

1. はじめに

従来の鉄骨構造の設計では、柱の弱軸方向に対して耐震要素としてよくブレースを用いる。ブレースをガセットプレートと高力ボルトで接合する場合、接合部の最大耐力を求めため、ボルト孔最上部からの応力伝達有効角度は筋交い材の中心配置、偏心配置、ボルト本数等を考慮せず、慣用的に一律左右 30°の広がりとされ、最下部のボルト孔中心位置の有効幅を使用している。本論文では、偏心配置を含め、ボルト本数 2 本、3 本、4 本の場合、最大耐力時のガセットプレートの有効幅についての検討するものである。

2. 数値解析と既存の評価方法

2.1 数値解析

汎用プリポストシステム HyperMesh を用いて解析モデルを作成し、汎用構造解析ソフト Abaqus を用いて数値解析を行った。解析モデルは、板厚 12mm のガセットプレートに対して、2 つのブレースで挟むような形で高力ボルトを用いて接合している。ブレース材・ボルトは弾性体、ガセットプレートは弾塑性体とし、SS400 鋼材の真応力-真ひずみ関係を使用する。数値解析の効率化を図るため、ガセットプレートの形状をもっとも扱い易い簡単な長方形に設定した。ガセットプレートの両縁あき距離 e_1, e_2 で、ボルト孔径 d の公称倍数で設定する。本解析では $e_1 \leq e_2$ である。ボルトは M16 の高力ボルトを使用し、ガセットプレートの破断を検討するため、F10T 以上の高強度を想定して、解析では弾性体として設定している。ピッチは $2.5d$ として一定の値 40mm を設定した、ボルト孔径は 18mm にした。左縁あき距離は

ボルト軸径の 2~5 倍に、右縁あき距離はボルト軸径の 2~8 倍に変化させ、ボルト配置は 1 列で本数は 2 本、3 本、4 本の 3 種類とした。解析モデルの両縁あき距離 e_1, e_2 に対応して解析で得

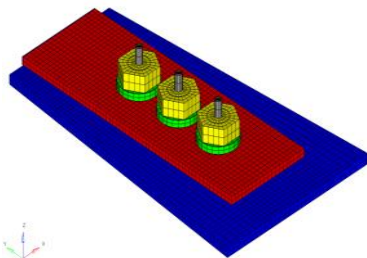


図 1 解析モデル

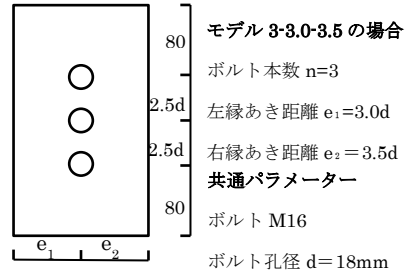


図 2 解析モデル例

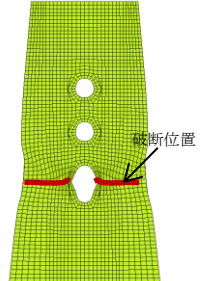


図 3 破壊形式

表 1 解析モデル寸法と解析結果(ボルト本数 n=3)

モデル	e_1 (mm)	e_2 (mm)	jN_u (KN)	P_{max} (KN)
3-2.0-2.0	36	36	130.8	134.5
3-2.5-2.5	45	45	178.7	181.7
3-3.0-3.0	54	54	212.6	228.6
3-3.5-3.5	63	63	212.6	264.5
3-4.0-4.0	72	72	212.6	308.5
3-4.5-4.5	81	81	212.6	352.2
3-3.0-3.5	54	63	212.6	241.1
3-3.0-4.0	54	72	212.6	261.2
3-3.0-6.0	54	108	212.6	280.2
3-3.0-7.0	54	126	212.6	285.6
3-3.0-8.0	54	144	212.6	287.1

た最大引張耐力 P_{max} の値について、その代表的な結果を表 1 に示す。

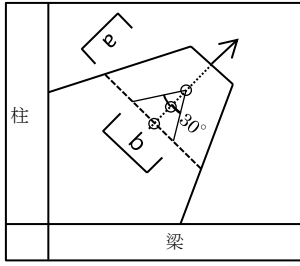
2.2 既存の評価方法

高力ボルト摩擦接合によるブレース接合部の耐力を求めため、ガセットプレートの有効幅を図 4 に示す 30°線の仮定に基づく必要があり、この時ブレース接合部では(1)式を満たすものとする。また、ガセットプレートが破断する時の最大引張耐力は(2)式より求めることができる。(2)式で求めた jN_u の値について、その代表的な結果を表 1 に示す。

$$jN_u \geq \alpha \cdot N_y \tag{1}$$

$$jN_u = g A_e \cdot g F_u \tag{2}$$

ここに、 jN_u :ブレース接合部の軸方向の最大引張力、 α :ブレース端部の接合係数、 N_y :ブレース全断面の引張降伏耐力($=bA \cdot F_y$)、 F_y :ブレース材の降伏強さ、



bA : ブレースの全断面積、
 gA_e : ボルト孔による欠損断面積を考慮したガセットプレートの有効断面積、 gF_u : ガセットプレートの引張強さである。ブレースの軸

力は最大耐力時において全ての接合ボルトによって分担し、 30° の広がりによる有効断面積に対して最終ボルト位置は危険断面とすれば、耐力評価式は(2)式となる。この時の有効幅は $b=2l_1/\sqrt{3}$ 、ガセットプレートの有効断面積は $gA_e=bgt-A_d$ 、欠損断面積は A_d となる。

3. 解析結果と考察

3.1 右側有効角度と右側有効幅の算出

本論文では、まず $e_1 = e_2$ のケースのほか、 $e_1 = 3.0d$ で e_2 が変数となる場合についても、解析モデルを用いて右側有効幅と右側有効角度を検討する。最大耐力時のガセットプレートのボルト孔最下部の右側有効幅を図5に示す。有効幅と有効角度の算出について、具体的には本解析で得られた最大耐力 $P_{max} = A_e(\text{ボルト孔を控除したガセットプレートの全幅有効断面積}) \cdot gF_u$ で B_u を算出する。こうして求めた有効幅 B_u を使って、右側有効角度 θ_2 を求めた。右側有効角度と右側有効幅をボルト本数別に示しているのは図6と図7である。図中の○印に付した解析モデルはガセットプレートの幅が評価式で使う 30° のラインで算出した有効幅より小さい場合の右側有効幅と右側有効角度として実幅による値を示している。

3.2 ガセットプレートの右側有効角度と右側有効幅

右側有効幅をボルト本数別に示したのは図6である、図6に示しているようにボルト本数2本の場合では右側有効角度 θ_2 は 30° を越えて $50^\circ \sim 60^\circ$ 程度に収束している。ボルト3本のモデルの右側有効角度 θ_2 は 30° を越え、ほぼ 43° 程度の値になっている。ボルト本数4本については、右側有効角度は約 30° から 35° の値になる。

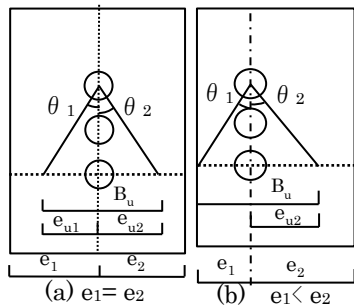


図5 有効幅と有効角度

数値解析で得た右側有効幅 e_{u2} を既存の評価式で算出した右側有効幅 e_{u2}' で無次元化し、 e_{u2}/e_{u2}' と無次元化右側縁あき距離 e_2/d の関係をボルト本数別に示したものが

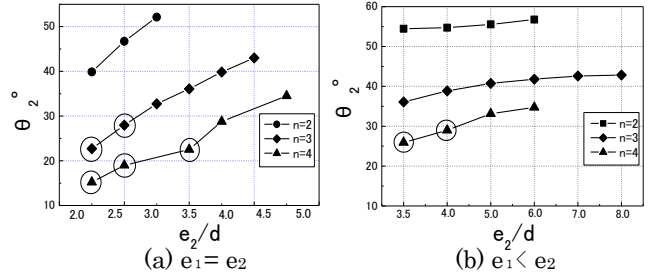


図6 最大耐力時の右側有効角度

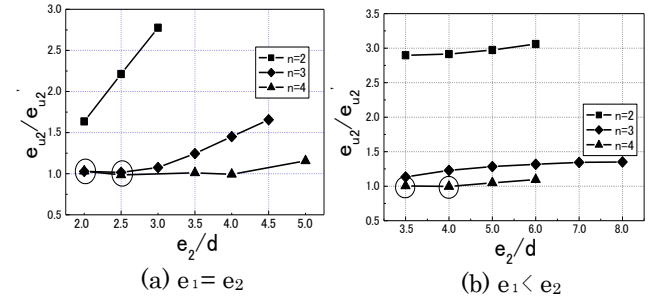


図7 最大耐力時の右側有効幅

図6である。図7で示すように、ボルト本数が多くなるにつれて、 e_{u2}/e_{u2}' の値が小さくなり、つまりボルト本数2本のモデルに比べて、ボルト本数4本の方が既存の評価式との誤差が小さいことがわかる。また、右側縁あき距離 e_2/d が大きくなると、 e_{u2}/e_{u2}' が大きくなることわかる。しかし、それには上限がありそれ以降は右側縁あき距離 e_2/d が大きくなっても e_{u2}/e_{u2}' は一定の値で収束していることがわかる。

3.3 考察

解析結果により、どのケースの解析モデルでも既存の評価式は安全側の設計となっているため、経済的な設計を求める場合には、有効幅の設定は 30° より大きくすることができると考えられる。

4. まとめ

結果をまとめると以下ようになる。

(1)最大耐力時において、ボルトの本数2本と3本の場合では、右側有効角度と右側有効幅が既存の評価式と比較すると誤差が大きくなっており、ボルト本数4本の場合では、図6に示すように、右有効角度が約 30° から 35° の範囲に収束する傾向が見られ、この時、既存の評価式との誤差が比較的小さい。

(2)最大耐力時の有効幅は部材の幅やボルト列の配置やボルト本数などの影響を受けるため、一律にある角度による有効幅を設定することは誤差の一因になっていると言える。

参考文献

- 1) 平田 聡、都合 重範、宇田川 邦明：「高力ボルト接合された引張筋違いガセットプレートの有効角度と有効幅」、日本建築学会大会学術講演梗概集、2008年9月
- 2) 荒井 翼、林研究室 高力ボルトで接合された引張筋交いのガセットプレートの有効幅に関する研究 大阪工業大学卒業論文集 (林研究室)