

等辺山形鋼の座屈拘束ブレース化に関する実験的研究

名城大学大学院 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、既設橋梁の耐震性能向上を目指し、H形鋼を制震ブレース化した研究報告¹⁾があるが、アングルに対してもこれを適切に制震ブレース化することが可能であれば、様々な形状のブレースを制震ブレース化することが可能である。アングルは規格製品のため安定した形状、品質が得られることから目的に応じた設計、製作が容易である。しかし、幾何的に非対称断面のため軸力作用時に偏心曲げモーメントが作用し、H形鋼や平鋼等の軸対称断面部材と比較して力学的に不利な特徴を併せ持つ。本研究ではアングルを背合わせとすることで、偏心曲げモーメントの影響を極力小さく抑え、拘束部材については形鋼を利用することで、構成する部品数を減らしたアングルの座屈拘束ブレース（以降、「アングル BRB」と記載する）を提案する。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

本実験で使用した供試体を図-1 に示す。ブレース材として適用したアングルは 75mm×75mm×6mm の規格材を背合わせにして一体化し、その両端はガセットプレートを挟み込み高力ボルトで接合する構造とした。実験では比較のため座屈拘束材を添加しない供試体を S1 (図-1 (a))、座屈拘束材により BRB 化を図ったものを S2 (図-1 (b)) とした。また先の報告²⁾よりブレース端部のガセット接合部が無補強の場合、引張軸力作用時に接合部ボルト孔付近で破断が生じ変形性能が期待できない実験結果を得ている。そこで本研究では両供試体ともブレース接合部に板厚 6mm の板を溶接するあて板補強を施した。

2.2 座屈拘束材の設計

図-1 (b) のアングル BRB について、その座屈拘束材の断面詳細を図-2 に示す。拘束材は規格の形鋼を用いて単純な組み立てができるように検討した結果、心材となる背合わせアングルを覆うように一回りサイズの大きなアングルと板厚 9mm の平鋼によって全体を拘束する構造とした。また、アングルの全面にアンボンド材 (1mm 厚のブチルゴム) を貼り付け、塑性変形に必要な空間を確保しつつブレース材の軸方向の伸縮を拘束しないようにした。次に、図-3 には拘束材とブレース露出部の細部構造を示す。ブレースの両端は高機能 BRB の変形性能 3%¹⁾を意識し、余裕を持って 5% の伸縮量を確保できるように拘束材から両端 50mm ずつ露出させることで拘束材長さを決定した。

次に、BRB の全体座屈を防止するための拘束材剛度の設計について示す。文献¹⁾では次式 (1) のように、安全係数 v_F を用いた全体座屈防止条件式が提案されている。

$$v_F = \frac{1}{\frac{P_y}{P_E^R} + \left(\frac{P_y L}{M_y^R} \right) \cdot \frac{a+d+e}{L}} \geq 3.0 \quad (1)$$

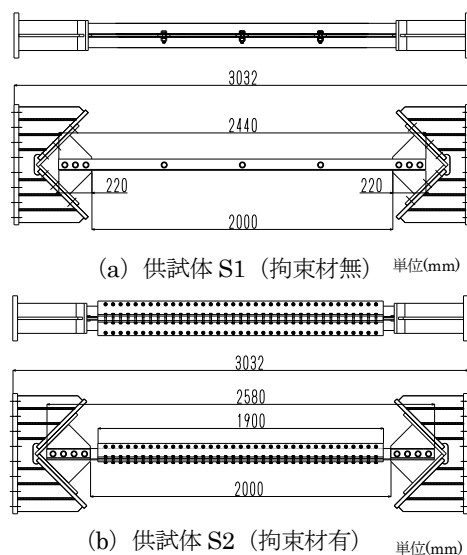


図-1 実験供試体概要

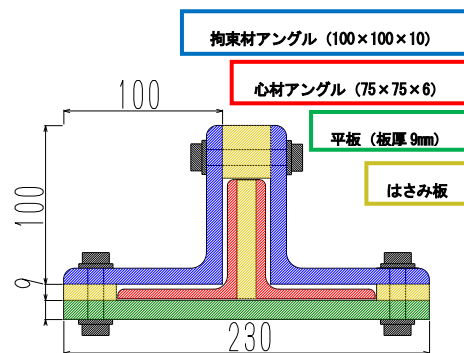


図-2 座屈拘束材とアングルの断面形状

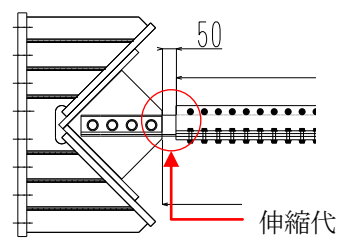


図-3 拘束部材端部伸縮量

ここに、 P_y =ブレース材の降伏軸力、 p_E^R =拘束材のオイラー座屈荷重、 L =ブレース材の長さ、 M_y^R =拘束材の降伏曲げモーメント、 a =拘束材中央の初期たわみ、 d =ブレース材と拘束材の隙間量、 e =軸圧縮力の偏心量である。本研究ではこれをアングルの強軸、弱軸方向に対して照査し安全側の数値を適用した。式(1)の適用にあたっては、全て公称値(材料定数)、設計値(寸法)を与え、 $a=L/1000$ 、 $d=1\text{mm}$ 、 $e=0$ とした。照査の結果、安全係数は16.36となり、座屈を防止するために必要とされる3.0に比べて過大であるが、拘束部材に適用する適当なサイズのアングルが見あたらないことから試行的に採用することとした。

3. 実験方法

本実験は名城大学の高度制震実験・解析研究センターに設置された大型構造実験フレームを使用した。载荷方法は図-4に示すように大型構造実験フレームに実験供試体を取付け、静的油圧アクチュエータによりブレース軸方向に繰返しの荷重を与えた。



図-4 実験装置

4. 実験結果

実験より得られた軸方向荷重と軸方向変位の履歴曲線、および実験終了後の破壊状況をS1、S2について図-5(a)、(b)および図-6(a)、(b)に示す。

1) 供試体 S1 (座屈拘束材無)

供試体 S1 の挙動および破壊状況は、まず $P/P_y = -0.75$ 、 $\delta/\delta_y = -0.46$ に達したところでブレースの全体座屈が生じた。続いて引張軸力载荷時、 $P/P_y = 1.05$ 、 $\delta/\delta_y = 4.02$ に達したところで図-6(a)に示すようにブレース心材部、アングルの背合わせを保持するためのはさみ板を固定するボルト孔付近で、くびれ破壊が生じて耐力が上昇しなくなったため除荷し実験を終了した。

2) 供試体 S2 (座屈拘束材有)

供試体 S2 の荷重-変位曲線を見ると、履歴型ダンパーに見られる紡錘形の履歴曲線が得られ、塑性変形によるエネルギー吸収・消散がなされており、座屈拘束材はブレース材の全体座屈を拘束する機能を発揮していることが分かる。最終的には $-9\delta_y$ に到達し $+9\delta_y$ に向かう途中 $P/P_y = 0.87$ 、 $\delta/\delta_y = -1.57$ に達したところで拘束材内部でブレース材の破断が生じ、大きく荷重が低下したため実験終了とした。実験終了後の全体状況を図-6(b)に示す。拘束材は健全な状態を保ち、部材の全体座屈やガセットプレートの面外変形は発生していないことを確認した。

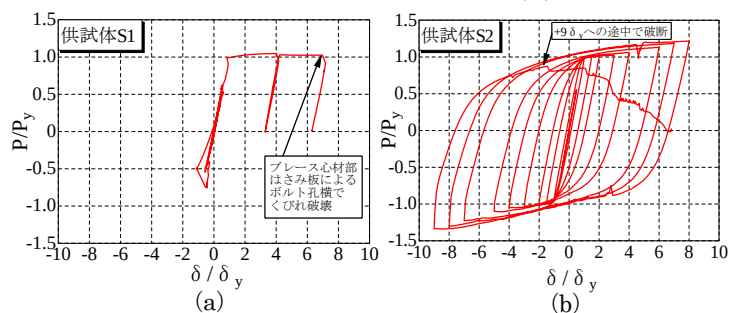


図-5 荷重-変位関係

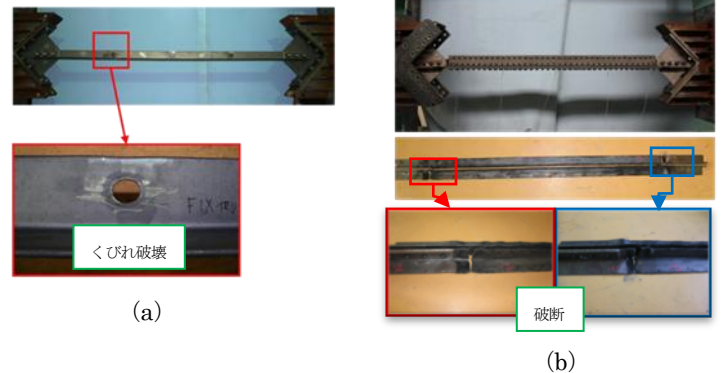


図-6 実験供試体破壊状況

5. まとめ

本研究により設計した座屈拘束材はアングル BRB の全体座屈を防止し、制震ダンパーとしての性能を発揮した。しかし、全体座屈に対する安全率が非常に過大となり全体重量がやむを得ず増加した。今後、拘束材を改良することで軽量化を図り、制震ダンパーとしての性能を向上させる検討を継続する予定である。

6. 参考文献

- 1) 織田博考，宇佐美勉：既設 H 形ブレース材の制震ダンパー化に関する基礎的実験，構造工学論文集，Vol.56A, pp.499-510, (2010.3)
- 2) 児玉佳大，渡辺孝一：繰返し軸力を受けるアングルブレース接合部の補強効果，土木学会第 66 回年次学術講演概要集，I-443, pp.885-886, (2011.9)