

# 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

建設構造研究室 松岡 徹  
主指導教員 長井正嗣

## 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開発研究が進められている。本研究室においても、塑性域での強度を考慮できる新たな設計法の開発などに取り組んでいる。このうち、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以外の手法が無いのが実情である。そのため、限界状態設計法を適用し、合成桁断面が小型化しても、ボルトの必要本数が変化しない。そこで、本研究では、現行の設計法に変わる一層合理化された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滑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 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<sub>p</sub> は塑性モーメントに達する荷重で、P<sub>y</sub> 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。

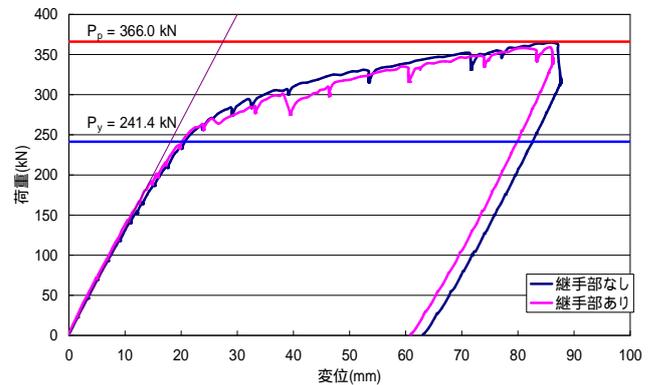


図-1 予備試験荷重-変位関係

## 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 1,000mm の等曲げ区間にボルト接合をもつ合成桁である。

本研究では、従来と大きく異なり、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、使用時、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、安全係数として 1.15 を設定することとした。鋼材の降伏応力を 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、

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

とした。

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。

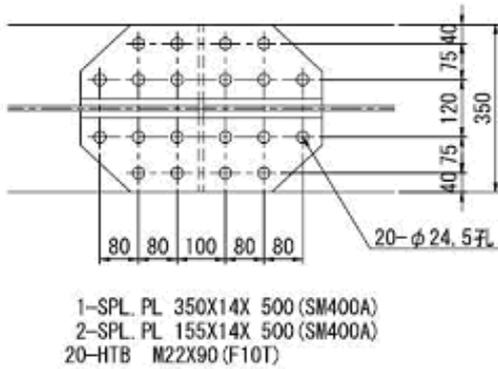


図-2 下フランジボルト配置(Type-1)

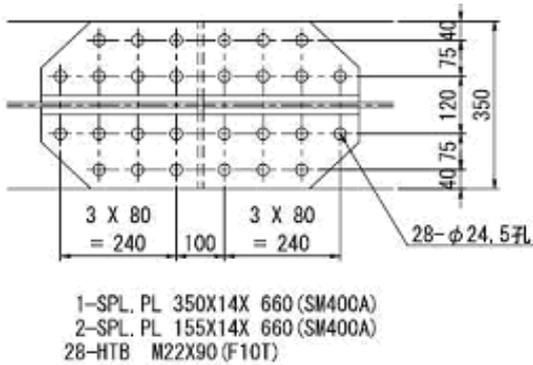


図-3 下フランジボルト配置(Type-2)

#### 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<sub>p</sub> の大きい値は、当研究室を中心とする研究グループの低減係数を用いた塑性モーメントに達する荷重、P<sub>p</sub> の小さい値は AASHTO LRFD の低減係数を用いた塑性モーメントに達する荷重である。また、P<sub>y</sub> 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<sub>p</sub> 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<sub>p</sub> に達することが確認できた。

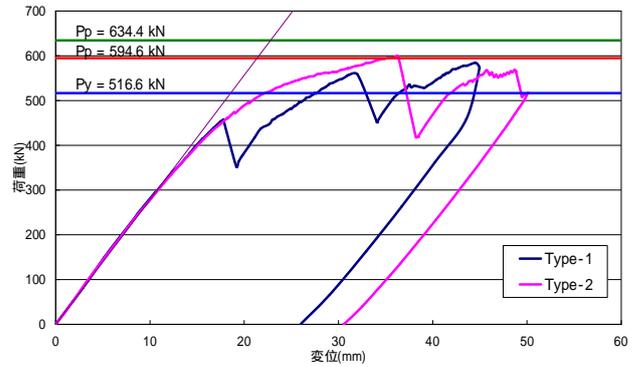


図-4 本試験荷重-変位関係

中央に継ぎ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、最外縁応力度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。

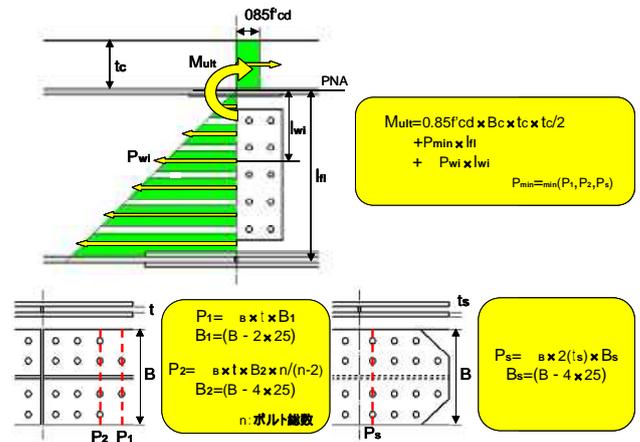


図-5 接合部強度の一試算

#### 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られる。