

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

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、ボルト接合部にあて板補強したブレースに対して、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 75mm、厚さ 6mm の等辺アングルで、両端ガセットプレートに 2 面背合わせでボルト接合されている。Fig.2 のように、アングル端部のボルト接合部に厚さ 6mm の板を溶接し、あて板補強した供試体と、補強しない供試体をそれぞれ 1 体ずつ比較した。

(2) ブレース材および接合部の設計

アングルのブレースとしての細長比とボルト接合部に適用した設計条件を Table1 および Table2 に示す。接合部に使用した高力ボルトは Table2 のように決定した。

(3) 荷重載荷方法

載荷はブレースの軸方向に荷重制御で行い、正負交番の繰返し軸力を漸増させ、終局状態まで実施した。

(4) 材料試験

アングルブレースおよびガセットプレートの材料試験結果を Table3 に示す。表中の諸量は、それぞれ 3 本のテストピースから得られた値の平均値である。ただし、断面積は規格値とした。

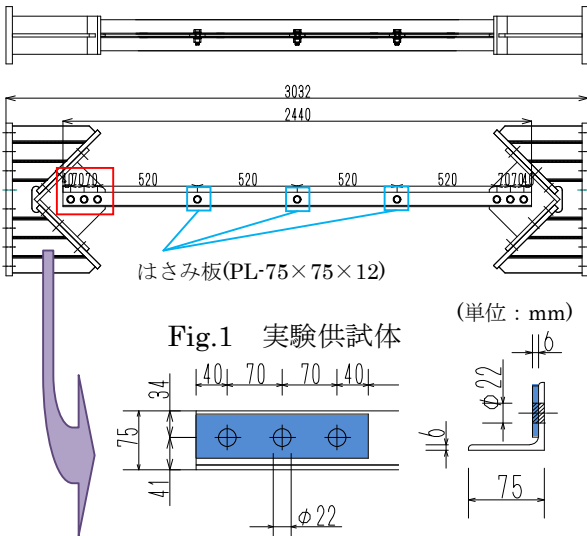


Fig.2 アングル端部の補強図

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本当たり)
使用ボルト本数	$n = P_{ta}/(F_b \times 2) = (244.4 \times 10^3)/(38.9 \times 10^3) = 3$

Table3 材料試験結果

test plate	P _y (kN)	P _u (kN)	A (mm ²)	σ _y (MPa)	σ _u (MPa)	E (GPa)	ε _y	v
Angle	72.17	102.7	244.35	295.33	420.26	190.98	0.00155	0.275
Gusset plate	128.87	202.13	479.39	268.81	421.78	203.00	0.00132	0.29

キーワード：アングル、高力ボルト

連絡先：名古屋市天白区塩釜口 名城大学理工学研究科建設システム工学専攻

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。縦軸はアングルの降伏荷重 $P_y (=A \cdot \sigma_y)$ 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。

Fig.3(a)に示すように、補強しないブレースは載荷開始後 $P/P_y=0.49$, $\delta/\delta_y=0.44$ に達したところでボルトのすべりが発生した。その後、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, 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。

これに対し、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、 $P/P_y=0.59$, $\delta/\delta_y=0.51$ 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。最終的には引張荷重により $P/P_y=1.05$, $\delta/\delta_y=4.02$ に達して Fig.4(c)のようにブレース軸部はさみ板のボルト孔周辺でくびれ破壊が生じ、荷重が低下したため実験を終了した。実験後、Fig.4(b)に示すようにボルト接合部は健全な状態を保持していることを確認した。

4. 考察

あて板の応力状態を検討するため、Fig.5 のように接合部にひずみゲージを添付した。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)に対比して示す。接合部のひずみが小さく抑えられていることで、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ブレース一般部のはさみ板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)

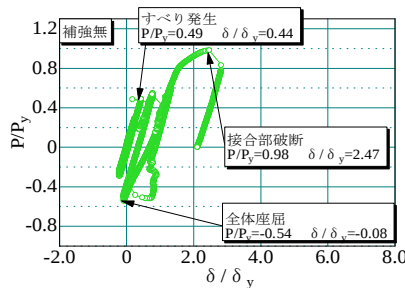


Fig.3(a) 荷重－変位関係

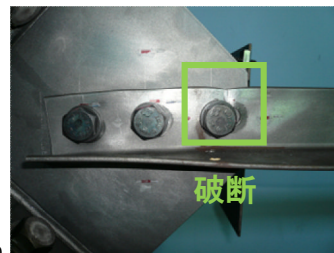


Fig.3(b) 接合部 (実験後)

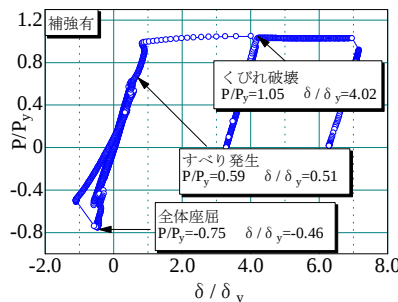


Fig.4(a) 荷重－変位関係



Fig.4(b) 接合部 (実験後)

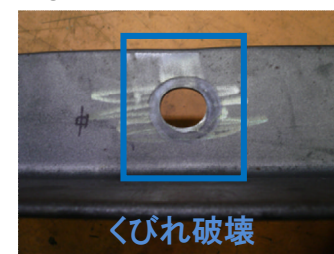


Fig.4(c) 軸部 (実験後)

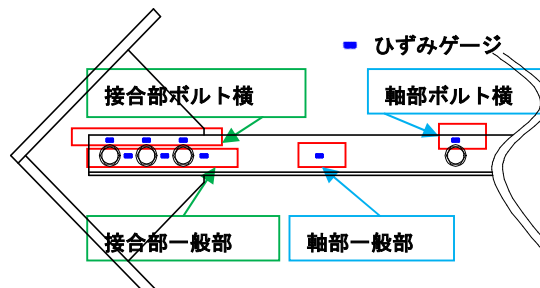


Fig.5 ひずみゲージ設置位置

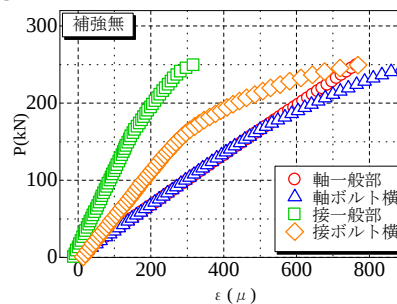


Fig.6(a) 荷重－ひずみ関係

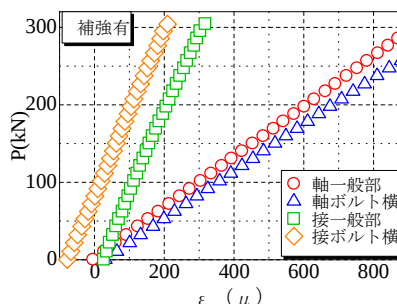


Fig.6(b) 荷重－ひずみ関係