

ボルト継手計算書

H708 × 302 × 15 × 28

土木仕様

(SI単位)

ヒロセ株式会社

ボルト継手 (H708×302) 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。)
 (鋼材コト) SS400-D (ボルトコト) F10T-D

「道路土工 仮設構造物指針 (日本道路協会)」に準拠する。

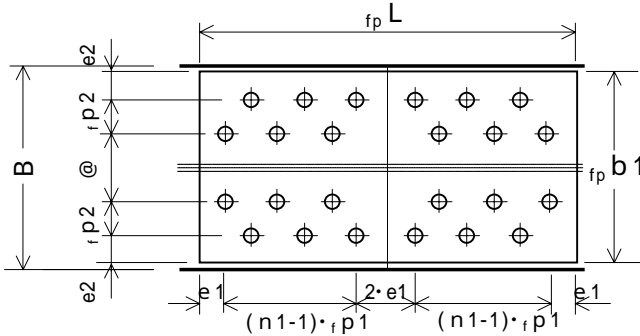
仮設鋼材の許容応力度の割増	係数 =	1.50	
H形鋼の許容曲げ・引張応力度 _H	$ba =_H ta =$	210	N/mm ² (SS400)
H形鋼の許容せん断応力度 _H	$a =$	120	N/mm ²
H形鋼の許容支圧応力度 _H	$a =$	355	N/mm ² (SS400)
添接板の許容曲げ・引張応力度 _P	$ba =_P ta =$	210	N/mm ² (SS400)
添接板の許容せん断応力度 _P	$a =$	120	N/mm ²
添接板の許容支圧応力度 _P	$a =$	355	N/mm ² (SS400)
ボルトの許容せん断応力度 _B	$a =$	285	N/mm ² (F10T)

- (2) 設計母材 コト: H708
H形鋼: H708×302×15×28

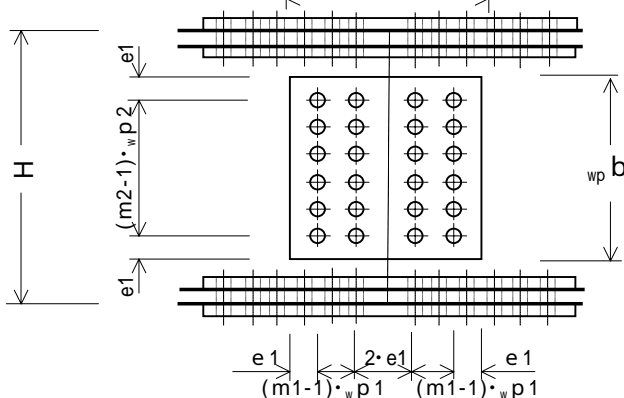
- (3) 添接板
- | | | | | | |
|--------------|----|---|-----|---|-----|
| フランジ: 2・PL - | 19 | × | 300 | × | 810 |
| 4・PL - | 19 | × | 120 | × | 810 |
| ウェブ: 2・PL - | 12 | × | 480 | × | 310 |

- (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 | $n1 =$ | 6 | 本 (軸方向) |
| ウェブのボルト本数 | $m1 =$ | 2 | 本 (軸方向) |
| フランジのボルト本数 | $n2 =$ | 2 | 本 (軸横断) |
| ウェブのボルト本数 | $m2 =$ | 6 | 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 |

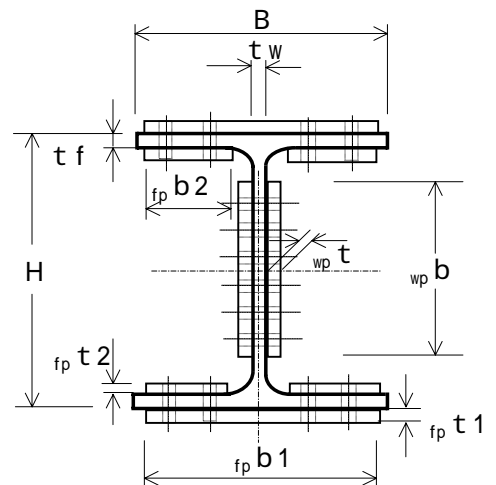
平面図



側面図



断面図

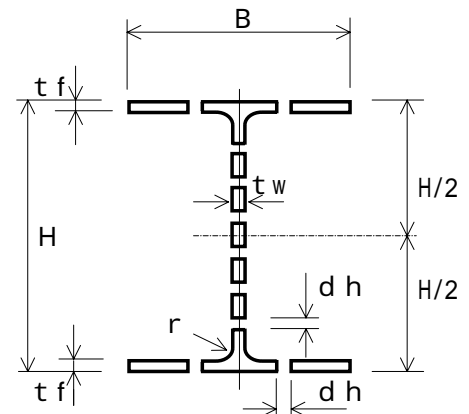


2. 継手部の設計

(1) 母材の断面性能計算

1) 母材 H708 × 302 × 15 × 28

H形鋼の高さ	H =	70.8	cm
H形鋼の幅	B =	30.2	cm
ウェブ厚	t _w =	1.5	cm
フランジ厚	t _f =	2.8	cm
フレット	r =	1.8	cm
断面積	A =	269.70	cm ²
断面係数	Z =	6590	cm ³
断面二次モメント	I =	233000	cm ⁴



2) ボルト孔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)

$$\begin{aligned} \text{(ウェブボルト孔)} \quad {}_B A_w &= d_h \cdot t_w \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.50 \times 6 = 22.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ウェブ)} \quad {}_H A_w' &= t_w (H - 2 \cdot t_f) - {}_B A_w \\ &= 1.50 \times (70.8 - 2 \times 2.80) - 22.50 \\ &= 75.30 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジボルト孔)} \quad {}_B A_f &= d_h \cdot t_f \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 2.80 \times 2 = 14.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(フランジ)} \quad {}_H A_f' &= A - t_w (H - 2 \cdot t_f) - 2 \cdot {}_B A_f \\ &= 269.70 - 1.50 \times (70.8 - 2 \times 2.80) \\ &\quad - 2 \times 14.00 \\ &= 143.90 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A' = {}_H A_f' + {}_H A_w' = 143.90 + 75.30 = 219.20 \text{ cm}^2$$

(断面二次モメント：ウェブ孔は控除しない場合)

$$\begin{aligned} {}_B I_f &= \frac{d_h \cdot t_f^3 \cdot n_2}{12} = \frac{2.50 \times 2.80^3 \times 2}{12} \\ &= 9.147 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(片フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f &= {}_B A_f \cdot (1/2 \cdot H - 1/2 \cdot t_f)^2 + {}_B I_f \\ &= 14.000 \times 34.000^2 + 9.147 = 16193 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{(両フランジボルト孔)} \quad {}_B I_f' = 2 \cdot {}_B I_f = 2 \times 16193 = 32386 \text{ cm}^4$$

$$I' = I - {}_B I_f' = 233000 - 32386 = 200614 \text{ cm}^4$$

(断面係数)

$$Z' = \frac{I'}{1/2 \cdot H} = \frac{200614}{35.40} = 5667 \text{ cm}^3$$

(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 $f_p t_1 = 1.90$ cm
内側板幅 $f_p b_2 = 12.00$ cm
板厚 $f_p t_2 = 1.90$ 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)

$$\begin{aligned} {}_B A f_1 &= d_h \cdot f_p t_1 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.90 \times 2 = 9.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_1 &= f_p b_1 \cdot f_p t_1 - {}_B A f_1 \\ &= 30.00 \times 1.90 - 9.50 = 47.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(内側添接板)

$$\begin{aligned} {}_B A f_2 &= d_h \cdot f_p t_2 \cdot n_2 \\ &= 2.50 \times 1.90 \times 2 = 9.50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A f_2 &= 2 \cdot f_p b_2 \cdot f_p t_2 - {}_B A f_2 \\ &= 2 \times 12.00 \times 1.90 - 9.50 = 36.10 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(フランジ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A f &= 2 \cdot ({}_P A f_1 + {}_P A f_2) \\ &= 2 \times (47.50 + 36.10) = 167.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板

板幅 $w_p b = 48.0$ cm
板厚 $w_p t = 1.20$ cm
ボルト本数 $m_2 = 6$ 本 (軸横断)

$$\begin{aligned} {}_B A W &= d_h \cdot w_p t \cdot m_2 \\ &= 2.50 \times 1.20 \times 6 = 18.00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} {}_P A W_1 &= w_p b \cdot w_p t - {}_B A W \\ &= 48.00 \times 1.20 - 18.00 = 39.60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(ウェブ合計)

$$\begin{aligned} {}_P A W &= 2 \cdot {}_P A W_1 \\ &= 2 \times 39.60 = 79.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3) 断面積

$$\begin{aligned} {}_P A &= {}_P A f + {}_P A W \quad A' \\ &= 167.20 + 79.20 = 246.40 \text{ cm}^2 > 219.20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

-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 $m2 = 6$ 本 (軸横断)

外側板幅 $fp b1 = 30.00$ cm
 板厚 $fp t1 = 1.90$ cm
 面積 $pA f1 = 47.50$ cm²
 内側板幅 $fp b2 = 12.00$ cm
 板厚 $fp t2 = 1.90$ cm
 面積 $pA f2 = 36.10$ cm²

(外側添接板)

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

$$pI f1 = \frac{fp b1' \cdot fp t1^3}{12} = \frac{25.00 \times 1.90^3}{12} = 14.290 \text{ cm}^4$$

$$pI f1 = pA f1 \cdot (1/2 \cdot H + 1/2 \cdot fp t1)^2 + pI f1 = 47.500 \times 36.350^2 + 14.290 = 62777 \text{ cm}^4$$

(内側添接板)

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

$$pI f2 = \frac{fp b2' \cdot fp t2^3}{12} = \frac{19.00 \times 1.90^3}{12} = 10.860 \text{ cm}^4$$

$$pI f2 = pA f2 \cdot (1/2 \cdot H - t f - 1/2 \cdot fp t2)^2 + pI f2 = 36.100 \times 31.650^2 + 10.860 = 36173 \text{ cm}^4$$

(フランジ合計)

$$pI f = 2 \cdot (pI f1 + pI f2) = 2 \times (62777 + 36173) = 197900 \text{ cm}^4$$

2) ウェブ添接板

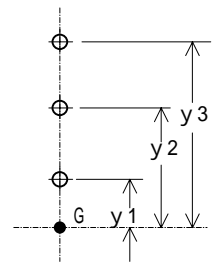
板幅 $wp b = 48.00$ cm
 板厚 $wp t = 1.20$ cm
 ボルト間隔 $w p2 = 8.0$ cm

$$pI w1 = \frac{wp t \cdot wp b^3}{12} = \frac{1.200 \times 48.00^3}{12} = 11059 \text{ cm}^4$$

$$y = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots = 560.00 \text{ cm}^2$$

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

$$= 2.50 \times 1.20 \times 2 \times 560.00 + 6 \times \frac{1.20 \times 2.50^3}{12} = 3369 \text{ cm}^4$$



(ウェブ合計)

$$pI w = 2 \cdot (pI w1 - pI w1) = 2 \times (11059 - 3369) = 15380 \text{ cm}^4$$

3) 断面二次モーメント

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

$$= 197900 + 15380 = 213280 \text{ cm}^4 > 200614 \text{ cm}^4 \quad \text{-OK-}$$

(4) 曲げモ - メントの計算

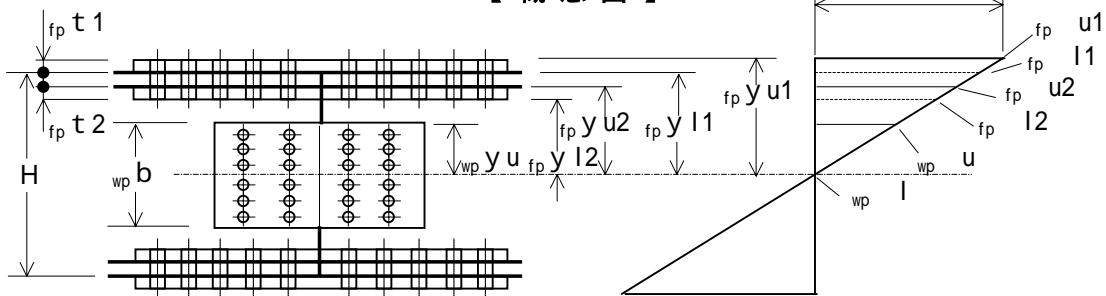
1) H形鋼1本当たりの抵抗曲げモ - メント

許容曲げ応力度 $Hba = 210 \text{ N/mm}^2$

断面係数 $Z' = 5667 \text{ cm}^3$

$$\begin{aligned}
 M_r &= Hba \cdot Z' \\
 &= 210 \times 5667 \times 10^3 = 1190070000 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

【概念図】



2) フランジ添接板およびボルトの検討

$pI = 213280 \text{ cm}^4$

$pIf = 197900 \text{ cm}^4$

$$\begin{aligned}
 pMf &= M_r \cdot \frac{pIf}{pI} \\
 &= 1190070000 \times \frac{197900}{213280} = 1104251936 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

(外側フランジ)

$$\begin{aligned}
 pMf1 &= pMf \cdot \frac{2 \cdot pIf1}{pIf} & pIf1 &= 62777 \text{ cm}^4 \\
 &= 1104251936 \times \frac{125554}{197900} = 700572246 \text{ N}\cdot\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$f_p y_{u1} = 1/2 \cdot H + f_p t_1 = 1/2 \times 70.8 + 1.90 = 37.30 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f_p u1 &= \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot f_p y_{u1} \cdot pba \\
 &= \frac{700572246}{2 \times 62777} \times \frac{37.30}{1000} = 208 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2 \\
 &\text{-OK-}
 \end{aligned}$$

$$f_p y_{l1} = 1/2 \cdot H = 1/2 \times 70.8 = 35.40 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f_p l1 &= \frac{pMf1}{2 \cdot pIf1} \cdot f_p y_{l1} \cdot pba \\
 &= \frac{700572246}{125554} \times \frac{35.40}{1000} = 198 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2 \\
 &\text{-OK-}
 \end{aligned}$$

(内側フランジ)

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

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

$$= 1104251936 \times \frac{72346}{197900} = 403679690 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$f_{p y u_2} = 1/2 \cdot H - t_f = 1/2 \times 70.8 - 2.80 = 32.60 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{403679690}{72346} \times \frac{32.60}{1000} = 182 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

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

$$= 1/2 \times 70.8 - 2.80 - 1.90 = 30.70 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{403679690}{72346} \times \frac{30.70}{1000} = 171 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$= \frac{208 + 198}{2} \times 47.50 \times 10^2 = 964250 \text{ N}$$

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

$$= \frac{182 + 171}{2} \times 36.10 \times 10^2 = 637165 \text{ N}$$

$${}_p T f = {}_p T f_1 + {}_p T f_2 = 964250 + 637165 = 1601415 \text{ N}$$

ボルト1本の耐力 (F10T)

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

$$S 1 = 2 \cdot {}_B A \cdot {}_B a \quad (\text{二面せん断})$$

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

$$S 2 = d \cdot t_f \cdot {}_H a \quad (\text{鋼板の支圧})$$

$$= 22 \times 28 \times 355 = 218680$$

$$\left. \begin{array}{l} 216657 \\ 218680 \end{array} \right\} = \underline{216657} \text{ N} \\ (\text{最小}) f_b S a$$

$$Q f = \frac{{}_p T f}{n_1 \cdot n_2} = \frac{1601415}{6 \times 2}$$

$$= 133451 \text{ N} < 216657 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

3) ウェブ添接板およびボルトの検討

$${}_p I = 213280 \text{ cm}^4$$

$${}_p I_w = 15380 \text{ cm}^4$$

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

$$= 1190070000 \times \frac{15380}{213280} = 85818064 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$${}_w y_u = 1/2 \cdot {}_w b = 1/2 \times 48.00 = 24.00 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{85818064}{15380} \times \frac{24.00}{1000} = 134 \text{ N/mm}^2 < 210 \text{ N/mm}^2$$

-OK-

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

M 22

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

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

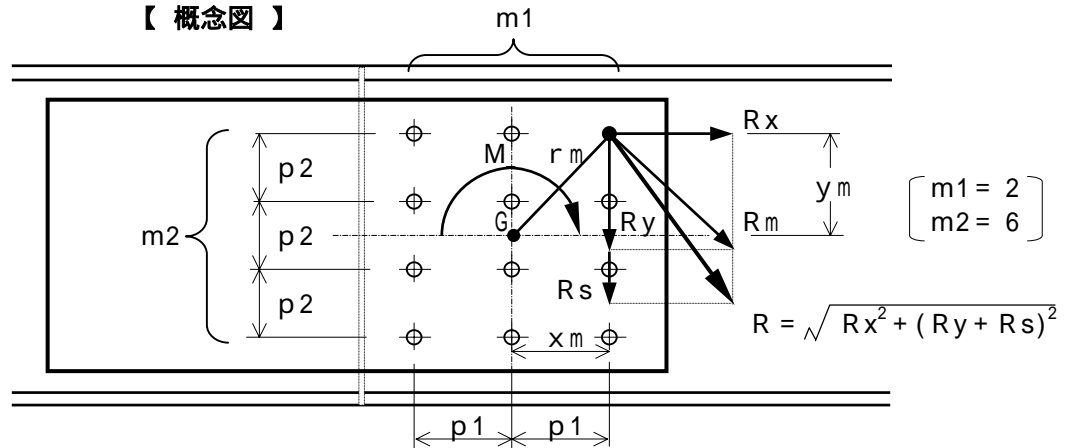
$$= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657$$

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

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

$$\left. \begin{array}{l} 216657 \\ 117150 \end{array} \right\} = \frac{117150}{\text{最小}} \text{ N} = \text{最小 } {}_w b S_a$$

【 概念図 】



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

$$= 1/12 \times 2 \times 6 \times \{ 7.50^2 \times (2^2 - 1) + 8.00^2 \times (6^2 - 1) \}$$

$$= 2409 \text{ cm}^2$$

(ボルト群の回転中心Gから最外端ボルトまでの距離)

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

$$y_m = 20.00 \text{ cm}$$

$$r_m = \sqrt{3.75^2 + 20.00^2} = 20.35 \text{ cm}$$

$$R_x = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times y_m = \frac{85818064}{2409} \times \frac{20.00}{10} = 71248 \text{ N}$$

$$R_y = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times x_m = \frac{85818064}{2409} \times \frac{3.75}{10} = 13359 \text{ N}$$

$$R_m = \frac{{}_p M_w}{I_p} \times r_m = \frac{85818064}{2409} \times \frac{20.35}{10} = 72495 \text{ N}$$

$$= 72495 \text{ N} < 117150 \text{ N} \quad \text{-OK-}$$

(5) せん断力の計算

1) H形鋼 1 本当たりの抵抗せん断力

$$\begin{aligned} \text{許容せん断応力度 } \sigma_a &= 120 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブせん断有効面積 } A_w' &= 75.30 \text{ cm}^2 \\ &= 7530 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_r &= \sigma_a \cdot A_w' \\ &= 120 \times 7530 = 903600 \text{ N} \end{aligned}$$

2) ウェブ添接板の応力度

$$\begin{aligned} \text{添接板断面積 } A_p &= 79.20 \text{ cm}^2 \\ &= 7920 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{S_r}{A_p} \\ &= \frac{903600}{7920} = 114 \text{ N/mm}^2 < 120 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3) ボルトの応力

$$\begin{aligned} \text{ボルトの許容せん断応力度 } \sigma_b &= 285 \text{ N/mm}^2 \\ \text{H形鋼の許容支圧応力度 } \sigma_h &= 355 \text{ N/mm}^2 \\ \text{ウェブ厚 } t_w &= 1.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

ボルト 1 本の耐力 (F10T)

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

$$\begin{aligned} S1 &= 2 \cdot A_b \cdot \sigma_b \quad (\text{二面せん断}) \\ &= 2 \times 380.1 \times 285 = 216657 \\ S2 &= d \cdot t_w \cdot \sigma_h \quad (\text{鋼板の支圧}) \\ &= 22 \times 15 \times 355 = 117150 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} S1 \\ S2 \end{aligned}} \right\} = \underline{117150} \text{ N} \quad (\text{最小})_{wb} S_a$$

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{S_r}{m1 \cdot m2} = \frac{903600}{2 \times 6} \\ &= 75300 \text{ N} < 117150 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

(6) ウェブボルトの合成応力

$$\begin{aligned} &(\text{最外端ボルトの応力}) \\ \text{X方向成分(曲げ)} \quad R_x &= 71248 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(曲げ)} \quad R_y &= 13359 \text{ N/本} \\ \text{Y方向成分(せん断)} \quad R_s &= 75300 \text{ N/本} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + (R_y + R_s)^2} \\ &= \sqrt{71248^2 + (13359 + 75300)^2} \\ &= 113740 \text{ N} < 117150 \text{ N} \quad \text{-OK-} \end{aligned}$$

3. 計算結果

母材 H 7 0 8 × 3 0 2 × 1 5 × 2 8

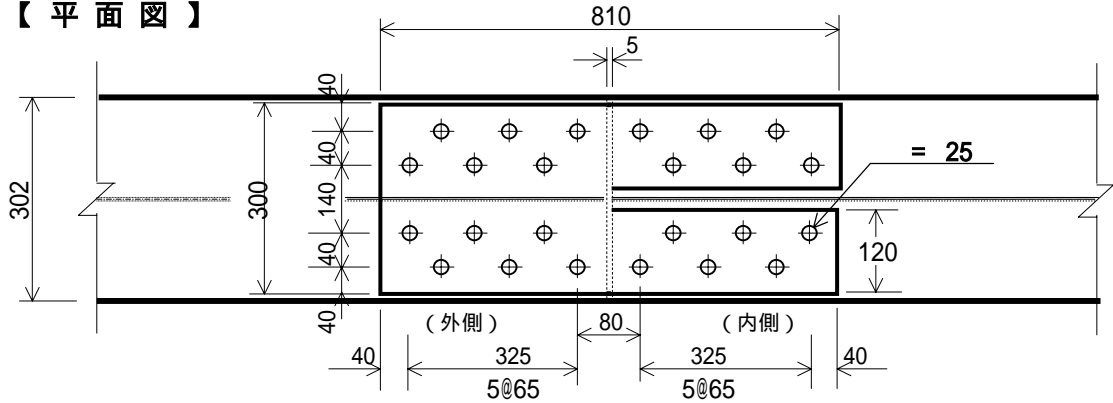
フランジ部 添接板仕様 2枚： PL 19 × 300 × 810
4枚： PL 19 × 120 × 810

ボルト仕様 F10T： M22 - 48本 L = 110 mm
(HJ型高力ボルトの場合 L = 105 mm)

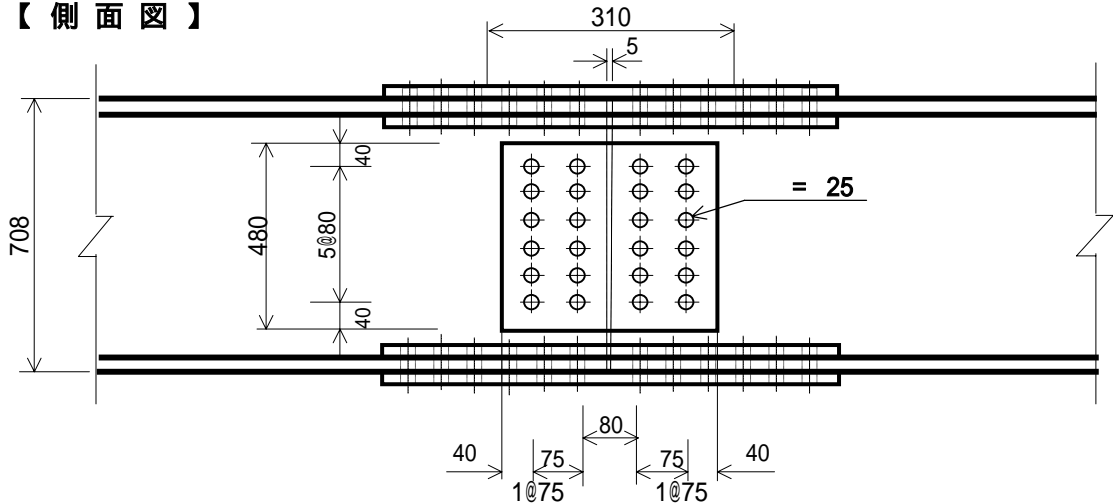
ウェブ部 添接板仕様 2枚： PL 12 × 480 × 310

ボルト仕様 F10T： M22 - 24本 L = 80 mm
(HJ型高力ボルトの場合 L = 75 mm)

【 平面図 】



【 側面図 】



【 断面図 】

