

I-A 353

曲げと引張力を受ける鋼管フランジ継手の力学的挙動に関する実験的研究

京都大学工学部 正 員 山口 隆司 京都大学工学部 フェロー 渡邊 英一
 京都大学工学部 正 員 杉浦 邦征 京都大学大学院 学生員 松室 徹哉
 (株)神戸製鋼所 正 員 三田村 武 (株)神戸製鋼所 正 員 葛西俊一郎

1. はじめに

本研究では、力学特性および施工性に優れた高力ボルト引張継手の一つである鋼管フランジ継手を対象に、代表的な組み合わせ荷重である曲げ・引張荷重作用下における力学的挙動を実験的に明らかにした。ここでは、特にフランジ板厚をパラメータとして鋼管、フランジ板、高力ボルトの各要素に注目して詳細な検討を行った。

2. 载荷実験の概要

Table 1 に示す6体の供試体を製作した。供試体の形状を Fig. 1 に示す。継手部の破壊モードを検討するために2種類のフランジ板厚を設定した。また、引張力の影響を調べるために Table 1 に示すように3種類の引張力を設定した。なお、引張力については現行の鋼製堰堤継手部の設計軸力をもとに決定している。計測は Fig. 1 に示す鋼管壁、フランジ板、高力ボルトの軸平行部においてひずみゲージにより局所ひずみを計測した。载荷は2台のサーボアクチュエータを用いた Fig. 2 に示す载荷装置により、引張力導入段階、曲げ荷重载荷段階の順に行った。

3. 実験結果と考察

得られた曲げモーメントー平均曲率曲線を Fig. 3 に示す。図中の曲げモーメントおよび平均曲率は継手部有さない鋼管の降伏曲げモーメントおよび降伏曲率によってそれぞれ無次元化した。鋼管の降伏曲げモーメントおよび降伏曲率は材料試験による降伏応力をもとに決定している。さらに、図中には引張断面力を考慮

Specimen	Diameter of Tube	Wall Thickness of Tube	Thickness of Flange Plate	Diameter of Flange Plate	Axial Tensile Load (kN)	
TH10-P00	216.3	4.5	10	400	0 (0 %)	
TH10-P10					285 (10 %)	
TH10-P17					484 (17 %)	
TH22-P00			22		0 (0 %)	
TH22-P10					285 (10 %)	
TH22-P17					484 (17 %)	

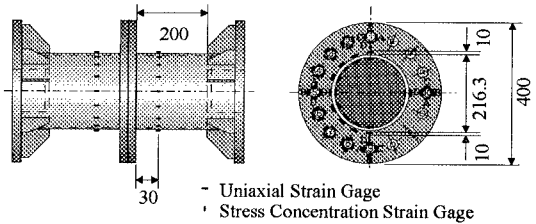


Fig. 1 Dimensions of the Specimens and Measuring Points of Local Strain (unit : mm)

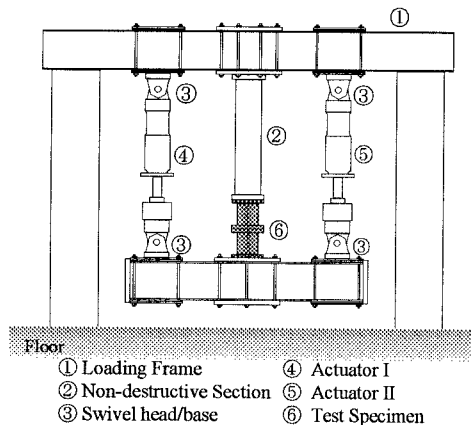


Fig. 2 Test Setup

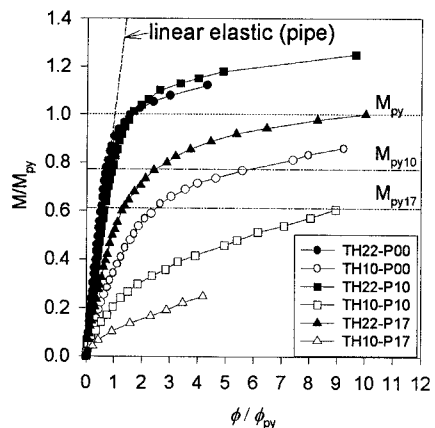


Fig. 3 Bending Moment vs. Average Curvature

した継手部を有さない鋼管の降伏曲げモーメント M_{py} , M_{py10} , M_{py17} を図示した。なお、下付添え字は、総ボルト導入軸力に対する引張力の割合を表しており、供試体に導入した引張力に対応している。降伏曲げモーメントおよび降伏曲率は曲げモーメントー平均曲率曲線の弾性域と塑性域の回帰直線の交点とした。図よりフランジ板が厚いほど、導入引張力が小さいほど、初期剛性、降伏曲げモーメントは高くなっている。フランジ板が厚い場合、導入引張力が総ボルト軸力の10%である TH22-P10 のモーメントー平均曲率曲線の形状は無軸力の TH22-P00 のそれとよく似ており、総ボルト導入軸力の10%程度の導入引張力の影響は無視できるほど小さいと考えられる。

次に、曲げ荷重荷重段階 ($M/M_y=0.5$, $M/M_y=1.0$) の鋼管の軸方向ひずみ分布とボルト軸力の変化を示す。なお、 M_y は载荷実験から得られた降伏モーメントである。縦軸は断面図心軸を原点としたひずみの測定位置を表す。横軸はボルト軸力の変化量と鋼管壁の平均ひずみを表している。図よりフランジ板が薄く、導入引張力が最も大きい TH10-P17 を除いて平面保持の仮定が成立していることがわかる。また、導入引張力の増加に伴い中立軸位置の圧縮側への移動が確認できる。フランジ板が厚い場合、曲げ荷重の増加に伴い中立軸が鋼管中心方向へ移動する傾向が見られる。ボルト軸力は、圧縮側で減少し、引張側で増加する傾向にあり、フランジ板が薄く、無軸力の場合である TH10-P00 の引張側での変化が顕著になっている。

引張力導入段階では、フランジ板が厚い TH22-P10, TH22-P17 のボルト軸力の増加量は 2(kN), 0(kN) であり、ほとんど増加していない。これはフランジ板が厚いためにこ反力のは発生が抑えられたためと考えられる。一方、フランジ板が薄い場合、ボルト軸力は減少し、その減少量は TH10-P10 で 14(kN), TH10-P17 で 35(kN) である。有限要素解析の結果、引張力によるフランジ板厚の減少に伴いボルト軸力が減少しており、ボルト軸力がボルト軸剛性に大きく影響されることが明らかになった。

4. まとめ

初期降伏はフランジ板もしくは鋼管で生じ、継手の曲げ強度はフランジ板が厚いほど大きい。また、継手の曲げ剛性はフランジ板が厚いほど引張荷重によらず一定となる。これまでこ反力によるボルト軸力の増加が着目されてきたが、継手の剛性に関連してボルト軸力の減少に注意する必要がある。特にフランジ板が薄い場合、ボルト軸力の減少は著しい。

参考文献

- 1) E.Watanabe, K.Sugiura, T.Yamaguchi, S.Kasai: Behavior of High Strength Bolted Tube Flange Joints subjected to Bending, Proc. of the 3rd Pacific Structural Steel Conference, Oct. 1992, pp. 391-398.

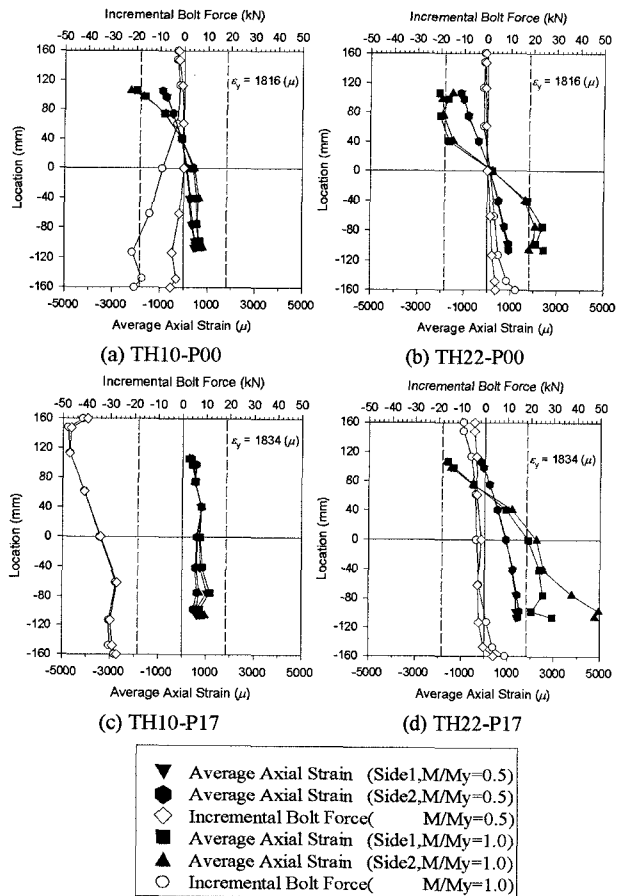


Fig. 4 Axial Strain Distribution of the Tube and Strain Distribution of the Bolts