

# ボルト継手計算書

H 4 8 2 × 3 0 0 × 1 1 × 1 5

土木仕様

( S I 単位 )

ヒロセ株式会社

# ボルト継手 (H482×300) 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: H482

H形鋼: H482×300×11×15

### (3) 添接板

		<pt>	<pb>	<pL>	
フランジ:	2・PL - 12	×	300	×	550
	4・PL - 12	×	120	×	550
ウェブ:	2・PL - 9	×	320	×	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  $n1 = 4$  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)  $m2 = 4$  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

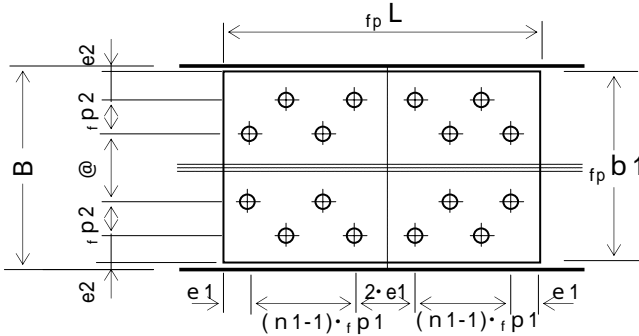
フランジボルトの軸方向間隔  $f p1 = 6.5$  cm

フランジボルトの横断方向間隔  $f p2 = 4.0$  cm

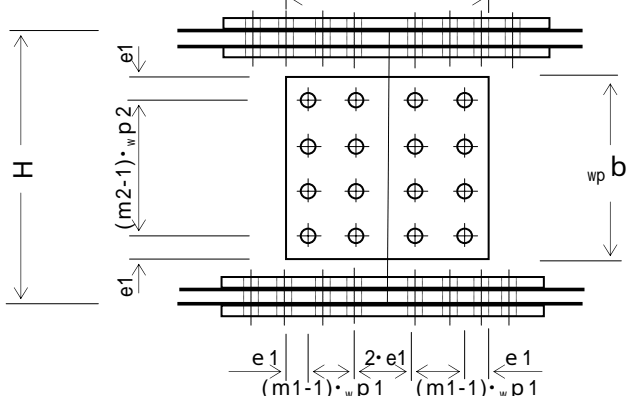
ウェブボルトの軸方向間隔  $w p1 = 7.5$  cm

ウェブボルトの横断方向間隔  $w p2 = 8.0$  cm

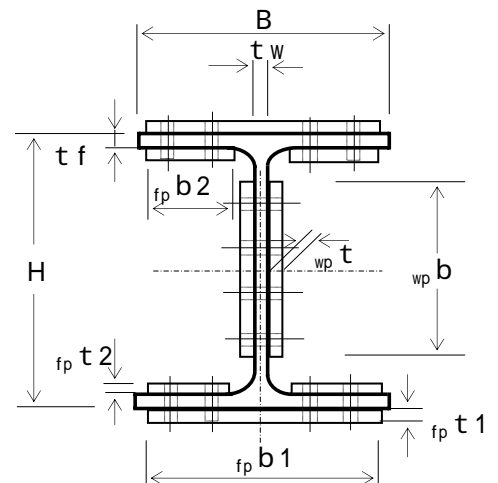
平面図



側面図



断面図

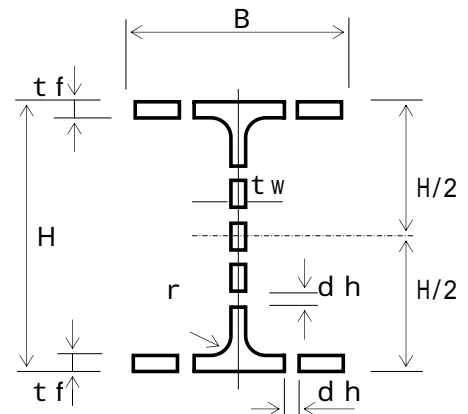


## 2. 継手部の設計

### (1) 母材の断面性能計算

#### 1) 母材 H 482 × 300 × 11 × 15

H 形 鋼 の 高 さ	H =	48.2	cm
H 形 鋼 の 幅	B =	30	cm
ウ エ ブ 厚	t <sub>w</sub> =	1.1	cm
フ ラ ン ジ 厚	t <sub>f</sub> =	1.5	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.3	cm
断 面 積	A =	141.20	cm <sup>2</sup>
断 面 係 数	Z =	2420	cm <sup>3</sup>
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	58300	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> =	4	本 (軸横断)

(断面積)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.10 \times 4 = 11.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 1.10 \times (48.2 - 2 \times 1.50) - 11.00 \\ &= 38.72 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.50 \times 2 = 7.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 141.20 - 1.10 \times (48.2 - 2 \times 1.50) \\ &\quad - 2 \times 7.50 \\ &= 76.48 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 76.48 + 38.72 = 115.20 \text{ cm}^2$$

(断面二次モーメント: ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 1.50^3 \times 2}{12} \\ &= 1.406 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 7.50 \times 23.350^2 + 1.406 = 4091 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 4091 = 8182 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 58300 - 8182 = 50118 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{50118}{24.10} = 2080 \text{ cm}^3$$

## (2) 添接板の断面積の計算

### 1) フランジ添接板

外側板幅	$f_p b_1 =$	30.0	cm
板厚	$f_p t_1 =$	1.20	cm
内側板幅	$f_p b_2 =$	12.00	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)

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

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 30.00 \times 1.20 - 6.00 = 30.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

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

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.20 - 6.00 = 22.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (30.00 + 22.80) = 105.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 2) ウェブ添接板

板幅	$w_p b =$	32.0	cm
板厚	$w_p t =$	0.90	cm
ボルト本数	$m_2 =$	4	本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 0.90 \times 4 = 9.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 32.00 \times 0.90 - 9.00 = 19.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 19.80 = 39.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

### 3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 105.60 + 39.60 = 145.20 \text{ cm}^2 > 115.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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  $dh = 2.50$  cm  
 フランジ  $n2 = 2$  本 (軸横断)  
 ウェブ  $m2 = 4$  本 (軸横断)

外側板幅  $f_p b1 = 30.00$  cm  
 板厚  $f_p t1 = 1.20$  cm  
 面積  $pA f1 = 30.00$  cm<sup>2</sup>  
 内側板幅  $f_p b2 = 12.00$  cm  
 板厚  $f_p t2 = 1.20$  cm  
 面積  $pA f2 = 22.80$  cm<sup>2</sup>

(外側添接板)

$$f_p b1' = f_p b1 - dh \cdot n2 = 30.00 - (2.50 \times 2) = 25.00 \text{ cm}$$

$$pI f1 = \frac{f_p b1' \cdot f_p t1^3}{12} = \frac{25.00 \times 1.20^3}{12} = 3.600 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot f_p t1)^2 + pI f1 = 30.000 \times 24.700^2 + 3.600 = 18306 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

$$f_p b2' = 2 \cdot f_p b2 - dh \cdot n2 = 2 \times 12.00 - (2.50 \times 2) = 19.00 \text{ cm}$$

$$pI f2 = \frac{f_p b2' \cdot f_p t2^3}{12} = \frac{19.00 \times 1.20^3}{12} = 2.736 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t_f - 1/2 \cdot f_p t2)^2 + pI f2 = 22.800 \times 22.000^2 + 2.736 = 11038 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (18306 + 11038) = 58688 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

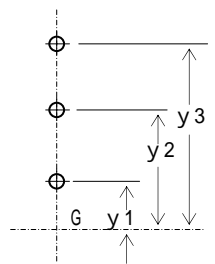
板幅  $w_p b = 32.00$  cm  
 板厚  $w_p t = 0.90$  cm  
 ボルト間隔  $w p2 = 8.0$  cm

$$pI w1 = \frac{w_p t \cdot w_p b^3}{12} = \frac{0.900 \times 32.00^3}{12} = 2458 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 160.00 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.50 \times 0.90 \times 2 \times 160.00 + 4 \times \frac{0.90 \times 2.50^3}{12} = 725 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (2458 - 725) = 3466 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

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

$$= 58688 + 3466 = 62154 \text{ cm}^4 > 50118 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(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

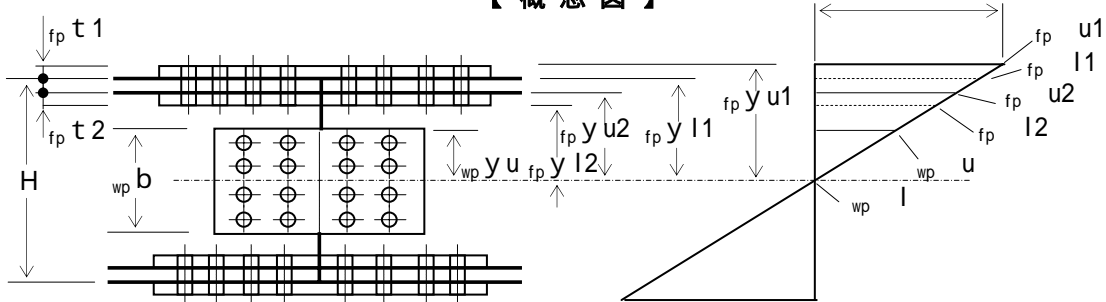
許容曲げ応力度  $Hba = 210 \text{ N/mm}^2$

断面係数  $Z' = 2080 \text{ cm}^3$

$$M_r = Hba \cdot Z'$$

$$= 210 \times 2080 \times 10^3 = 436800000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 62154 \text{ cm}^4$

$pIf = 58688 \text{ cm}^4$

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

$$= 436800000 \times \frac{58688}{62154} = 412441973 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$$pMf1 = pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf} \quad pIf1 = 18306 \text{ cm}^4$$

$$= 412441973 \times \frac{36612}{58688} = 257298349 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_p y_{u1} = 1/2 \cdot H + f_p t_1 = 1/2 \times 48.2 + 1.20 = 25.30 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{257298349}{2 \times 18306} \times \frac{25.30}{1000} = 178 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_p y_{l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 48.2 = 24.10 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{257298349}{36612} \times \frac{24.10}{1000} = 169 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

$${}_p I f_2 = 11038 \text{ cm}^4$$

$$= 412441973 \times \frac{22076}{58688} = 155143624 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{fp} y u_2 = 1/2 \cdot H - t f = 1/2 \times 48.2 - 1.50 = 22.60 \text{ cm}$$

$${}_{fp} u_2 = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y u_2 \quad {}_p \text{ ba}$$

$$= \frac{155143624}{22076} \times \frac{22.60}{1000} = 159 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 48.2 - 1.50 - 1.20 = 21.40 \text{ cm}$$

$${}_{fp} l_2 = \frac{{}_p M f_2}{2 \cdot {}_p I f_2} \cdot {}_{fp} y l_2 \quad {}_p \text{ ba}$$

$$= \frac{155143624}{22076} \times \frac{21.40}{1000} = 150 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{178 + 169}{2} \times 30.00 \times 10^2 = 520500 \text{ N}$$

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

$$= \frac{159 + 150}{2} \times 22.80 \times 10^2 = 352260 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 520500 + 352260 = 872760 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 22 \times 15 \times 355 = 117150$$

$$\left. \begin{array}{l} 216657 \\ 117150 \end{array} \right\} = \underline{117150} \text{ N} \quad (\text{最小})_{fb} S a$$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{872760}{4 \times 2}$$

$$= 109095 \text{ N} < 117150 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

### 3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$$\begin{aligned} {}_p I &= 62154 \text{ cm}^4 \\ {}_p I_w &= 3466 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$= 436800000 \times \frac{3466}{62154} = 24358027 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_{wp} y_u = 1/2 \cdot {}_{wp} b = 1/2 \times 32.00 = 16.00 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{24358027}{3466} \times \frac{16.00}{1000} = 112 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト1本の耐力 (F10T)

M 22

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

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

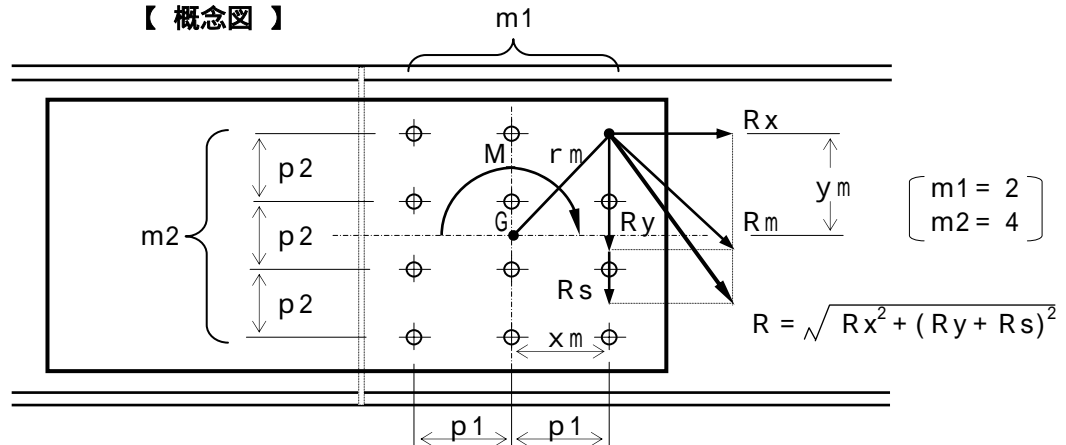
$$= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657$$

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

$$= 22 \times 11 \times 355 = 85910$$

$$\left. \begin{array}{l} 216657 \\ 85910 \end{array} \right\} = \frac{85910}{1} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 4 \times \{ 7.50^2 \times (2^2 - 1) + 8.00^2 \times (4^2 - 1) \}$$

$$= 753 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

$$y_m = 12.00 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.75^2 + 12.00^2} = 12.57 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{24358027}{753} \times \frac{12.00}{10} = 38818 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{24358027}{753} \times \frac{3.75}{10} = 12130 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{24358027}{753} \times \frac{12.57}{10} = 40661 \text{ N}$$

$$= 40661 \text{ N} < 85910 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$



(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 38.72 \text{ cm}^2 \\ &= 3872 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 3872 = 464640 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 39.60 \text{ cm}^2 \\ &= 3960 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{464640}{3960} = 117 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 1.1 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\ S_2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 11 \times 355 = 85910 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S_1 \\ S_2 \end{aligned}} \right\} = \underline{85910} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m_1 \cdot m_2} = \frac{464640}{2 \times 4} \\ &= 58080 \text{ N} < 85910 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

$$\begin{aligned} (\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 38818 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 12130 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 58080 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{38818^2 + (12130 + 58080)^2} \\ &= 80226 \text{ N} < 85910 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

### 3. 計算結果

母 材 H 4 8 2 × 3 0 0 × 1 1 × 1 5

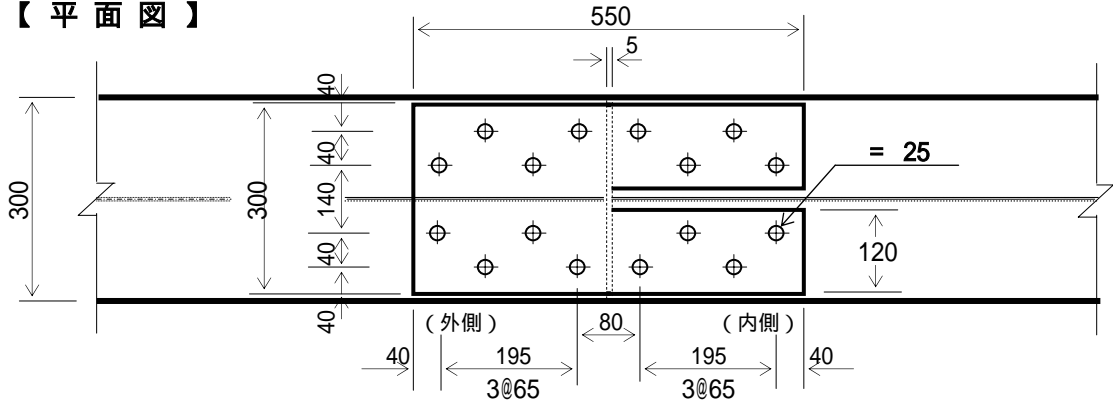
フランジ部 添接板仕様 2 枚 : PL 12 × 300 × 550  
4 枚 : PL 12 × 120 × 550

ボルト仕様 F10T : M22 - 32本 L = 80 mm  
( トリソ型高力ボルトの場合 L = 75 mm )

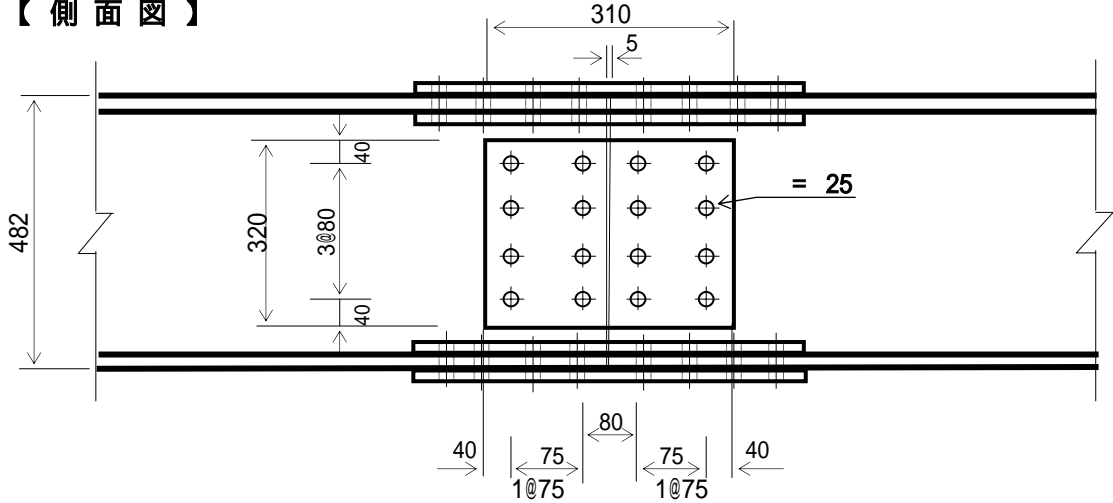
ウェブ部 添接板仕様 2 枚 : PL 9 × 320 × 310

ボルト仕様 F10T : M22 - 16本 L = 70 mm  
( トリソ型高力ボルトの場合 L = 65 mm )

【 平 面 図 】



【 側 面 図 】



【 断 面 図 】

