繰り返し引張軸力が作用するブレースの破壊挙動について

1. はじめに

等辺山形鋼(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.そのため,土木構造 物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てい る.本研究では,図.1図.2に示すように,アングルを背合わせにしたブ レースを高力ボルトで接合し,引張軸力を繰り返し載荷することでボルト 接合部の破壊挙動^{1,2)}とブレースの終局耐力を確認した.

2. 実験供試体設計

アングル部材断面について、本実験で用いたブレースは軸部の長さ L=1400mm とした.アングルのフランジ幅 75mm、板厚 6mm から、断面 の断面二次半径は r =23mm となるので、細長比は L/r=61 となる.よって、 道路橋示方書の設計基準 L/r=240 以下を満たす.

接合に用いたボルト必要本数の計算について、本実験では F10T,ボルト径 M20 の高力ボルトを使用した.1本当たりのボルト設計軸力 Fb を次の式 (2.1) で算出した.

$$F_b = \frac{1}{\nu} \cdot \mu \cdot \alpha \cdot \sigma_y^* \cdot A_e$$







図.2 供試体接合部

(2.1)

ここに、 ν :継ぎ手のすべりに対する安全率、 μ :すべり係数、 α :降伏比(F10T に対して 0.75)、 σ_y^* :ボルトの耐力(=900N/mm²)(N/mm²)、A_e*:ねじ部の有効断面積(=245mm²)(mm²)である。接合するガセットの鋼材とアングルは SS400 相当で、表面は十分なブラストショットにより荒面処理を行った。実験開始前に表面粗さ計で計測した結果から、すべり係数 μ =0.5を適用した。以上からボルト1本あたりの設計軸力を算出すると F_b=48.6kN となる。

許容引張荷重 P_{ua} はアングル軸部断面積 A_g に許容引張応力($\sigma_y=140$ N/mm²)を適用して求める. さらに,接合 に必要なボルト本数を以下の式(2.2)により算出する.計算上の最小ボルト本数は n=3 本となるが,本実験では 配置バランスから n=4 本とした.

3. 設計まとめ

表.1 にアングル軸部,接合部のそれぞれの降伏荷重 P_y , 破断荷重 P_u を示す.表中の荷重は,それぞれ実降伏応力 σ_y =308N/mm²,終局応力 σ_u =452N/mm²を用いて算出し ている.なお,ボルト孔径(=22mm)控除後の有効断面積 は A_e =662mm²を用いている.

$n = \frac{P_{ua}}{1}$	(2, 2)
$2F_b$	

表.1 設計荷重

	算出式	設計値(kN)
軸部の破断荷重	$P_{ug} = \sigma_u \cdot 2A_g$	717
接合部の破断荷重	$P_{ue} = \sigma_u \cdot 2A_e$	598
軸部の降伏荷重	$P_{yg} = \sigma_y \cdot 2A_g$	489
接合部の降伏荷重	$P_{ye} = \sigma_y \cdot 2A_e$	407
許容引張荷重	$P_{ta} = \sigma_a \cdot 2A_g$	222

4. 載荷方法

本実験は、アングルを板厚 10mm のガセットに設置してボルト接合した後、100kN の油圧ジャッキによって、引張側に繰り返し軸力を与えた.接合に際し、ボルトの締め付けはトルクレンチを用い、回転角法で管理ながら設計軸力の 1.1 倍の軸力を導入した.繰り返し軸力はアングル軸部の降伏変位 δ_vを漸増させることで

キーワード:アングル,高力ボルト

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

与えた. 降伏変位 δ_y は、アングルブレース材軸部区間である L=1400mm に材料試験により求められた降伏 ひずみ ε_v を乗じて算出した値を用いた.

5. 実験結果

図.3 に表.1 に示した設計上の接合部の降伏荷重と破断荷重, 軸部の降伏荷重と破断荷重を直線で示し,実験結果と比較した ものを示す.荷重は実降伏荷重で無次元化し,変位は対応する 降伏変位で無次元化している.供試体は, $P/P_y=1.12$, $\delta/\delta_y=4.73$ 付近でボルトのすべりが生じた.すべり発生後は $\delta/\delta_y=6$ 付近か ら, $\delta/\delta_y=9$ 付近までは比較的一定荷重を保ちながら変形が進行 した.その後荷重は非線形的に上昇し,荷重の減少がみられた ところで破断が生じたため実験を終了した.ボルトすべりが発 生した直後から,図.4 に示す第1ボルト縁端で,アングル端部 のくびれ破壊が進行した.終局荷重は $P/P_y=1.22$ に達し, $\delta/\delta_y=21$ 付近まで変形することが確認された.

6. 接合部のひずみ挙動

ここではボルトのすべり前後の接合部のひずみに着目する.図.5にゲージの設置位置を示し,図.6にすべり前後の ひずみの変化を示す.荷重は降伏荷重で無次元化し,変位

は降伏変位で無次元化している. 各図の「すべり前」は載 荷初期の弾性領域のひずみ分布をしめし,「すべり後」はす べり発生直後の載荷ステップに対し塑性ひずみを差し引い た,みかけの弾性ひずみをプロットした. ボルト接合部よ り前に位置する G0 では当然ながらすべり前後にほとんど 変化しない. ボルトがすべり,摩擦接合からボルトの片あ たりによる支圧接合に移行した第一ボルト孔周囲の G1 で はすべり後では 1.5 倍程度ひずみが進行しているが, G2, G3 ではすべり前後のひずみ変化は微少であった.

7. まとめ

アングルブレースに繰り返し軸力を作 用させた場合,接合部の破壊が生じながら も,急激な荷重低下は生じないことを示し た.今後は,圧縮軸力を作用させるケース などを追加検討する予定である.

8. 参考文献

1)河野誉之,吉野雅之,宇田川邦明,山 田隆夫:高力ボルト接合された山形鋼筋違 い材の破壊形式と破断耐力(その1:実験 の概要と結果).日本建築学会大会学術講 演概要集.









図.5 ボルトおよびゲージ設置

