

ボルト継手計算書

H 4 8 2 × 3 0 0 × 1 1 × 1 5

建築仕様

(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-K

(ボルトJIS) 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	$a =$	135	N/mm ²
H形鋼の許容支圧応力度(1.25×235×係数 _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	$a =$	135	N/mm ²
添接板の許容支圧応力度(1.25×235×係数 _P)	$a =$	441	N/mm ² (SS400)
ボルトの許容せん断応力度 _B	$a =$	220	N/mm ² (F10T)

(2) 設計母材

JIS: H482

H形鋼: H482×300×11×15

(3) 添接板

	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+3mm) $dh = 2.50$ 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

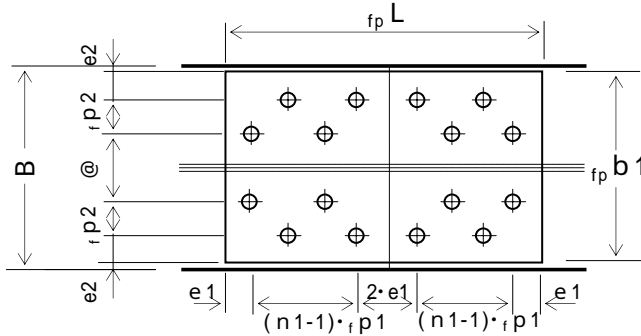
フランジボルトの軸方向間隔 $f p1 = 6.5$ cm

フランジボルトの横断方向間隔 $f p2 = 4.0$ cm

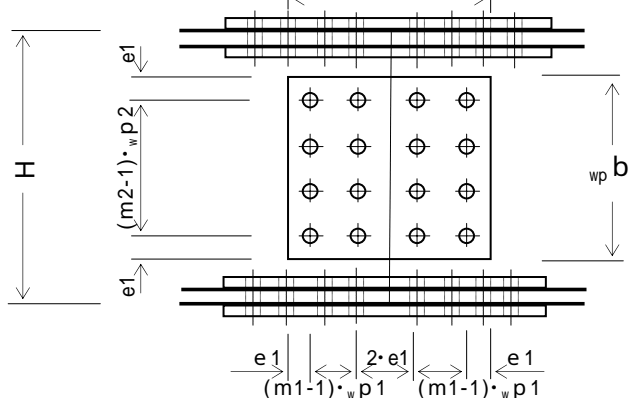
ウェブボルトの軸方向間隔 $w p1 = 7.5$ cm

ウェブボルトの横断方向間隔 $w p2 = 8.0$ cm

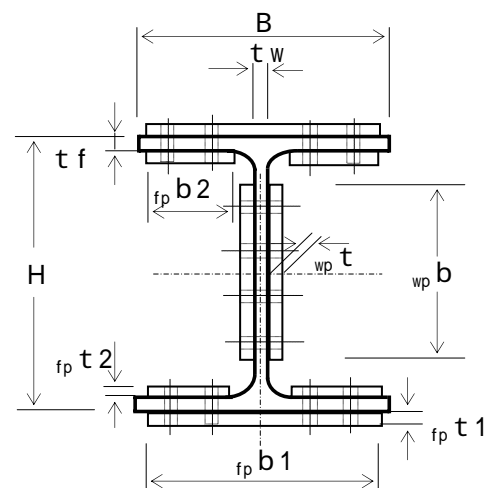
平面図



側面図



断面図

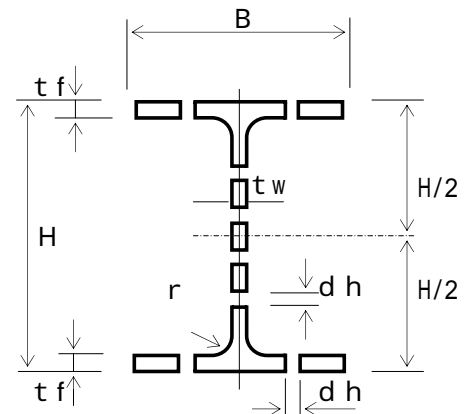


2. 継手部の設計

(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 _w =	1.1	cm
フ ラ ン ジ 厚	t _f =	1.5	cm
フ イ レ ッ ト	r =	1.3	cm
断 面 積	A =	141.20	cm ²
断 面 係 数	Z =	2420	cm ³
断 面 二 次 モ - メ ン ト	I =	58300	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 =	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)

$$\begin{aligned} {}_B A_{f1} &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 2 = 6.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A_{f1} &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A_{f1} \\ &= 30.00 \times 1.20 - 6.00 = 30.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A_{f2} &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 2 = 6.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A_{f2} &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A_{f2} \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.20 - 6.00 = 22.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A_f &= 2 \cdot ({}_P A_{f1} + {}_P A_{f2}) \\ &= 2 \times (30.00 + 22.80) = 105.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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)

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

$$\begin{aligned} {}_P A_{W1} &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A_W \\ &= 32.00 \times 0.90 - 9.00 = 19.80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A_W &= 2 \cdot {}_P A_{W1} \\ &= 2 \times 19.80 = 39.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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 $pA f1 = 30.00$ cm²
 内側板幅 $f_p b2 = 12.00$ cm
 板厚 $f_p t2 = 1.20$ cm
 面積 $pA f2 = 22.80$ cm²

(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

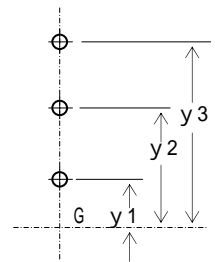
板幅 $w_p b = 32.00$ cm
 板厚 $w_p t = 0.90$ cm
 ボルト間隔 $w p2 = 8.0$ cm

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

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

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

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



(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

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

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

(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

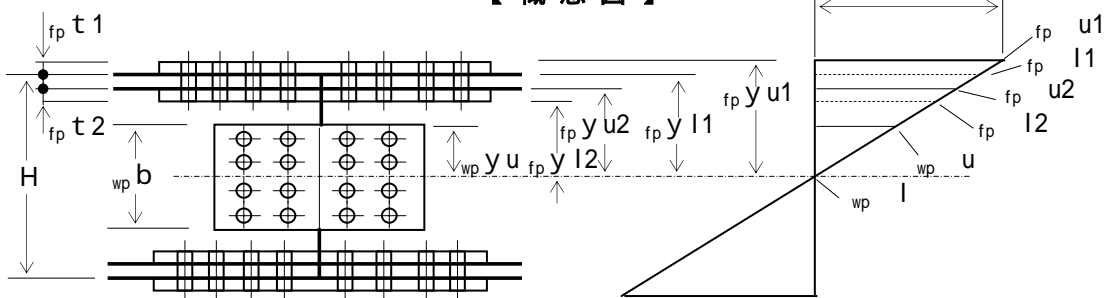
許容曲げ応力度 $\sigma_{ba} = 235 \text{ N/mm}^2$

断面係数 $Z' = 2080 \text{ cm}^3$

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

$$= 235 \times 2080 \times 10^3 = 488800000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$\rho I = 62154 \text{ cm}^4$

$\rho I f = 58688 \text{ cm}^4$

$${}_p M_f = M_r \cdot \frac{\rho I f}{\rho I}$$

$$= 488800000 \times \frac{58688}{62154} = 461542208 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

(外側フランジ)

$${}_p M_{f1} = {}_p M_f \cdot \frac{2 \cdot \rho I f_1}{\rho I f}$$

$\rho I f_1 = 18306 \text{ cm}^4$

$$= 461542208 \times \frac{36612}{58688} = 287929105 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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

$$f_p u1 = \frac{{}_p M_{f1}}{2 \cdot \rho I f_1} \cdot f_{p y u1} \quad \rho \text{ ba}$$

$$= \frac{287929105}{2 \times 18306} \times \frac{25.30}{1000} = 199 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

$$f_{p y l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 48.2 = 24.10 \text{ cm}$$

$$f_p l1 = \frac{{}_p M_{f1}}{2 \cdot \rho I f_1} \cdot f_{p y l1} \quad \rho \text{ ba}$$

$$= \frac{287929105}{36612} \times \frac{24.10}{1000} = 190 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(内側フランジ)

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

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

$$= 461542208 \times \frac{22076}{58688} = 173613103 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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

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

$$= \frac{173613103}{22076} \times \frac{22.60}{1000} = 178 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

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

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

$$= \frac{173613103}{22076} \times \frac{21.40}{1000} = 168 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

(ボルト)

ボルトの許容せん断応力度 ${}_B a = 220 \text{ N/mm}^2$

H形鋼の許容支圧応力度 ${}_H a = 441 \text{ N/mm}^2$

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

$$= \frac{199 + 190}{2} \times 30.00 \times 10^2 = 583500 \text{ N}$$

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

$$= \frac{178 + 168}{2} \times 22.80 \times 10^2 = 394440 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 583500 + 394440 = 977940 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

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

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

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

$$= 22 \times 15 \times 441 = 145530$$

$$\left. \begin{array}{l} 167244 \\ 145530 \end{array} \right\} = \underline{145530} \text{ N}$$

(最小) ${}_{f_b} S a$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{977940}{4 \times 2}$$

$$= 122243 \text{ N} < 145530 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

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

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

$$= 488800000 \times \frac{3466}{62154} = 27257792 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

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

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

$$= \frac{27257792}{3466} \times \frac{16.00}{1000} = 126 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト1本の耐力 (F10T)

M 22

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

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

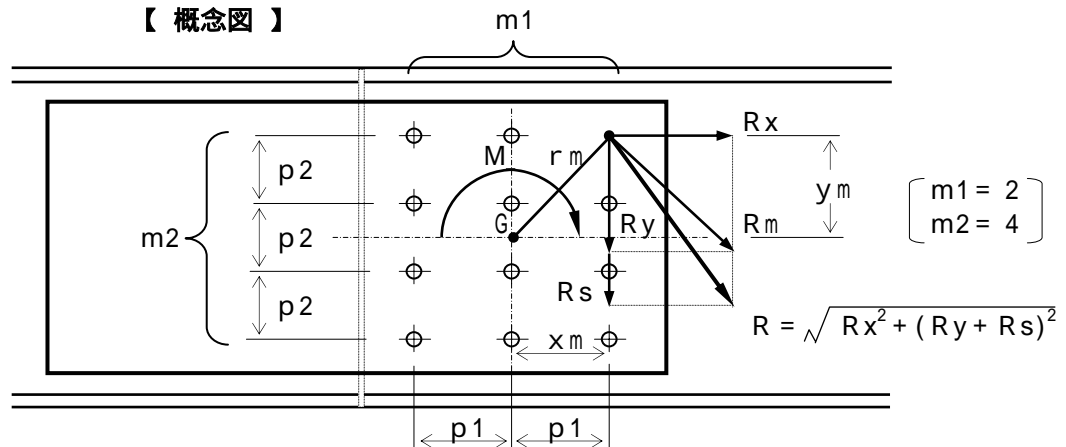
$$= 2 \times 380.1 \times 220 = 167244$$

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

$$= 22 \times 11 \times 441 = 106722$$

$$\left. \begin{aligned} &= 167244 \\ &= 106722 \end{aligned} \right\} = \frac{106722}{\text{最小}} \text{ N} = {}_{wb} S_a$$

【 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)

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

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

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

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{27257792}{753} \times \frac{12.00}{10} = 43439 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{27257792}{753} \times \frac{3.75}{10} = 13575 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} R_m &= \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{27257792}{753} \times \frac{12.57}{10} \\ &= 45502 \text{ N} < 106722 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 135 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 38.72 \text{ cm}^2 \\ &= 3872 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 135 \times 3872 = 522720 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

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

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{522720}{3960} = 132 \text{ N/mm}^2 < 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_a &= 220 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_a &= 441 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 1.1 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S_1 &= 2 \cdot A_B \cdot \sigma_a \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 220 = 167244 \\ S_2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_a \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 11 \times 441 = 106722 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S_1 \\ S_2 \end{aligned}} \right\} = \underline{106722 \text{ N}} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m_1 \cdot m_2} = \frac{522720}{2 \times 4} \\ &= 65340 \text{ N} < 106722 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

$$\begin{aligned} (\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 43439 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 13575 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 65340 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{43439^2 + (13575 + 65340)^2} \\ &= 90081 \text{ N} < 106722 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3. 計算結果

母材 H482 × 300 × 11 × 15

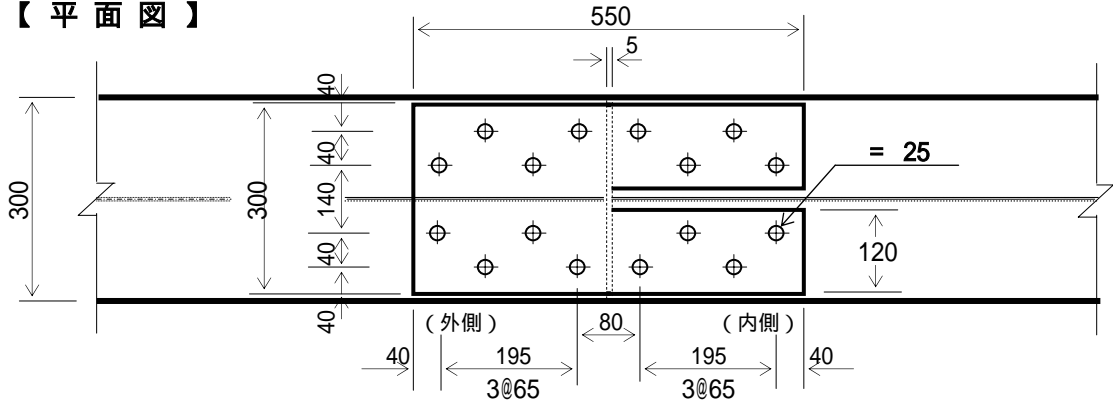
フランジ部 添接板仕様 2枚: PL 12 × 300 × 550
4枚: PL 12 × 120 × 550

ボルト仕様 F10T: M22 - 32本 L = 80 mm
(トルク型高力ボルトの場合 L = 75 mm)

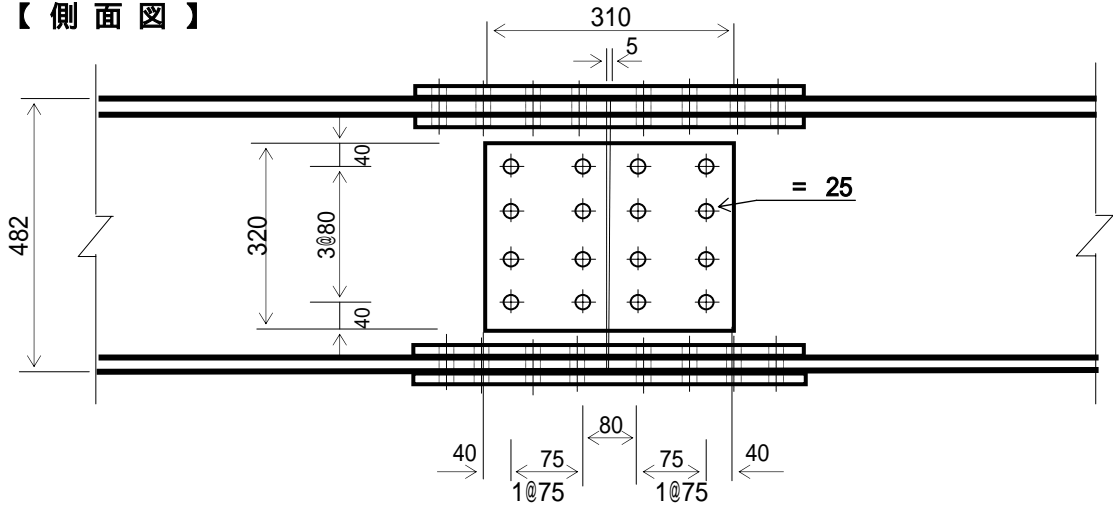
ウェブ部 添接板仕様 2枚: PL 9 × 320 × 310

ボルト仕様 F10T: M22 - 16本 L = 70 mm
(トルク型高力ボルトの場合 L = 65 mm)

【平面図】



【側面図】



【断面図】

