

ガセットプレートのリブ補強効果について

名城大学 学生会員 山口亮太
名城大学 正会員 渡辺孝一

1. はじめに

近年、地震による主構造物の損傷を最小限におさえ、主構造物を健全な状態に保つことができる制震ダンパーを用いた制震構造が注目されている¹⁾。制震ダンパーには種々の形式があるが、特に、高性能座屈拘束ブレースと呼ばれる制震ダンパーは、引張りおよび、圧縮軸力の両方で安定した履歴曲線が得られることが報告されており、高い制震性能が期待されている。著者らの研究では、高性能座屈拘束ブレース（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载荷実験を実施し、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。）で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示した²⁾。また、ガセット端部にリブ補強を施すことで、高い変形性能を保持することを報告した。この結果を受け、ガセットの面外変形性能を高める方策の1つとして、リブ設置による補強効果の検討をさらに進める。検討するパラメータは、補強リブのサイズである。

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。ガセットの一辺は 413mm であり、リブを設置する突出部の長さは、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。解析パラメータの補強リブは、ガセット端部に溶接によって取り付けることを想定したもので、リブの厚さ 12mm、リブの全幅 100mm（ガセット中心から面外方向へ突出高さ 50mm）を一定として、リブ高さ R_h を 0mm（補強なし）から 265mm まで適当な間隔で変化させた全 10 ケースである。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 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 2mm 程度とし、直角度 1/100 に相当する。この初期たわみは、大きいようであるが、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の関係を図-3 に示

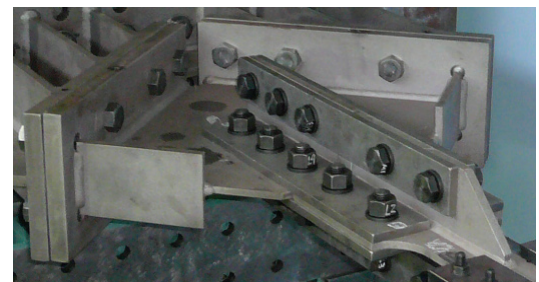


図-1 BRB の接合例

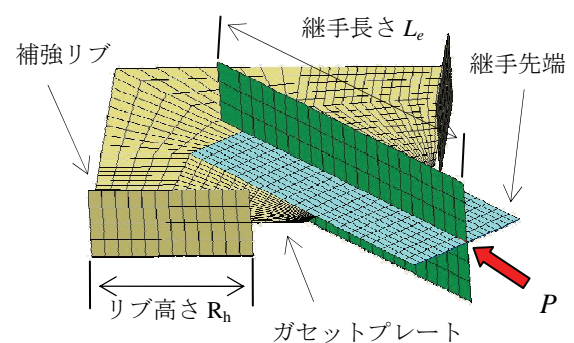


図-2 解析モデルの例

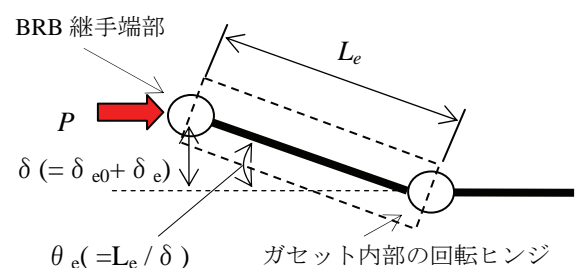


図-3 軸力と面外変形の関係

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。

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補強なし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移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 の補強なし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。このような面外変形挙動は補強リブを追加したモデルにも見られ、その挙動にをまとめた解析結果を図-5 に示す。この結果から、補強リブの高さが大きいほど、高い荷重（軸力）に抵抗できることがわかる。

一方、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、リブを設置することによって例えば $R_h=265\text{mm}$ の場合 $M_u=2.81(\text{kN}\cdot\text{m})$ となり、補強なしでは $M_u=1.66(\text{kN}\cdot\text{m})$ であるから 1.69 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、リブ高さが 83mm 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、ガセットプレートの補強リブ高さを考慮する場合は、リブ高さを 83mm 以上確保した上で、リブ補強したモデル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）以下になるような補強であればリブ補強効果が得られると判断できる。

4. おわりに

ガセットプレートの補強方法は端部リブ補強以外にも考えられ、現在も継続検討中である。

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

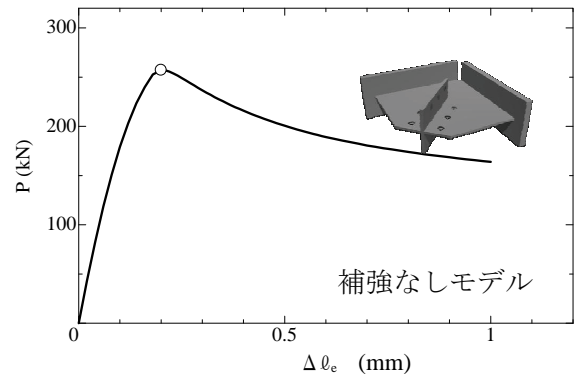


図-4 荷重 - 変位(軸方向)関係

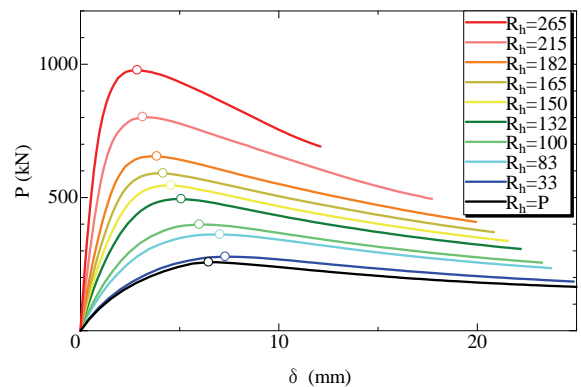


図-5 荷重 - 面外変位関係

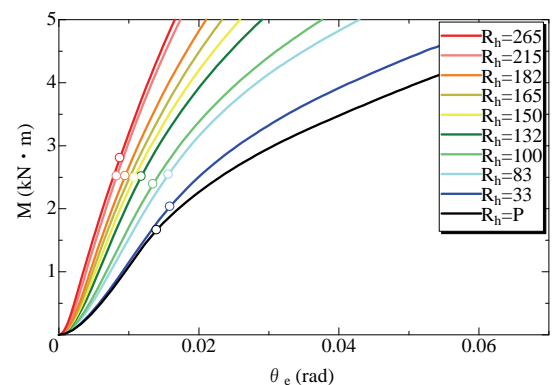


図-6 M - θ_e 関係