

合成桁高力ボルト摩擦接合部の曲げ強度解明に関する実験的研究

| | | | |
|-----------|------|-----|----|
| (株)横河ブリッジ | 正会員 | ○松岡 | 徹 |
| 長岡技術科学大学 | 正会員 | 長井 | 正嗣 |
| 大阪市立大学大学院 | 正会員 | 山口 | 隆司 |
| | 学生会員 | 吉岡 | 夏樹 |

1. はじめに

近年の建設コスト縮減要求に対し、鋼系橋梁では合理化された合成少数主桁橋が開発されており、更に合成桁の限界状態設計法の開発研究が進められている。一方で、部材の高力ボルト摩擦接合法に目を向けると、我が国では許容応力度設計法によりボルト本数等が決定されている。そのため、限界状態設計法を適用し、合成桁断面(正曲げ領域)が小型化しても、伝達する力に変化は生じないことから、ボルトの必要本数が変化しない。そこで、本研究では、塑性域を対象にできる新しい高力ボルト摩擦接合設計法の構築を目標とした。しかし、塑性強度に達する合成桁断面の継手としてボルト接合を用いる例は極めて少ないことから、本研究では、まず基礎的な情報を得ることを目的に、模型桁を用いた載荷試験を行い、ボルト接合部の曲げ挙動特性や強度について検討を行うこととした。

2. 曲げ強度解明に関する予備試験

これまで定義されてきたボルト継手部の終局強度はボルトのすべり、あるいは母材降伏のいずれかであるが、すべり先行型では、すべり以降も大きな耐力を有することが知られている。一方、母材の降伏は、ポアソン効果による母材板厚の減少により、ボルト軸力の抜けを招くことから、降伏以降の強度上昇が期待できないとされている。また、合成桁を対象とし、母材降伏あるいはボルトすべり以降の挙動を検討した事例は極めて少ない。そのため事前に継ぎ手部の基本情報を得るために、予備試験を行い、ボルト接合部を持たない合成桁との比較を行った。予備試験に用いた模型桁は支間長8,000mm、中央部1,000mmの等曲げ区間にボルト接合をもつ合成桁である。

図-1 に結果を示す。P_pは塑性モーメントに達する荷重で、P_yは降伏モーメントに達する荷重である。引張側ボルトの軸力抜けにより、降伏後直ちに耐力が失われることを危惧していたが、塑性強度に近い値が得られた。

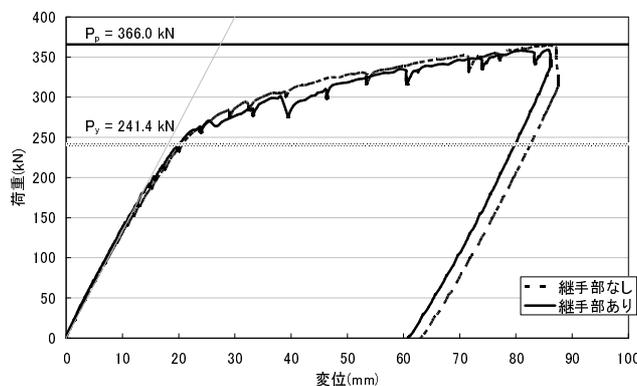


図-1 予備試験荷重-変位関係

3. 曲げ強度解明に関する実験概要

予備試験の結果から、終局限界状態において塑性モーメントに達する可能性が得られたことにより、更にデータを蓄積するため下フランジボルト本数の異なる2タイプの模型桁を作成し、実験を行った。2タイプ共に支間長8,000mm、中央部1,000mmの等曲げ区間にボルト接合をもつ合成桁である。

本実験では、従来設計法と大きく異なり、すべり限界を終局(破壊)限界ではなく、使用限界状態と定義した。つまり、供用時にはボルトの“すべり”が生じないことを要求性能とした。また、この限界と作用力の比率を安全係数として1.15と設定することとした。鋼材の降伏点を一律300MPaと仮定し、上記安全係数から作用最大応力を約260MPaと算定し、ボルト本数を計算した。その結果、本数は9.8本となり、Type-1では10本(図-2)使用することとし、Type-2では1列多い14本(図-3)使用することとした。

鋼部材(鋼系橋梁)のボルト接合に当たり、終局限界状態での照査方法を明記したものは見当たらない。そこで、ここでは以下の2通りの方法で照査した。

a)終局状態での鋼桁の応力分布は全面降伏応力状態になる。したがって、必要本数(n)は、下記のようにした。

$$n = (\text{降伏応力}) \times (\text{鋼断面積}) / \rho$$

キーワード 合成桁, 高力ボルト, 摩擦接合, 限界状態設計法

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1903-1 長岡技術科学大学 建設構造研究室 TEL:0258-46-6000(内線 6307)

計算から、必要本数は 23.3 本となり、上、下フランジ及びウェブに配置した総ボルト数 24 本(Type-1)で OK と判断した。

b)各パーツの終局状態(ボルトせん断破断強度、母材破断強度、連結板のはし抜け強度)の最小値を合計し、終局強度とする。これらの計算結果から、Type-1 では、4,604(kN)が、Type-2 では 5,344(kN)が得られた。鋼の仮定した降伏応力が 300MPa、断面積を乗じると、全面降伏時強度は 4,650(kN)となり、Type-1 の強度は若干小さい設計となった。

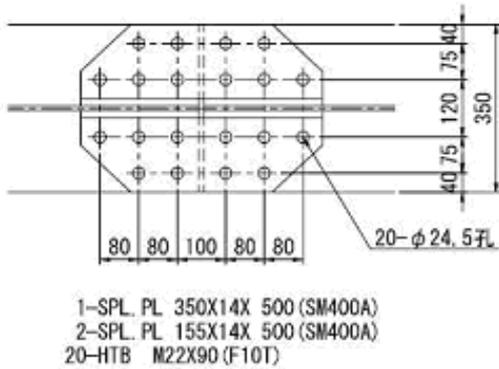


図-2 下フランジボルト配置(Type-1)

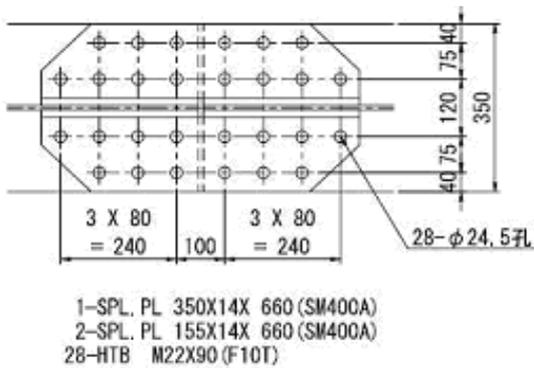


図-3 下フランジボルト配置(Type-2)

4. 曲げ強度解明に関する実験結果および考察

図-4に結果を示す。P_pの大きい値は、当研究室を中心とする研究グループの Ductility 条件を用いた塑性モーメントに達する荷重、P_pの小さい値は AASHTO LRFD の Ductility 条件を用いた塑性モーメントに達する荷重である。また、P_yは降伏モーメントに達する荷重である。2 ケース共に、降伏荷重に達する前に線形関係が失われている。これは鋼桁の残留応力による影響であると考えられる。2 ケース共前述の P_p には達しないものの、Type-2 においては AASHTO LRFD の低減係数による P_p に達することが確認できた。

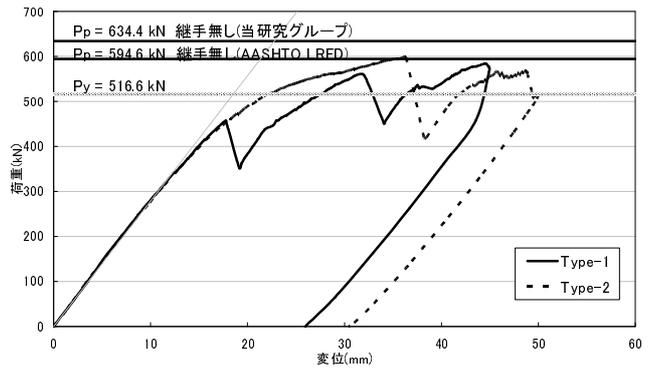


図-4 本試験荷重-変位関係

中央に継手を持たない合成桁と同様の計算式では、接合部の正確な強度が算出できないと考え、建築の分野で使われている式を参考に、図-5 に示すような、最外縁応力が引張強さに等しい三角形の応力分布を仮定した、ボルト接合部を持つ桁独自の強度算出を試みた。

計算から塑性モーメント 2,557(kN・m)が得られたが、実験値から算出された塑性モーメントは 2,097(kN・m) であり、従来の接合部を持たない合成桁の計算式による 2,272(kN・m)よりも実験値から離れた結果となった。

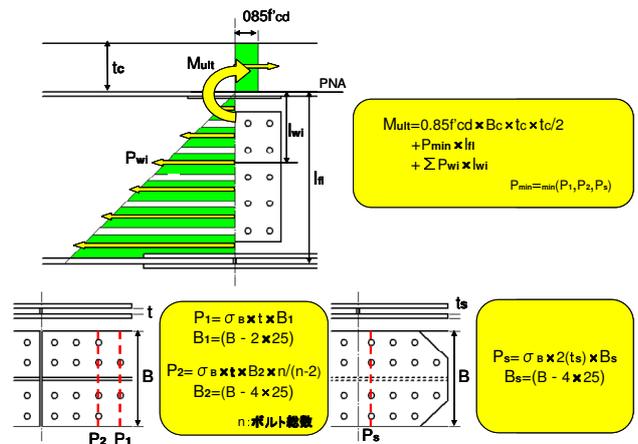


図-5 接合部強度の一試算

5. 結論

使用限界状態で設計したボルト数より若干多い本数で、塑性強度に達することが確認できた。しかしながら、接合部の挙動の完全な解明や強度評価のための精度良い設計式が開発できなかった。このような更なる検討課題が残ったものの、適切なボルト本数により、降伏後ただちに耐力を失うことなく塑性強度に達する可能性を示唆することができたと考える。