

大阪市立大学工学部
大阪市立大学大学院工学研究科
大阪市立大学大学院工学研究科
大阪市立大学大学院工学研究科
大阪市立大学大学院工学研究科

学生員 ○橋本 国太郎
正会員 北田 俊行
正会員 山口 隆司
正会員 松村 政秀
学生員 鈴木 康夫

1. まえがき

本研究は、力学的合理性はもちろんのこと、経済的合理性にも富んだトラス橋格点部の開発のための基礎的資料を提供することを目的としている。トラス橋格点部は、ガセットプレートを通じて、高力ボルト摩擦接合で弦材および斜材を接合しているのが現状であり、製作性、施工性の面から構造の簡素化やプレファブ化が強く求められている。そこで、本研究では、高力ボルト引張接合を利用し、ガセットプレートを省略した複合構造格点部(以下プレキャスト格点部)の力学的挙動を実験的に検討した。なお、トラス橋弦材に主として作用する軸力に対しては、既にその力学的挙動は解明されている¹⁾ことから、本実験では、トラス橋格点部に作用する2次応力(曲げモーメント、せん断力)を考慮して、プレキャスト格点部が最も不利な状態となるように、曲げモーメントを載荷した。

2. 実験概要

実験供試体の概要を図-1に、断面図を図-2に示す。製作した供試体は4体で、それぞれの供試体の特徴および比較検討項目を表-1に示す。TYPE 1, 2, 4は、図-1(a)に示すように、プレキャスト格点部と弦材とを高力ボルト引張接合により締結したものである。TYPE 3は、図-1(b)に示すように、プレキャスト格点部を省略し、弦材同士を高力ボルト引張接合したものである。ボルトは、図-2のように、12本配置した。供試体の寸法、ボルト本数等は、過去の実験¹⁾を参考に、載荷装置の制約を考慮して決定した。載荷は、1,000 kN アクチュエーターを用いて、4点載荷として、格点部モデルに、純曲げをボルトが破断するまで載荷した。

測定項目は、ボルト軸力、供試体継手部の離間量(腹板側、引張側)、供試体中央部および端部の垂直変位、ならびに鋼管壁およびコンクリートのひずみである。なお、ボルトはS45C鋼棒を用い、M12高力ボルトの基準に従い、48.6 kNの初期軸力を導入した。

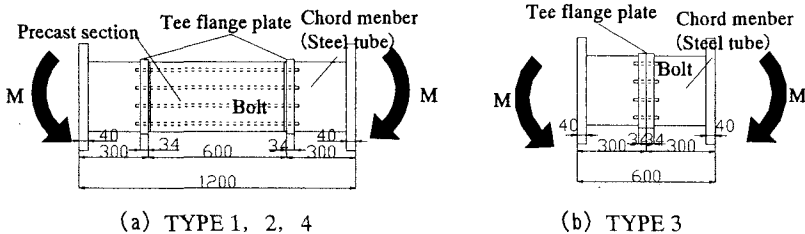


図-1 供試体の概要 (単位: mm)

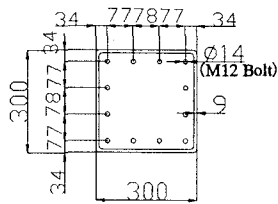


図-2 供試体断面図 (単位: mm)

表-1 供試体の内訳と比較検討項目

供試体名	接合形式	格点部の概要	比較検討項目		
			プレキャスト格点部の有無	コンクリートの有無	鋼管の有無
TYPE1	長締め	コンクリート充填鋼管		○	○
TYPE2	長締め	コンクリート			○
TYPE3	短締め	無し	○		
TYPE4	長締め	鋼管	○	○	

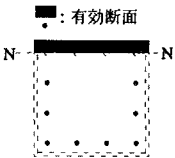


図-3 設計強度算定モデル

3. 実験結果とその考察

実験から得られた主な結果を表-2に示す。また、曲げモーメント(M)と曲率(ϕ)の関係を図-4に示す。なお、比較のため、表中には設計曲げ強度と理論曲げ剛性も併せて示した。供試体の降伏曲げ強度は、実験においていずれかのボルトが初めて降伏した時の曲げモーメントとした。初期曲げ剛性は、弾性時の垂直変位の差から算出した平均曲率と曲げモーメントとの関係から算出した。理論曲げ剛性は、供試体を変断面弾性梁モデルに置き換えて算出した弾性時の曲げ剛性である。設計最大曲げ強度は、継手面において、圧縮側と引張側の有効断面を仮定して算出した最大曲げモーメントである。充填鋼管タイプであるTYPE 1, TYPE 3, およびTYPE 4供試体に対して仮定した有効断面の例を図-3に示す。供試体は全てボルトの破断により、終局状態に至っており、終局強度がボルトの引張強度に依存していることがわかる。表-2から、最大曲げモーメントは、プレキャスト格点部を持たない短締め形式接合部を有するTYPE 3が最も大きく、TYPE 1, TYPE 4, TYPE 2の順に小さくなっている。ただし、TYPE 1とTYPE 4では顕著な差は認められない。これは、TYPE 3以外のプレキャスト格点部を有する供試体は、長いボルトを用いた長締め接合形式により接合されており、引張力だけでなく、格点部の曲げ変形に起因

する付加曲げモーメントがボルトに作用したためと考えられる。特に、コンクリートのみで構成される TYPE 2 供試体では、格点部の曲げ変形も大きく、ボルトに作用した付加曲げモーメントも大きかったことが予想される。設計最大曲げ強度と最大曲げ強度とを比較すると、その差は 1.1～11.9 %の間となり、本研究で仮定した有効断面を用いて計算される設計曲げ強度により、最大曲げ強度の推定は可能であると言える。表-2 および図-4 より、初期曲げ剛性について、供試体間で差異が認められ、プレキャスト格点部に使用した材料の剛性の高い順に大きくなっている。つまり、初期曲げ剛性は、弾性範囲内では供試体には離間は見られず、格点部に使用した材料に依存すると考えられる。次に、実験から得られた初期曲げ剛性と理論曲げ剛性とを比較をすると、それぞれの供試体で、12.6～38.5 %の差異が認められた。これは、ボルトにあらかじめ導入された初期軸力によるプレストレスの影響、また、継手部の離間による影響と考えられる。

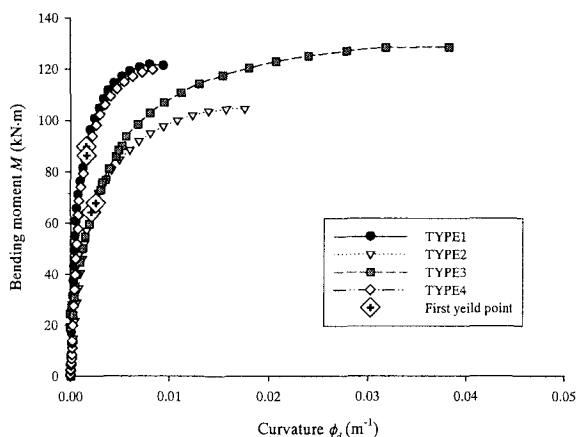


図-4 曲げモーメント-曲率関係

表-2 実験結果のまとめ

供試体名	降伏曲げ強度 (kN·m)	最大曲げ強度 M_u (kN·m)	設計最大曲げ強度 M'_u (kN·m)	M'_u と M_u の 差 (%)	初期曲げ剛性 EI (kN·m ²)	理論曲げ剛性 EI' (kN·m ²)	EI' と EI の差 (%)
TYPE1	89.74	121.88	130.2	6.4	123509	89148	38.5
TYPE2	64.10	104.70	118.9	11.9	39753	45507	-12.6
TYPE3	67.65	128.72	130.2	1.1	44867	67748	-33.8
TYPE4	86.26	119.81	130.2	8.0	75724	65907	14.9

次に、各供試体の曲げモーメント(M)とボルト軸力(B)との関係を圧縮側および引張側の 4 本ずつあるボルトの内の 1 本ずつを例に図-5 に示す。また、参考のため、材料試験から求めたボルトの降伏軸力および引張耐力も併せて示した。図-5 より、圧縮側のボルト軸力の変化に注目すると、TYPE 1, TYPE 2, および TYPE 4 の格点部を有する供試体では、ボルト軸力が減少している。これは、格点部の曲げ変形によって、ボルト軸力が減少したと考えられる。特に、コンクリートのみで格点部を構成している供試体 TYPE 2 では、この傾向が顕著に現れている。一方、引張側ボルトに注目すると、格点部を有する TYPE 1, TYPE 2, および TYPE 4 の供試体では、ボルトがその引張耐力に到達する以前に破断している。この原因としては、ボルトの曲げ変形による付加曲げが作用するためと考えられる。特に、鋼管のみの供試体 TYPE 4 では、コンクリートで充填されていない分、この付加曲げの影響が大きい。

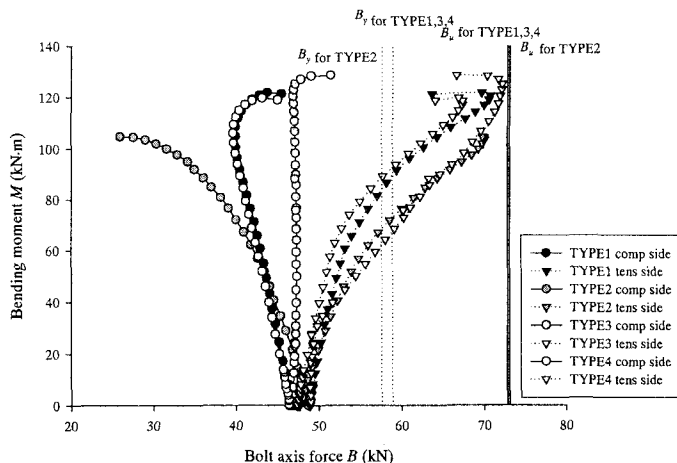


図-5 曲げモーメント-ボルト軸力関係

4. まとめ

本研究で得られた主な結果と今後の課題を以下に示す。

- (1) 供試体の曲げ強度は、ボルトの引張強度だけでなく、格点部の構造にも影響する。プレキャスト格点部を有する供試体の中では、コンクリート充填鋼管タイプが、格点部の曲げ変形量が小さいため、付加曲げの影響を受けにくく、曲げ強度、曲げ剛性ともに大きい。一方、コンクリートのみの供試体では、付加曲げの影響を受けやすく、曲げ強度、曲げ剛性ともに小さい。よって、格点部に鋼管を使用する効果、および鋼管内にコンクリートを充填する効果が認められ、コンクリート充填鋼管部を有する供試体 TYPE 1 が曲げ挙動の点から一番優れている。
- (2) 実験に先立って設計曲げ強度を算定したが、TYPE 3 供試体では実験値との誤差が 1.1 %と小さく、設計曲げ強度の計算に使用した算定モデルは有効である。
- (3) 実際のトラス橋格点部は、弦材だけでなく、斜材も接合しているため、複雑な応力状態となっている。よって、今後このプレキャスト格点部に斜材を接合した、実際のトラス橋に近い形で載荷実験を行う必要がある。

参考文献 1) 山口隆司, 鈴木康夫, 北田俊行, 杉浦邦征, 秋山寿行: 高力ボルト引張接合を用いた箱型断面接合部の組合せ荷重下における力学的挙動, 構造工学論文集, Vol.47A, 土木学会, pp103-112, 2001.3.