

第1部門 曲げと引張力を受ける鋼管フランジ継手の力学挙動

京都大学大学院 学生員 ○松室 徹哉 京都大学工学部 正 員 渡邊 英一
京都大学工学部 正 員 杉浦 邦征 京都大学工学部 正 員 宇都宮智昭
京都大学工学部 正 員 山口 隆司

1. はじめに

本研究では、力学特性、施工性に優れた鋼管フランジ継手の曲げ・引張作用下における力学挙動を実験的に明らかにした。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の挙動に対して詳細な検討を行った。

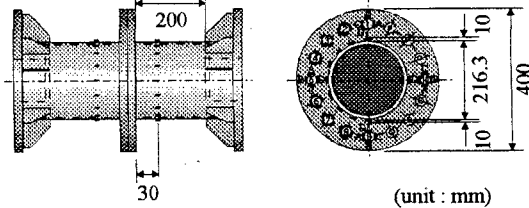
2. 載荷試験の概要

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 2 種類のフランジ板厚を設定した。また、一定引張力については、現行の鋼製堰堤継手における設計軸力の値を参照した。Fig. 2 に示すような二台のサーボアクチュエータにより供試体に引張・曲げ荷重を加える載荷装置を用いた。載荷は、試験準備段階、引張軸力導入段階、曲げ荷重載荷段階の順に行った。

3. 実験結果と考察

載荷実験から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に基づき決定した。なお、継手の降伏曲げモーメントについては、荷重ー変形曲線の弾性域と塑性域の回帰直線の交点とした。さらに、図中には引張断面力を考慮した鋼管の降伏曲げモーメント M_{py00} , M_{py10} , M_{py17} を参考のため図示した。それぞれ総ボルト導入軸力に

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 %)	



○ Uniaxial Strain Gage
● Stress Concentration Strain Gage

Fig. 1 Dimensions of the Specimen and Measuring Points of Local Strain

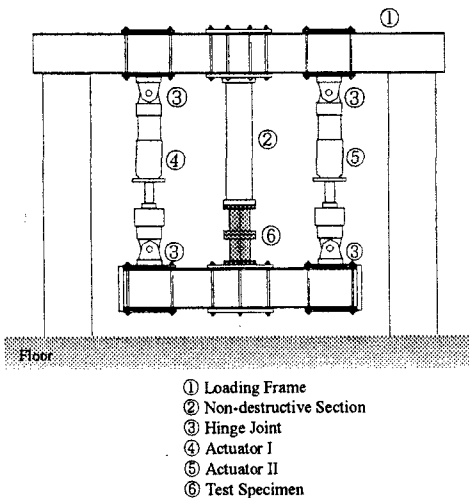


Fig. 2 Test Setup

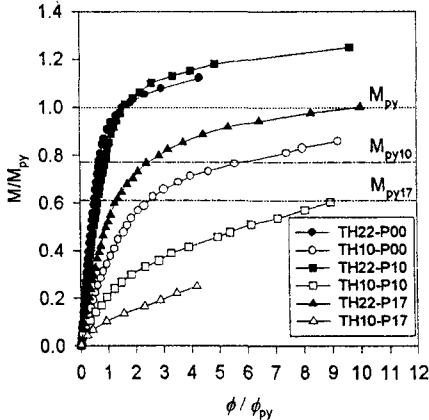


Fig. 3 Bending Moment vs. Average Curvature

対する導入引張力の比が0%, 10%, 17%の時の鋼管の降伏曲げモーメントを表している。

Fig. 3 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が高くなることがわかる。一方、フランジ板が厚い場合、導入引張力が総ボルト軸力の10%の荷重-変形曲線の形状は無軸力のそれとよく似ており、総ボルト軸力の10%程度の導入引張力の影響は無視できるほど小さい。

曲げ荷重載荷段階 ($M/M_y=0.5$, $M/M_y=1.0$) の鋼管の軸方向ひずみ分布とボルト軸力の変化を Fig. 4 に示す。ただし、 M_y は継手の降伏曲げモーメントである。縦軸は断面図心軸を原点にひずみ測定位置を表す (+: 圧縮側, -: 引張側)。また、横軸はボルト軸力変化量と鋼管のひずみを表している(計測位置についてはFig. 1を参照)。フランジ板が薄く、導入引張力が最も大きい TH10-P17を除いて鋼管のひずみ分布は平面保持の仮定に従う。また、導入引張力の増加に伴い中立軸の圧縮側への移動が確認できる。一方、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ある。また、曲げ載荷時においてフランジ板が厚い場合、ボルト軸力は、圧縮側では減少し、引張側では増加する。一方、フランジ板が薄い場合、荷重の増加に伴う軸力の増減は、引張側(減少)で顕著である。

曲げ荷重載荷直前では、フランジ板が厚い TH22-P10, TH22-P17 においてボルト軸力の増加量はそれぞれ2(kN), 0(kN)であり、ボルト軸力はあまり増加しなかった。しかし、フランジ板が薄い場合、ボルト軸力が減少し、その軸力減少量は TH10-P10, TH10-P17 において14(kN), 35(kN)であった。また、有限要素解析の結果フランジ板厚の減少に伴いボルト軸力が減少し、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. 結論

初期降伏は、フランジ板もしくは鋼管で生じ、継手の曲げ降伏強度は、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、て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

- 山口隆司, 渡邊英一, 杉浦邦征, 葛西俊一郎: 高力ボルト鋼管フランジ継手の荷重変形特性に関する実験的研究, 関西支部年次学術講演概要, 1991年5月, I-43-1-I-43-2.
- 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.

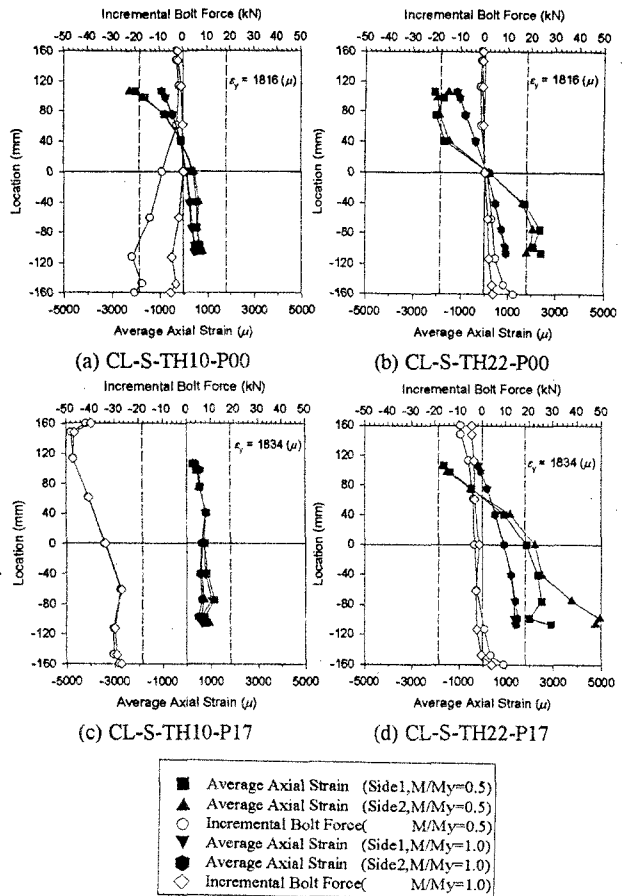


Fig. 4 Axial Strain Distribution of the Tube and Strain Distribution of the Bolts