

フィンスチフナが座屈拘束ブレース接合部の面外変形性能に与える影響

名城大学 学生会員○吉川瑛人

名城大学 正会員 渡辺孝一

1. 序

近年、履歴型の制震ダンパーとして座屈拘束ブレースが広く使用されるようになってきている。座屈拘束ブレースは、芯材の周囲を座屈拘束材で覆っている座屈拘束部、および主構造との接合部からなるが、その安定した挙動のために接合部の性能が前提となることは言うまでもない。実際、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⁾。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、ガセット平面に対して、垂直にフィンスチフナと呼ばれる構面外リブを設けること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、ガセットに対するフィンスチフナの長さ(食い込み長さ)である。

2. ガセット接合部の形状

図-1 にガセット接合部と BRB の接合例を示す。フィンスチフナは高力ボルト接合用に座屈拘束ブレース材軸と並行に設けられる構面外スチフナプレートである。本研究で対象とするガセットの一辺は413mm であり、突出部の長さは、265mm である。板厚は板厚 10mm である。このスチフナプレートを含まない板材を単にガセットと呼ぶ。また、接合部のうち、図中の赤矢印の区間を BRB 端部継手部と呼ぶ。ガセット接合部は通常、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接合部の一体構造の場合、破壊時の変形はガセット接合部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接合部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。

3. 解析検討

接合部を簡略化した解析モデル(図-2)を作成し、継手先端から軸力を与えることによりガセットの変形性能を評価する。パラメータはフィンスチフナの長さ L_w^* である。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、主構交差部まで適用な間隔でフィンスチフナを延長した全7ケースとする。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解析プログラムは、DIANA ver.9.3 である。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。境界条件として、主構交差部を完全固定する。材料定数は降伏応力 $\sigma_y=235\text{MPa}$ 、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する。幾何学的な条件のうち、初期たわみとして一定の面外変形 δ_{e0} を与える。これは、ガセットの取付け施工精度と、ブレース取付け時の自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の関係を図-3 に示す。

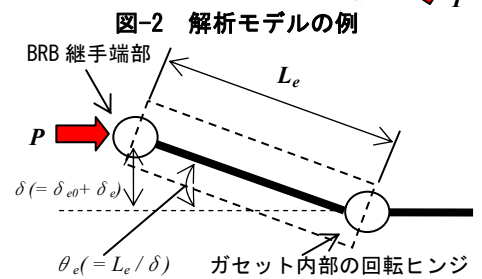
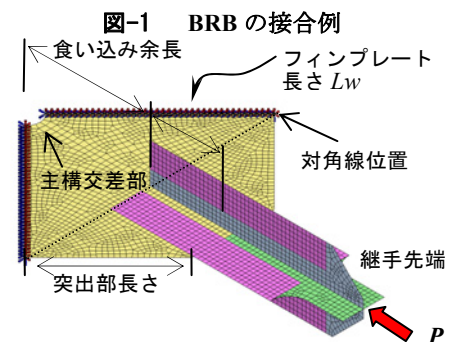
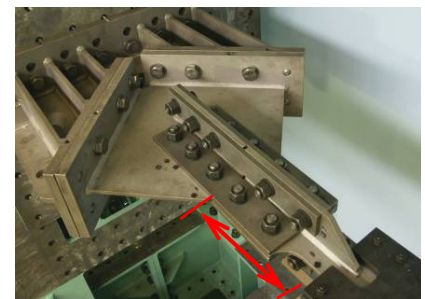


図-3 軸力と面外変形の関係

キーワード 高性能座屈拘束ブレース, ガセット接合部, 補強, フィンスチフナ

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

4. 解析結果

表-1 に解析結果を示す．フィンスチフナ延長長さを L_w^* ，継手先端に作用した最大荷重を P_{max} ，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 とする．また，図-4 の縦軸は荷重であり，横軸には継手先端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．この結果から，フィンスチフナ長さが大きいほど，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 50%以上では軸力がブレース十字継手部の降伏強度に達するため，最大荷重は一定になり，ガセット接合部の面外剛性は十分に確保されていると言える．図-5 は，継手先端部の面外変位量 δ と作用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 に示したガセット接合部の回転角 θ でまとめたものである．フィンスチフナを延長することによって，食い込み長さ 35%以上のモデルは一定の補強効果が確保されることがわかる．例えば，食い込み長さ 45%のモデルの場合， $M_u=2.1(\text{kN}\cdot\text{m})$ となり，基本モデルでは $M_u=1.6(\text{kN}\cdot\text{m})$ であるから約 1.3 倍の補強効果が得られることがわかる．以上の解析結果からフィンスチフナ長さを考慮する場合は，ガセットの対角線以上の食い込み長さを確保した上で，対角線位置から 35～50%程度フィンスチフナを延長することで，ガセット接合部が受ける最大荷重（図-4 参照）に抵抗できる面外剛性が確保でき，ガセット接合部から BRB に軸力が伝達されると判断できる．

表-1 解析結果の比較

モデル	$L_w^*(\text{mm})$	$P_{max}(\text{kN})$	$M_u(\text{kN}\cdot\text{m})$
0%	0	157.4	1.65
20%	53	179.8	1.66
35%	92.75	227.2	1.88
40%	106	247.8	1.93
45%	119.25	270.8	2.1
50%	132.5	282.3	—
60%	159	282.7	—
80%	212	282.8	—

5. 終わりに

ガセットプレートの面外剛性についてフィンプレート長さの影響を解析的に検討した．本研究で取り上げたガセット形状は，板としてアスペクト比が 1 に近いものでブレース取付角度が 45° のモデルを対象としており，今後ガセットプレートの面積，ブレース取付角度などをパラメータとした様々な形状のガセット接合部について検証する必要がある．

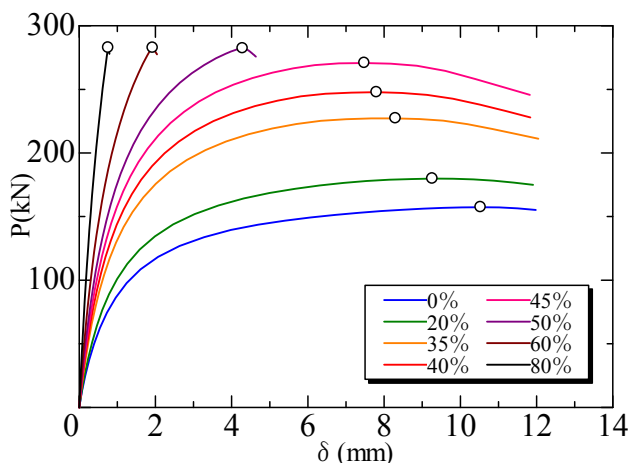


図-4 荷重-面外変位関係

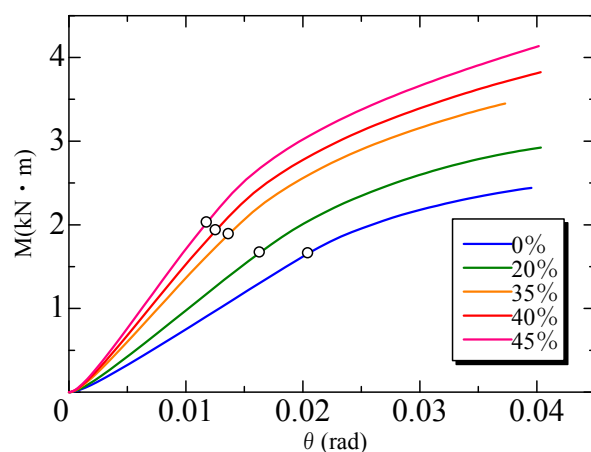


図-5 モーメント-回転角関係

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) 渡辺孝一，山口亮太，吉川瑛人：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，土木学会構造高価論文集 Vol.56A, pp.511-521, 2010.3