

## 横補剛の接合部と剛性確認

準拠する基規準類

- 日本建築センター：「ビルディングレター」（2010年8月）  
日本建築学会：「鋼構造接合部設計指針」（第2版 2006年3月）  
（以下「**接合部指針**」と呼びます）  
日本建築学会：「鋼構造塑性設計指針・同解説」（第2版 2010年2月）  
（以下「**塑性指針**」と呼びます）  
日本建築学会：「鋼構造限界状態設計指針・同解説」（第2版 2002年9月）  
（以下「**S造限界状態指針**」と呼びます。）  
日本建築学会：「各種合成構造設計指針・同解説」（第1版 1985年2月）  
（以下「**合成構造指針**」と呼びます。）

### 1) 必要補剛力

集中横力

$$F = 0.02 \cdot \sigma_y \cdot A / 2$$

ここに、

- F : 集中横力 (N)  
A : 大ばりの全断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_y$  : 大ばりの降伏点強度 (N/mm<sup>2</sup>)

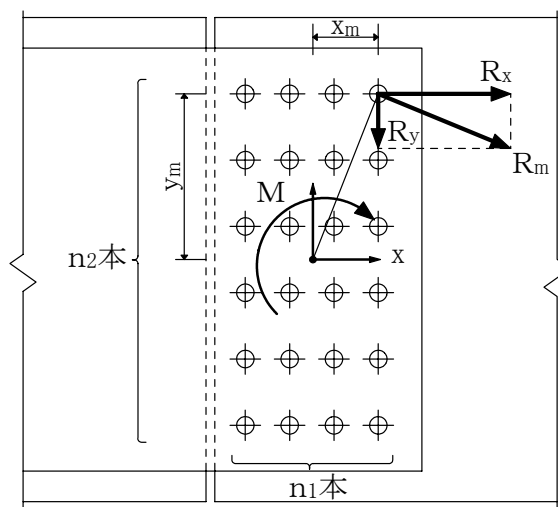
※補剛材が両側の場合はFを1/2とします。

※係数0.02はプログラムで指定することができます。

### 2) ボルトの検討

- ・上端フランジが床面による拘束が無い場合

ボルトに生じる最大の作用力は、**接合部指針**による、組合せ応力を受けるボルトの検討用作用力（2.25a式、2.25b式）から求めます。



面内曲げを受ける接合部におけるボルトへの作用力

ボルトに生じる最大の作用力  $R_m$

$$R_m = \sqrt{(R_x + R_n)^2 + (R_y + R_q)^2}$$

ここに、

$R_n$  : ボルト 1 本あたりの負担軸方向力 (= 軸方向力  $P$  / ボルト本数  $n$ )

$R_q$  : ボルト 1 本あたりの負担せん断力 (= せん断力  $Q$  / ボルト本数  $n$ )

$R_x, R_y$  : 作用曲げモーメントによって接合部の中心から最も離れた位置にあるボルトに作用する材軸方向および材軸直交方向のせん断力

$$R_x = M \frac{y_m}{\sum r_i^2} \left( = \frac{M}{Z_b} \cos \theta \right) \quad R_y = M \frac{x_m}{\sum r_i^2} \left( = \frac{M}{Z_b} \sin \theta \right)$$

$r_i$  : 接合部の中心と  $i$  番目のボルト孔中心との間の距離

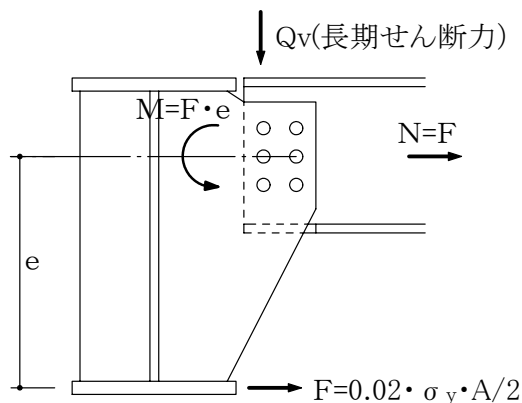
$y_m$  : 中心から最も離れた位置にあるボルトの材軸直交方向の距離

$x_m$  : 中心から最も離れた位置にあるボルトの材軸方向の距離

$Z_b$  : ボルトの回転中心に対する断面係数

$\theta$  : 偏心曲げによるボルト 1 本あたりに作用するせん断力方向と、水平方向(軸力方向)の角度

上記に示した、**接合部指針**(2.25a 式)より、



接合部中心からのボルト 1 本あたりの設計せん断力 (最大応力位置)

$$Q_b = \sqrt{\left( \frac{Q_v}{n} + \frac{M}{Z_b} \sin \theta \right)^2 + \left( \frac{N}{n} + \frac{M}{Z_b} \cos \theta \right)^2}$$

ここに、

$Q_b$  : 設計用せん断力 (N)

$Q_v$  : 長期せん断力 (N)

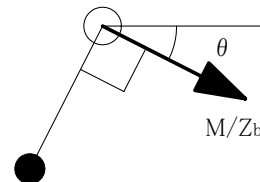
$n$  : ボルトの全本数

$M$  : ボルト中心を回転中心位置における外力  $F$  による曲げモーメント (=  $F \cdot e$ ) (Nmm)

$F$  : 集中横力 (N)

$e$  : 偏心距離 (mm)

$\theta$  : 偏心曲げによるボルト 1 本あたりに作用するせん断力方向と、水平方向(軸力方向)の角度



$Z_b$  : ボルトの回転中心に対する断面係数 (mm)

$$Z_b = \sum r_i^2 / m$$

$r_i$  : 接合部の中心と  $i$  番目のボルト孔中心との間の距離 (mm)

$m$  : 接合部の中心と中心から最も離れた位置にあるボルト孔中心との間の距離 (mm)

$N$  : 軸方向力 (=  $F$ ) (N)

上記より求めた、ボルト 1 本当たりの設計用せん断力  $Q_b$  が、ボルト 1 本当たりの許容せん断力以下であることを確認します。

$$Q_b / R_s \leq 1.0$$

ここに、

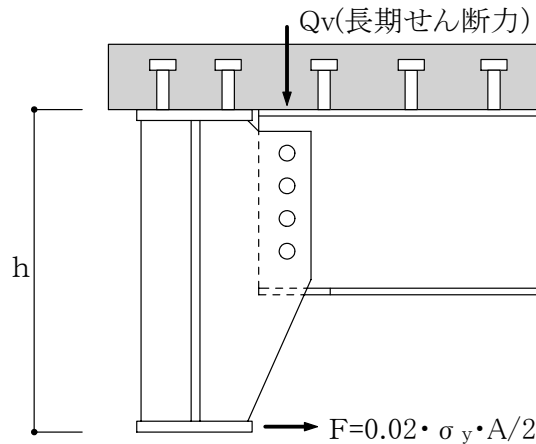
$Q_b$  : ボルト 1 本当たりの設計用せん断力 (N)

$R_s$  : ボルト 1 本当たりの許容せん断力 (N)

※ボルト中心位置は、必ず小ばり (補剛材) のはりせいの 1/2 にあるとして検討します。

※大ばり上フランジ面と小ばり (補剛材) の上フランジ面の位置は同一位置として検討します。

#### ・上端フランジが床面による拘束がある場合



「・上端フランジが床面による拘束が無い場合」に示した、**接合部指針**(2.25a 式)より、上フランジ面を回転中心とした場合のボルト 1 本あたりの設計せん断力 (最大応力位置)

$$Q_E = \sqrt{\left( \frac{Q_v}{n} + \frac{M}{Z_b} \sin \theta \right)^2 + \left( \frac{N}{n} + \frac{M}{Z_b} \cos \theta \right)^2}$$

ここに、

$Q_E$  : 上フランジ面を回転中心とするボルト 1 本あたりに作用するせん断力 (N)

$Q_v$  : 長期せん断力 (N)

$N$  : 軸方向力 (=  $F$ ) (N)

$n$  : ボルトの全本数

$M$  : 上フランジ面を回転中心位置における外力  $F$  による曲げモーメント (=  $F \cdot h$ ) (Nmm)

$F$  : 集中横力 (N)

$h$  : 上フランジ面から下端フランジ中央までの距離 (mm)

$Z_b$  : 上フランジ面を回転中心とするボルト単位面積あたりの断面係数 (mm)

$$Z_b = \sum r_i^2 / m$$

$r_i$  : 上フランジ面を回転中心位置と  $i$  番目のボルト孔中心との間の距離 (mm)

$m$  : 上フランジ面を回転中心位置から最も離れた位置にあるボルト孔中心との間の距離 (mm)

上記より求めた、ボルト 1 本当たりの設計用せん断力が、ボルト 1 本当たりの許容せん断力以下であることを確認します。

$$Q_E/R_s \leq 1.0$$

ここに、

$Q_E$  : ボルト 1 本当たりの設計用せん断力 (N)

$R_s$  : ボルト 1 本当たりの許容せん断力 (N)

※大ばり上フランジ面と小ばり (補剛材) の上フランジ面の位置は同一位置として検討します。

### 3) スタッドボルトの検討 (上端フランジが床面による拘束がある場合)

スタッドボルトの短期許容せん断力  $q_s$  (N) は、

$$q_s = 0.6 \left( 0.5_{sc} a \sqrt{F_c E_c} \right) = 0.3_{sc} a \sqrt{F_c E_c}$$

ここに、

$sc a$  : スタッドボルトの軸部断面積 ( $\text{mm}^2$ )

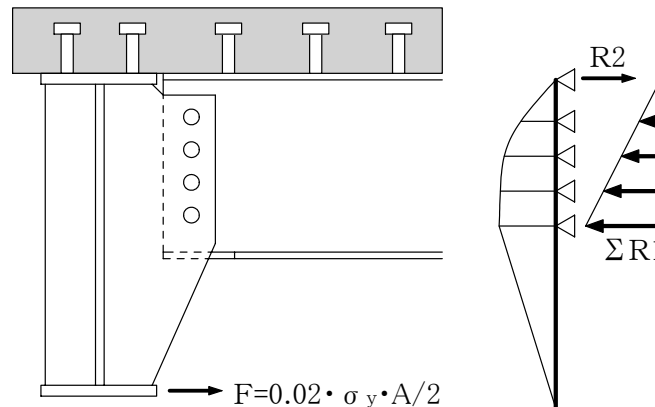
$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

※終局耐力は合成構造指針(9)式によります。

※終局耐力の 0.6 倍が短期許容せん断力としています。

※係数 0.6 はプログラムで指定することができます。



$R_2$  : スタッドボルトの設計外力 (N)

ここで、

$$F + \Sigma R_1 + R_2 = 0 \text{ より}$$

$$R_2 = -(F + \Sigma R_1) \text{ となる。}$$

$F$  : 必要補剛力 (N)

$\Sigma R_1$  : ボルトの負担水平力(水平反力)の合計 (N)

$$\Sigma R_1 = \Sigma (Q_E \cdot r_i / m \cdot \cos \theta)$$

$Q_E$  : 外力  $F$  により最大反力を受ける最外端のボルトのせん断力 (N)

$r_i$  : 接合部の中心と  $i$  番目のボルト孔中心との間の距離 (mm)

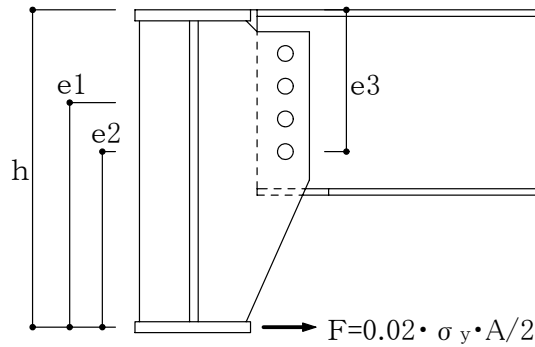
$m$  : 接合部の中心と中心から最も離れた位置にあるボルト孔中心との間の距離 (mm)

$\theta$  : 偏心曲げによるボルト 1 本当たりに作用するせん断力方向と、水平方向(軸力方向)の角度

$$\text{必要スタッド本数} = R_2 / q_s$$

※検定計算は行いません。

#### 4) ガセットプレートの検討



Mに対して最小断面位置のZで検討を行います。

$$Z = t \times d^2 / 6$$

$$M / Z \leq f t$$

$$d \geq \sqrt{(6 \cdot M / (t \cdot f t))}$$

ここに、

Z : ガセットプレートの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

f t : ガセットプレートの許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

t : ガセットプレート厚

d : 危険断面位置における必要断面せい (mm)

##### ・上端フランジが床面による拘束がない場合

$$M = F \cdot e_1$$

ここに、

M : ボルト中心位置における外力Fによる曲げモーメント (Nmm)

F : 必要補剛力 (N)

e1 : 下フランジ中央からボルト中心位置までの(偏心)距離 (mm)

##### ・上端フランジが床面による拘束がある場合

第1ボルト(最外端ボルト)位置が最大モーメント位置になります。

$$M = F \cdot e_2$$

ここに、

M : 上フランジ面を回転中心位置における外力Fによる曲げモーメント (Nmm)

F : 必要補剛力 (N)

e2 : 下フランジ中央から最外端ボルト位置までの(偏心)距離 (=h-e3) (mm)

h : 上フランジ面から下端フランジ中央までの距離 (mm)

e3 : 上フランジ面から最外端ボルト距離 (mm)

※検定計算は行いません。

## 5) 剛性の検討

剛性の確認

大ばりの下フランジに力Fが作用したときの、補剛材の剛性を確認します。  
 その際、ガセットプレートの変形の影響は小さいので無視します。

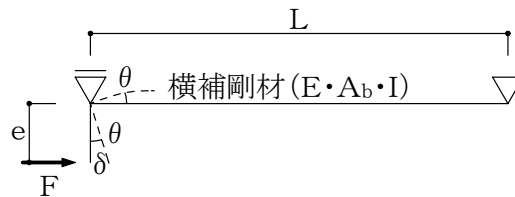
### ・横補剛材としてのみ使用した場合

$$K = 2 \cdot A_b \cdot E / L \geq 5.0 \sigma_y \cdot A / (2lb)$$

ここに、

- $\sigma_y$  : 大ばりの降伏点強度 (N/mm<sup>2</sup>)
- A : 大ばりの全断面積 (mm<sup>2</sup>)
- lb : 横補剛区間長さ(補剛間隔) (mm)
- A<sub>b</sub> : 横補剛材の全断面積 (mm<sup>2</sup>)
- E : 横補剛材のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)
- L : 横補剛材の部材長 (mm)

### ・小ばりを横補剛材として使用した場合



$$K = F / \delta \geq 5.0 \sigma_y \cdot A / (2lb)$$

$$\delta = \theta \cdot e + F \cdot L / (E \cdot A_b)$$

$$\theta = M \cdot L / (3 E \cdot I) = F \cdot e \cdot L / (3 E \cdot I)$$

ここに、

- K : 補剛材の剛性 (N/mm)
- $\theta$  : 補剛材の回転角
- $\delta$  : 大ばりの横たわみ (mm)
- $\sigma_y$  : 大ばりの降伏点強度 (N/mm<sup>2</sup>)
- A : 大ばりの全断面積 (mm<sup>2</sup>)
- A<sub>b</sub> : 横補剛材(小ばり)の全断面積 (mm<sup>2</sup>)
- lb : 横補剛区間長さ(補剛間隔) (mm)
- E : 横補剛材(小ばり)のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)
- I : 横補剛材(小ばり)の断面2次モーメント (mm<sup>4</sup>)
- L : 横補剛材(小ばり)の部材長 (mm)
- e : 偏心距離 (mm)

# 横補剛の接合部と剛性確認



[S部材(S)]→[横補剛の接合部と剛性確認(J)]

## 横補剛の接合部と剛性確認－形状・条件

[ダイアログ]

[説明]

番号	入力項目	説明	省略時の値
1	大ばり H (mm)	大ばり断面寸法を入力します。 [鋼材DB]ボタンをクリックすると鋼材データの参照ダイアログを表示し、断面寸法を参照することができます。	
2	B (mm)		
3	tw (mm)		
4	tf (mm)		
5	r (mm)		
6	小ばり (補剛材) H (mm)	小ばり断面寸法を入力します。 [鋼材DB]ボタンをクリックすると鋼材データの参照ダイアログを表示し、断面寸法を参照することができます。	
7	B (mm)		
8	tw (mm)		
9	tf (mm)		
10	r (mm)		

番号	入力項目	説明	省略時の値
11	補剛材長 (m)	補剛材の部材長を入力します。	
12	補剛材の取り付け	「片側」 「両側」のいずれか	片側
13	補剛材を小ばりとしての使用	「使用する」 「使用しない」のいずれか	使用する
14	フランジの上拘束	「拘束する」 「拘束しない」のいずれか 補剛材を小ばりとして使用する場合には入力できません。	拘束しない
15	補剛材端部の長期せん断力 $Q_v$ (kN) < t >	補剛材を小ばりとして使用する場合には入力できません。	
16	横補剛区間の長さ $1b$ (m)	横補剛区間長さ	
17	集中横力計算用係数	集中横力 $F = \text{係数} \times \sigma_y \cdot A / 2$ $\sigma_y$ : 大ばりの降伏点強度 $A$ : 大ばりの全断面積 ( $0.02 \leq \text{係数} \leq 1.0$ )	0.02
18	スタッドの短期許容せん断耐力計算用係数	許容せん断耐力 $q_s = \text{係数} \times \text{スタッドの終局耐力}$ ( $0.00 < \text{係数} \leq 1.0$ )	0.6



## 横補剛の接合部と剛性確認－材料・接合

[ダイアログ]

[説明]

番号	入力項目	説明	省略時の値
1	ボルト 呼び径 (mm)	「M12」 「M16」 「M20」 「M22」 「M24」 「M27」 「M30」のいずれか	M20
2	ボルト 摩擦(せん断)面の数	「1面」 「2面」のいずれか 中ボルトの場合は「1面」のみになります。	1面
3	ボルト 列数 n <sub>w</sub>	部材の材軸方向のボルト列数	1
4	ボルト 行数 m <sub>w</sub>	部材の材軸直交方向のボルト行数	2
5	ボルト ピッチ (列方向) (mm)	部材の材軸方向のボルト列ピッチ	60
6	ボルト ピッチ (行方向) (mm)	部材の材軸直交方向のボルト行ピッチ	60
7	ガセットプレートの厚さ (mm)	ガセットプレートの必要せいを計算します。	9

番号	入力項目	説明	省略時の値
8	ガセットプレート タイプ	ガセットプレートのタイプを選択します。 「タイプ1」 「タイプ2」のいずれか 接合部の描画に使用されます（計算には使用されません）。	タイプ1
9	スタッドの呼び名	「13Φ」 「16Φ」 「19Φ」 「22Φ」のいずれか	16Φ
10	使用鉄骨 大ぶり	「設定値」 「SS400」 「SS490」	設定値
11	使用鉄骨 小ぶり	「SM400」 「SM490」	設定値
12	使用鉄骨 ガセットプレート	「SM520」 「SN400」 「SN490」のいずれか	設定値
13	使用鉄骨 ボルト	「設定値」 「F8T」 「F10T」 「中ボルト」のいずれか	設定値
14	使用コンクリート 種類	「設定値」 「普通」 「軽量1種」 「軽量2種」のいずれか	設定値
15	使用コンクリート 設計基準強度 $F_c$ ( $\text{N/mm}^2$ ) < $\text{kgf/cm}^2$ >	設定値を使用する場合はチェックボックスを✓します。 直接入力を行う場合は✓をはずします。	設定値
16	使用コンクリート 単位体積重量 $\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ ) < $\text{tf/m}^3$ >	設定値を使用する場合はチェックボックスを✓します。 直接入力を行う場合は✓をはずします。	設定値