

座屈拘束ブレースを取付けるガセットのリブ補強効果について

名城大学 学正会員 ○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。著者らの研究では、図-1の赤丸印に示す高機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返し軸力載荷実験を実施し、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。)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実験的に示し²⁾、その方策として、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明らかにした。この結果を受け、ガセットのリブ設置による補強効果について解析的検討をさらに進める。検討するパラメータは、ガセットに取付ける補強リブの長さや設置位置である。

2. 解析検討

図-2に示すようにガセットの面外剛性を確保するため、2通りのリブの取付方法を検討した。検討対象はガセットとBRB継手先端部を簡略化した部分モデルに着目した。ガセットサイズの一辺は413mm、リブを設置する突出部の長さは265mm、ガセットの板厚は10mmとした。ガセットの面外剛性に対して十分な補強が施していない場合、図-3に示すように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剛な継手部とともにガセット面外方向に進行する²⁾。そこで解析では、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。補強リブのパラメータは、図-2(a)に示す端部リブタイプは補強リブの長さ R_h 、図-2(b)に示す面内リブタイプは補強リブの長さ R_h と設置位置 d_r である。なお、補強リブの厚さ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、端部リブタイプはリブ長さ R_h を、リブを設置する突出部の長さ(265mm)に対して0%~100%まで適当な間隔で変化した全10ケース、面内リブタイプでは設置位置 d_r を3パターン($a=202\text{mm}$, $b=160\text{mm}$, $c=132\text{mm}$)とし、 $a\sim c$ のパターンごとに3種類ずつリブ長さ R_h を変化させた9ケース、補強のない基本的なガセットを合わせた合計20ケースである。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ある。解析モデルの幾何学的条件として、ガセットに一定の面外変位 δ_{e0} の初期たわみを与えた。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

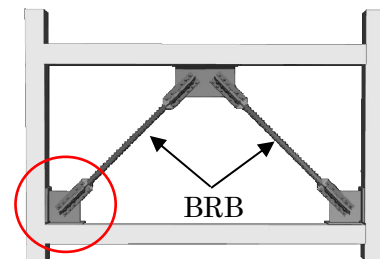


図-1 BRB 設置イメージ

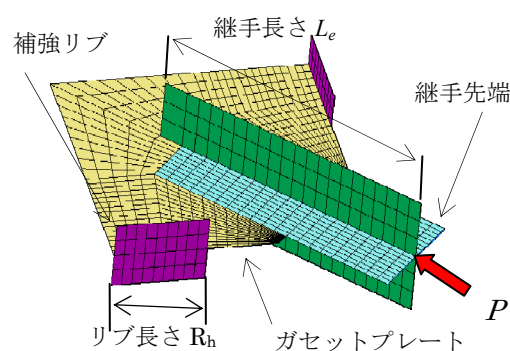
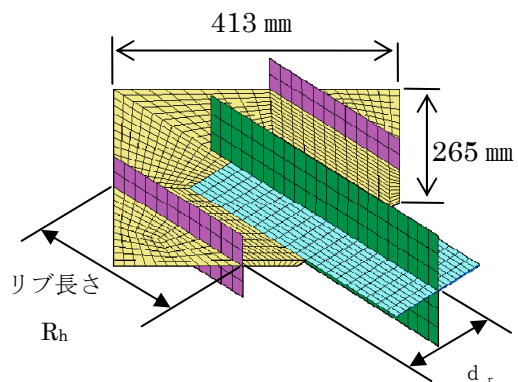
(a) 端部リブタイプの例($R_h=57\%$)(b) 面内リブタイプの例($R_h=100\%$, $d_r=b$)

図-2 解析モデルの例

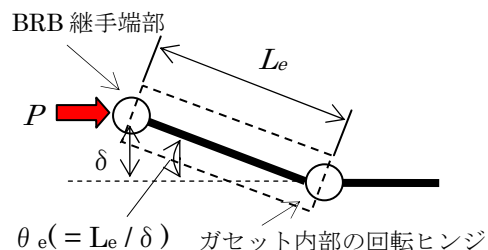


図-3 軸力と面外変形の関係

キーワード ガセットプレート, リブ補強, 高機能座屈拘束ブレース, 解析検討

連絡先 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学 理工学部 建設システム工学科 TEL(052)832-1151

を与える。境界条件として、ガセットの周辺を完全固定した。解析条件として、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 節点シェル要素である。解析に使用した汎用有限解析プログラムは、DIANA ver.9.3 である。

3. 解析結果

図 - 4には縦軸にブレースからの軸力 P をとり、横軸には継手から軸力を受けた際の継手先端の面外変形量(図 - 3中に示す δ)を示す。図中の○印は最大荷重点をプロットしている。図 - 4(a)に示す端部リブタイプは、補強リブ長さが大きいほど最大荷重が上がり、面外変形を抑制することができる。図 - 4(b)に示す面内リブタイプでは、端部タイプと同じようにリブ長さが大きいほど最大荷重が上がり面外変位を抑えることができるが、補強リブの設置位置がガセットの内側にある(d_r がより小さい)ほうが強度は高くなることが分かる。図 - 5 は、ガセットの面外変位 δ とガセットに作用させた荷重 P 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。最大荷重発生位置に対応する曲げモーメントを限界曲げモーメント M_u と定義し、図中に○印をプロットしている。端部リブタイプ、面内リブタイプ共に最も補強効果があったモデルと無補強のPタイプを比べると、端部リブタイプではリブを設置することによって最大で1.69 倍、面内リブタイプでは2.25倍の補強効果が得られる結果となった。しかし、図 - 5 の M_u (○印)を見ると、図 - 5(b)に示す面内リブタイプでは限界曲げモーメント M_u がリブ長さに比例して面外剛性が高くなっているのに対し、図 - 5(a)に示す端部リブタイプではリブ長さが $R_h=32\%$ 以上であれば約 $2.5(\text{kN} \cdot \text{m})$ の一定の限界曲げモーメント M_u が確保されていることがわかる。

4. まとめ

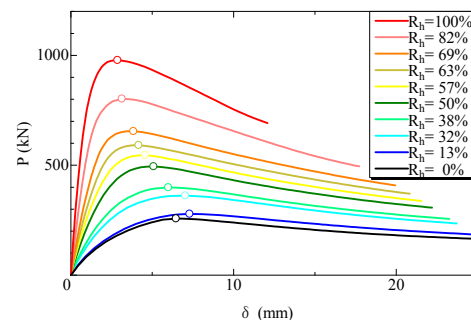
これらの解析結果から、端部リブタイプの場合、リブ長さを $R_h=32\%$ 以上確保した上でリブ補強したモデルのブレースに伝える軸力がそのモデルの最大荷重(図 - 3 参照)以下になるような補強であればリブ補強効果が得られる。一方、面内リブタイプは端部リブタイプよりも高い補強効果を得てガセットの剛性を上げることができるが、図 - 6 の赤丸印に示す部位に応力が卓越し、主構造物に損傷を及ぼす危険があるため、ガセットを取付ける格点(主構側)についても検討する必要がある。

6. 謝辞

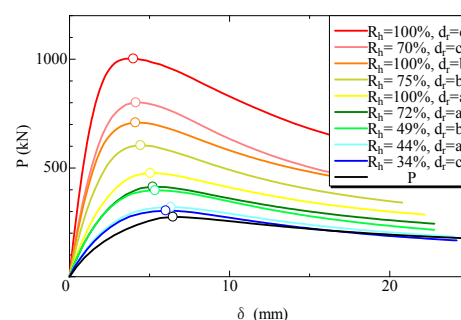
本研究は、名城大学に設置された「高度制震実験・解析研究センター」の助成を受けて実施されたものである。

5. 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) 渡辺孝一, 山口亮太, 吉川英人: 繰り返し軸力を受ける座屈拘束ブレースとガセットの面外挙動に関する実験的検討, 土木学会構造工学論文集 Vol.56A, pp.511-521, 2010.3

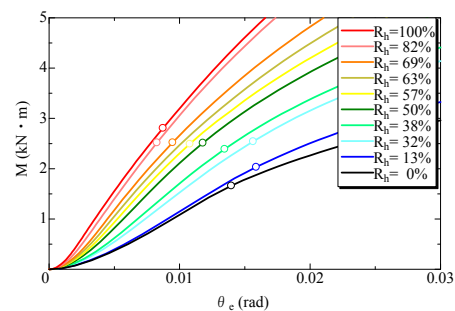


(a) 端部リブタイプ

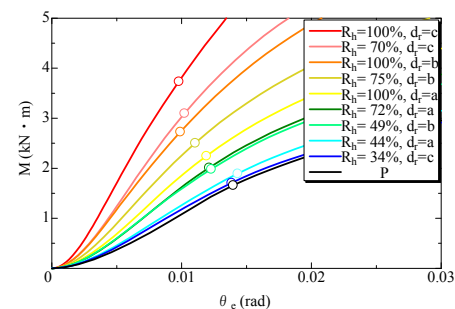


(b) 面内リブタイプ

図-4 荷重 - 面外変位関係



(a) 端部リブタイプ



(b) 面内リブタイプ

図-5 M - θ_e 関係

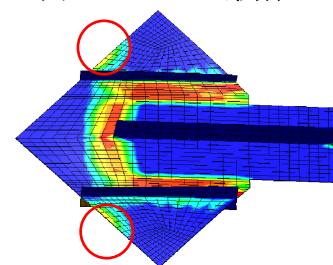


図-6 応力分布図