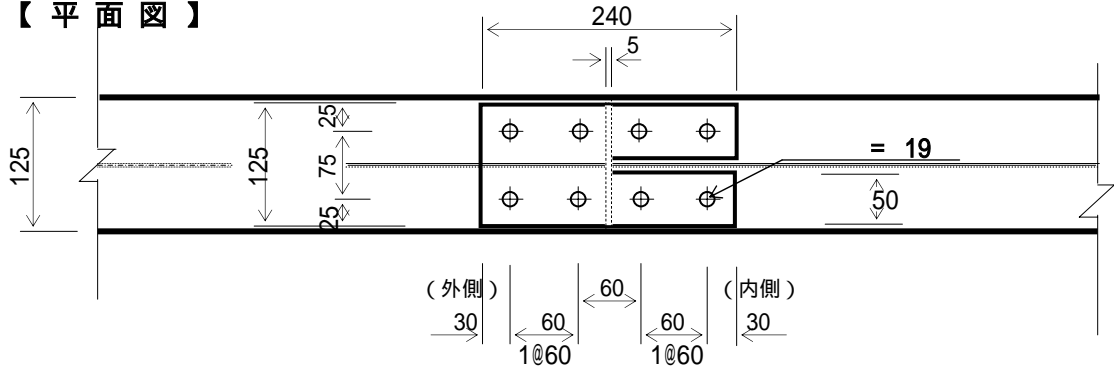
$$\begin{aligned} \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 14218 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 7109 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 21000 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{14218^2 + (7109 + 21000)^2} \\ &= 31500 \text{ N} < 34080 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

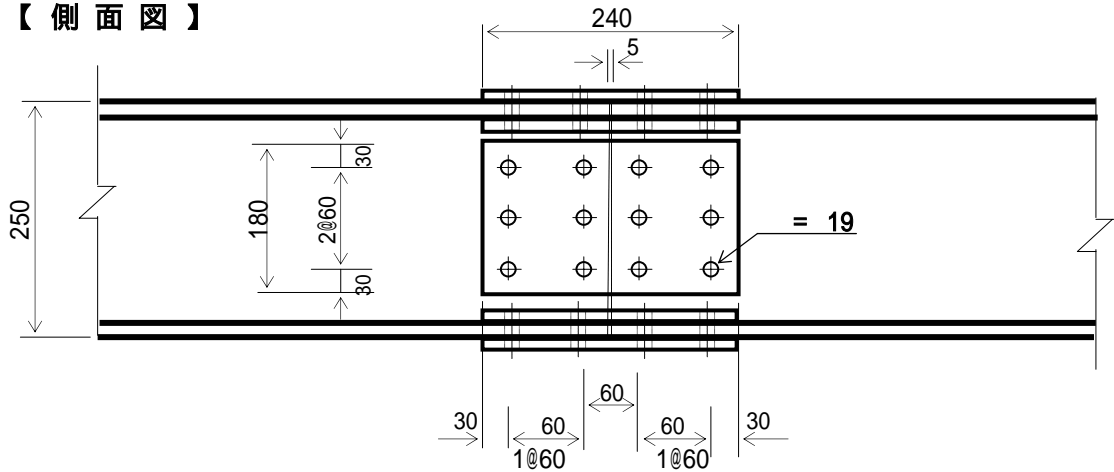
3. 計算結果

母材	H 2 5 0 × 1 2 5 × 6 × 9		
フランジ部	添接板仕様	2枚： PL 9 × 125 × 240	
		4枚： PL 9 × 50 × 240	
ウェブ部	添接板仕様	2枚： PL 6 × 180 × 240	
		ボルト仕様	F10T : M16 - 12本 L = 50 mm (トリソ型高力ボルトの場合 L = 55 mm)
	ボルト仕様	F10T : M16 - 12本 L = 50 mm (トリソ型高力ボルトの場合 L = 45 mm)	

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

