

ガセットの面外剛性に影響を与えるウィングプレート長さについて

名城大学 学生会員 児玉佳大
名城大学 正会員 渡辺孝一

1. はじめに

近年、著者らによって高性能座屈拘束ブレース¹⁾ (以下、「BRB」と称する.) の取り付け部分である、ガセット接合部に着目した繰り返し軸力載荷実験を実施した。その結果、面外変形に対して剛性の低いガセットプレート (以下、「ガセット」と略す.) は圧縮軸力作用時に破壊して、ブレースの制震性能が十分に発揮できないことを報告している²⁾。この報告で対象としたガセットと BRB 端部は十字継手としている。この継手では、ガセット平面に対して、垂直にウィングプレートと呼ばれるリブを設ける。この時、BRB とガセットの面外剛性を確保するため、ウィングプレート長さを適切に設計することが重要となる。本研究では、ガセットの面外変形性能を高める方策の1つとして、ウィングプレートによる補強効果を解析によって検討する。主な検討パラメータは、ガセットに対するウィングプレートの長さ (食い込み長さ) である。

2. 解析検討

本研究で対象とするガセットと BRB の接合例を図-1 に示す。ガセットの一边は 413mm であり、突出部の長さは、265mm である。ガセットの板厚は板厚 10mm である。ガセットは通常、面内方向の曲げ剛性は十分に確保されているため、図-1 のように BRB 端部継手部とガセットの一体構造の場合、破壊時の変形はガセット内部に塑性ヒンジが形成されて継手部とともにガセット面外方向に進行する。このような破壊状況は実験結果でも得られている。そこで解析では、図-2 に示すような、ガセットと BRB 端部継手を簡略化したブレース端部の部分継手モデルを作成し、継手からガセットに軸力を与えることによって、その変形性能を評価する。解析パラメータのウィングプレート長さ L_w は、十字継手の縦リブを延長したものであるが、本研究では、ガセットの対辺を結ぶ対角線位置での長さを基本長さとして、くい込み余長 r_1 が短くなるように、主構の交差部まで適用な間隔でウィングプレートを延長した全9ケースとした。

解析モデルの幾何学的な条件のうち、初期たわみとして、ガセットには一定の面外変形 δ_{e0} を与えた。これは、ガセットの取付施工精度と、ブレース取付時の部材死荷重による弾性変形を想定したものであり、ガセットの辺長に対して、面外方向へ 1mm 程度とし、直角度 1/200 に相当する。この初期たわみは、ガセットの面外変形に対して安全側の推定結果を与える。作用軸力と面外変形を図-3 に示す。境界条件として、ガセットの周辺を完全固定した。材料定数は SS400 相当の降伏応力 $\sigma_y=235\text{MPa}$ 、ヤング率 200GPa、ポアソン比 0.3 とし、構成則は完全バイリニアとした。求解は材料非線形と幾何学的非線形性を考慮してニュートンラプソン法を用い、変位増分によって推定した。解析モデルに使用した要素は、4 節点曲面シェル要素である。解析に使用した汎用解析プログラムは、DIANA ver.9.3 である。



図-1 BRB の接合例

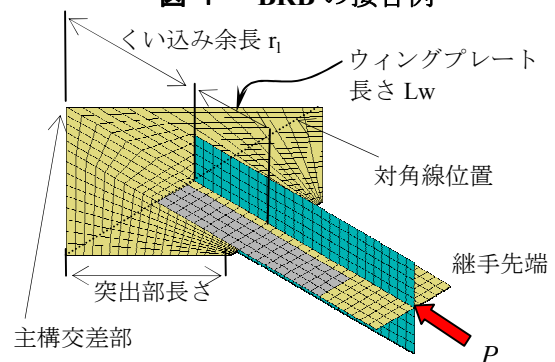


図-2 解析モデルの例

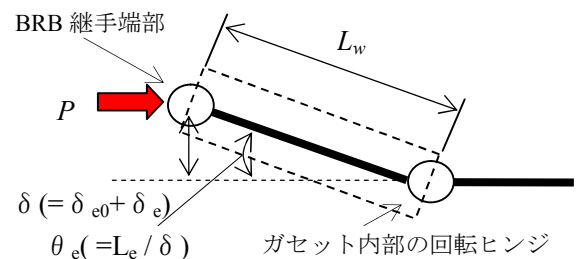


図-3 軸力と面外変形の関係

3. 解析結果

図-4 に荷重 - 変位関係を示す。縦軸はブレース先端に作用させた荷重を示し、横軸は継手先端の軸方向変位 Δl_e を示したものであり図の中の解析結果は基本のモデルを例示する。また、図-5 の縦軸は図-4 と同様で荷重であり、横軸には継手から軸力として与えた強制変位を受けた際の継手先端の面外変形量を示したものである。図中○印のプロットは最大荷重発生位置を示す。図-4 の基本モデルの挙動を見ると、最大荷重時までの軸方向の変位量はごく微小であっても、面外変位量は急激に大きな値に変化している。ウィングプレート長さがガセットの対角線位置に達しない場合や延長距離が短い場合は、このような面外変形挙動が顕著になり、その挙動をまとめた解析結果を図-5 に示す。この結果から、食い込み長さが大きいほど、高い荷重（軸力）に抵抗できることがわかる。また、くい込み長さが54%以上では軸力が十字継ぎ手の降伏強度に達して一定となる。図-6 は、ガセットの面外変位 δ とガセットに作用させた荷重の関係から計算される曲げモーメント ($M=P \cdot \delta$) と、図-3 に示したガセットの回転角 θ_e でまとめたものである。ここで、図-4 で定義した最大荷重時に対応する曲げモーメントを限界曲げモーメント M_u と定義すると、ウィングプレートを延長することによって例えば50%の場合 $M_u=2.8(\text{kN} \cdot \text{m})$ となり、基本モデルでは $M_u=1.7(\text{kN} \cdot \text{m})$ であるから約1.6倍の補強効果が得られることがわかる。しかし、図-6 の M_u (○印)を見ると、ウィングプレート長さが33% (80mm) 以上であれば約2.5($\text{kN} \cdot \text{m}$)の一定の最大曲げモーメントが確保されていることがわかる。以上の解析結果からウィングプレート長さを考慮する場合は、ガセットの対角線位置以上のくい込み長さを確保した上で、ガセットのブレースに伝える軸力がそのモデルの最大荷重 (図-5 参照) 以下になるような面外剛性が確保されると判断できる。

4. おわりに

ガセットプレートの面外剛性についてウィングプレート長さの影響を解析的に検討した、今後実験で検証する予定である。

謝辞

本研究は、名城大学に設置された「高度制震実験・解析研究センター」の助成を受けて実施されたものである。

参考文献

- 1) 宇佐美勉, 佐藤崇, 葛西昭: 高機能座屈拘束ブレースの開発研究, 土木学会構造工学論文集 Vol.55A, pp.527-538, 2009.3
- 2) 山口亮太, 渡辺孝一: 繰り返し軸力を受ける座屈拘束ブレース材の接合部補強に関する実験的研究, 第64回年次学術講演会

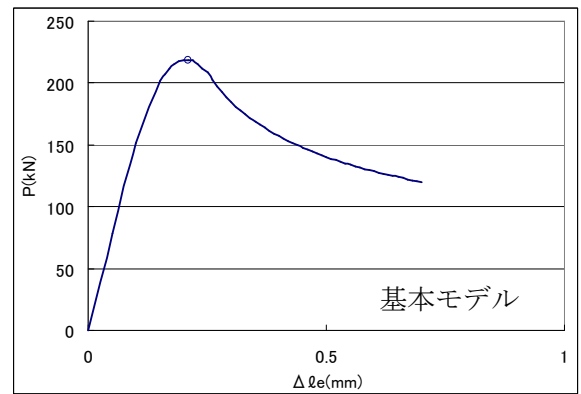


図-4 荷重 - 変位(軸方向)関係

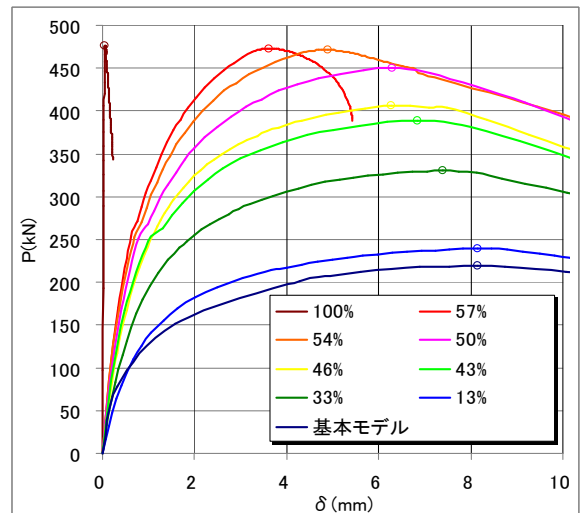


図-5 荷重 - 面外変位関係

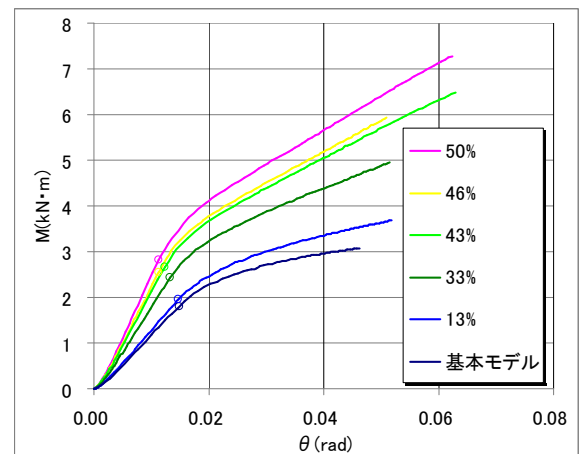


図-6 M - θ_e 関係