

繰返し軸力を受けるブレースの終局挙動について

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

等辺山形鋼（以下「アングル」と記す）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、製作が比較的容易である。そのため、土木や建築分野においてアングルを用いたブレースは様々な構造部材に使用され、構造物の安定性、耐震性能向上に寄与している。近年、構造物の耐震性能向上のために、制震性能を付加した座屈拘束ブレースが開発されるなど、ブレースに関する研究開発¹⁾が精力的に行われているが、依然として鋼製橋梁における対傾構や、トラス形式の鉄塔など、アングルを用いたブレースの適用事例は多く、常時荷重以上の軸力が作用した場合の変形性能を定量的に評価することは重要である。

先の報告²⁾では、著者らによって繰返し引張軸力が作用した時のアングルブレースの破壊挙動に関して報告した。そこで、本研究では、アングルに制震性能を付加するための検討の一つとして、アングルを背合わせにしたブレースを高力ボルトでガセットプレートに接合し、引張および圧縮の繰返し軸力が作用する場合のブレース挙動とボルト接合部の補強効果について報告する。

2. 実験概要

(1) 実験供試体の種類

本実験の供試体は、Fig.1 に示すように全長 2440mm、辺長さ 75mm、厚さ 6mm のアングルの両端を、ガセットプレートを介して 2 面背合わせでボルト接合した。Fig.2 に示すように、アングル端部のボルト接合部を厚さ 6mm の板を溶接し、補強したものを比較用として用意した。

(2) ブレース材および接合部の設計

アングルの部材長さ、およびボルト接合部の細部に関する設計式を Table1 および Table2 に示す。接合部は部材への作用力と部材の全強の 75% の大きい方の力に対して設計する必要があるため、作用力はブレース材の全強に等しいものとし、接合に使用するボルト本数は Table2 に示す、ブレース材の許容引張力(244.4kN)を用いて決定した。

(3) 荷重載荷方法

載荷はブレースの軸方向荷重制御により行い、Fig.3 に示すように繰返し荷重を漸増させた。はじめに公称降伏応力(235MPa)を用いて算出した降伏荷重の半分以上を引張、圧縮側に 2 回作用させ、その後設計上のボルトのすべり耐力をわずかに上回る荷重を作用させ、その後は降伏荷重の 1 割の荷重を漸増させた。

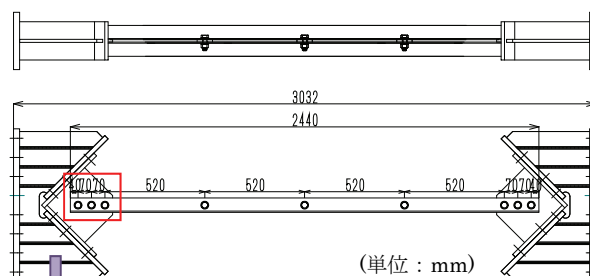


Fig.1 実験供試体

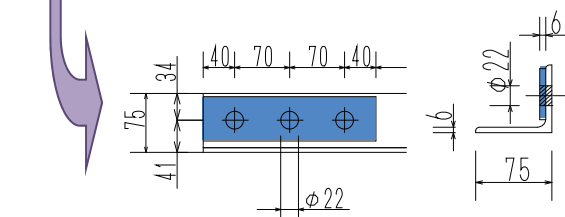


Fig.2 アングル端部の補強図

Table1 ブレース材の設計

断面及び鋼種		L-75×75×6(SS400)	
細長比L/r	87	断面2次半径 r (mm)	23
断面積A(mm ²)	872.7	部材長L(mm)	2440
許容圧縮力P _{ca}	$\sigma_{cag} = 1200000/6700+(L/r)^2 = 84.1\text{N/mm}^2$ $P_{ca} = 84.1\times 872.7\times 2 = 146.8\times 10^3\text{N}$		
許容引張力P _{ta}	(軸部)		
	$P_{ta} = 140\times 872.7\times 2 = 244.4\times 10^3\text{N}$		
	(接合部)		
	$P_{ta} = 140\times 737.7\times 2 = 206.6\times 10^3\text{N}$		

Table2 接合部の設計

使用ボルト	M20 (F10T) 摩擦接合
許容ボルト力 F _b	F _b = 38.9 × 10 ³ N (ボルト1本当り)
使用ボルト本数	n = P _{ta} / (F _b × 2) = (244.4 × 10 ³) / (38.9 × 10 ³) = 3

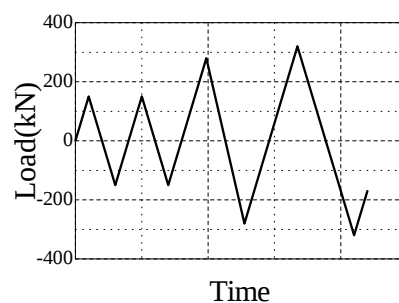


Fig.3 漸増載荷図

3. 実験結果

実験より得られた荷重変位曲線および実験終了後の破壊状況を Fig.3 および Fig.4 に示す。縦軸は全断面を有効とした場合の降伏荷重 P_y で無次元化し、横軸は材料試験より得られた降伏ひずみ ε_y にアングルブレース軸部の長さを乗じて算出した降伏変位 δ_y で無次元化している。まず、Fig.3(a)に示すように、補強のないブレースは実験を開始して $P/P_y=0.49$, $\delta/\delta_y=0.44$ に達したところでボルトのすべりが発生した。継続して繰返し荷重を載荷し $P/P_y=-0.54$, $\delta/\delta_y=-0.08$ に達したところでブレースの全体座屈が生じた。さらに引張側に荷重を載荷し、 $P/P_y=0.98$, $\delta/\delta_y=2.47$ に達したところで Fig.3(b)のように接合部での破壊が生じ荷重が低下したため実験を終了した。

続いて、ブレース端部を補強した供試体では、Fig.4(a)に示すように、実験を開始後、 $P/P_y=0.59$, $\delta/\delta_y=0.51$ に達したところでボルトのすべりが発生した。その後、繰返し荷重を載荷し $P/P_y=-0.75$, $\delta/\delta_y=-0.46$ に達したところでブレースの全体座屈が生じた。最終的には引張側載荷により $P/P_y=1.05$, $\delta/\delta_y=4.02$ に達したところで Fig.4(c)のようにブレース軸部でのくびれ破壊が生じ荷重が低下したため実験を終了した。補強により Fig.4(b)に示すようにボルト接合部では健全な状態を保持した。

4. 考察

補強効果を把握するため接合部に Fig.5 のようにひずみゲージを設置した。ここでは例として、ボルトのすべりが発生する直前の荷重-ひずみ関係を Fig.6(a),(b)に示す。補強した供試体は接合部ボルト横の応力集中が抑えられていることが確認できる。

5. おわりに

本研究で使用したアングルブレースは軸部と接合部が同一断面であるため、引張方向に軸力を作用させた場合、断面欠損のある接合部での破壊が生じるが、板を溶接し接合部を補強した供試体は軸部で破壊が生じることが確認された。そこで、圧縮軸力に対し全体座屈を防ぐ座屈拘束材を取り付ければ、繰返しの軸力に対し、ブレース軸部を塑性変形させエネルギーを吸収することが可能になるのではないかと考えられる。

今後の研究課題として取り組む予定である。

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: 「繰返し引張軸力が作用するブレースの破壊挙動について」, 土木学会第 65 回年次学術講演会講演概要集, I-481, pp.961-962, (2010-9)

