新形状高力ボルト開発の基礎的研究

名城大学　学生会員　○浅井　駿弥
名城大学　正会員　渡辺　孝一
名城大学　非会員　山田　健人　則次　代智

1.　はじめに

近年，少数主桁合理化橋梁の継手設計において，鋼板重量の軽減やボルト本数を低減させるため，例えばF14Tなどの高強度ボルトを適用することによって継手の小型化を図り，その結果，施工性向上や建設費用の低減が見込まれるとする報告がある[1)]．しかし，こうした高強度ボルトは主に建築構造で使用されているボルトであり，橋梁に適用するための研究データは十分でない．そこで，高強度ボルトに代わるボルトの選択肢として，モーションタイトボルト（以後，「M-HTB」（仮称））の研究に着手している．M-HTBは，外観や重量はHTBとほぼ同じで，HTB用ナットがそのまま利用できる．さらに，広く一般に使用される強度等級F10Tの高力ボルトと同じ強度で同じ軸径でありながら，高い軸力導入性能を目指したボルトである．本研究では試行的にM20のM-HTBを製作し，M-HTBを高力ボルト摩擦継手に適用するために，引張試験とトルク法によるボルト締め付け時の軸力導入試験の結果を報告する．なお，モーションタイトボルトについて，M6サイズなどの小径ボルトではすでに自動車等への適用事例の報告がある[2)]．

2.　M-HTB供試体

本研究で用いたボルトは軸径20mm(M20)，首下長さ80mm，有効断面積245mm^2，強度等級F10T相当の高力ボルトである．ボルトネジ部を簡易にモデル化し，ナットと接触した時点より0.05mm変位を与えた際の第一ネジ山で発生しているMises応力状態をFEM解析した結果の一例を図-1に示す．図中にネジ山の拡大図を比較している通り，M-HTBは従来のHTBに比べネジ山を座面側に4°傾斜させた非対称なネジ山形状を与えており，ナットとの接触側ネジ谷部にR形状を有する．このように，ボルトネジ部の形状を工夫することで軸力導入時のボルト第一ネジ谷部の応力集中が軽減し，ボルトとナットの噛み合いネジ部全体に作用力を分担させる機械的特性が得られると推定している．

3.　引張試験

製作したM20のM-HTBに対して，軸力導入時の伸び性状を得るため単調な引張載荷実験を実施した．ボルトには，図-2に示すようにボルト軸部に1対の塑性ゲージを添付して実施した．なお，本報告ではM-HTBと同じ材料を用い，F10T，M20の高力ボルトと同じネジ山で製作したボルトをHTBと表記して，結果を比較して報告する．

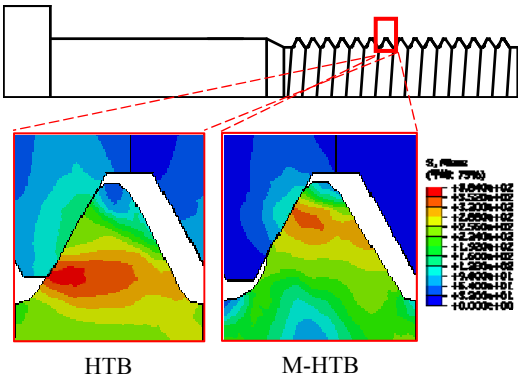

図-1　ネジ部の応力状態

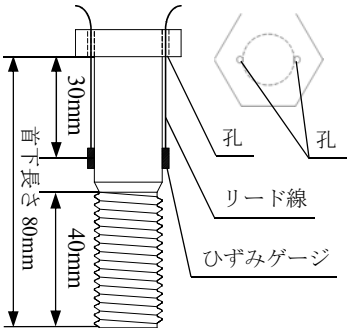

図-2　ひずみゲージの貼付位置

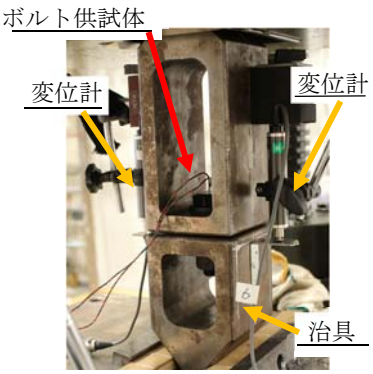

図-3　引張試験の外観

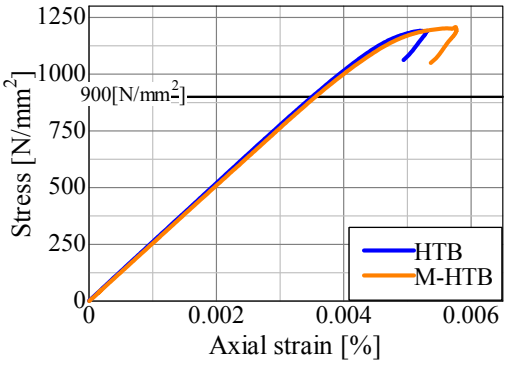

図-4　応力−ひずみ関係

引張試験は，図-3 に示すようにボルト引張専用の治具をボルトとナットで手締め程度に固定した状態から，軸方向に引張荷重を作用させボルトが破断するまで載荷した．軸方向伸びはひずみゲージと治具両側に取り付けた変位計（感度：1/1000mm）により測定した．引張強度の試験結果を図-4 および図-5 に示す．図-5 には M20 の設計ボルト軸力(165kN)と締付けボルト軸力(182kN)を参考に表示した．HTB は降伏荷重 242kN，最大荷重 301.7kN，M-HTB は降伏荷重 249.5kN，最大荷重 298.4kN となり，M-HTB は HTB と同等の引張強度が得られることがわかった．

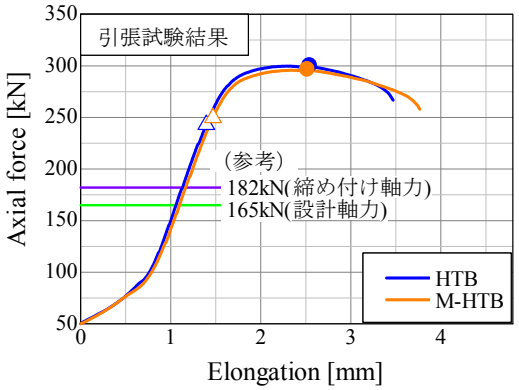

図-5 軸力−伸び関係

4. トルク法による締付け試験

続いて，軸力導入試験としてトルク法による締付け試験を実施した．図-6 にトルク法による締付け試験状況を示す．供試体として使用したボルト本数は HTB，M-HTB それぞれ 10 本である．

軸力導入時には，ボルト軸に対して，ナットおよびワッシャーが必要となる．本研究では，一般に入手できる HTB 用のナットとワッシャーを利用した．その結果，トルクレンチによる導入軸力の前にボルトとナットのネジ部の接触面を同一条件とするため，ボルト供試体，ナットおよびワッシャーを脱脂した後，焼き付き防止剤を塗布して締付けを行った．

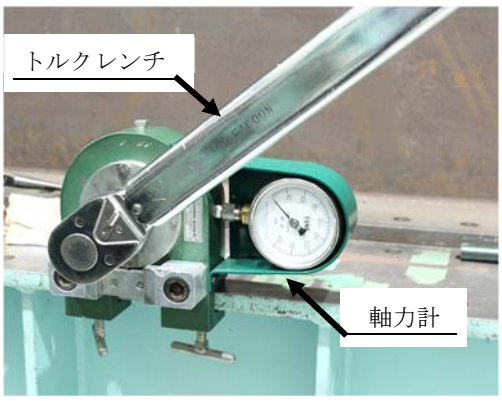

図-6 締付け試験の外観

ボルトをスナッグタイト状態まで手締めした後，プリセット型トルクレンチの設定値を 100Nm から最大 1000Nm まで 100Nm ずつ増加させながら軸力導入を行い，設定値に達した都度，導入軸力を目測する締め付け作業を行った．締付け試験の結果を図-7 に示す．HTB は設定トルク値 800Nm で締付けを行った時点でボルトが塑性化し，それ以上の締め付けが不可能となった．M-HTB は最大で 900Nm での締め付け作業が可能であった．

各 10 本の実験データの回帰直線から得たトルク係数は，HTB で 0.155，M-HTB では 0.165 となり，JIS 規格（JIS B 1186）で定める M20 のトルク係数値（区分 A）の 0.110~0.150 よりもやや高めの値を得た．

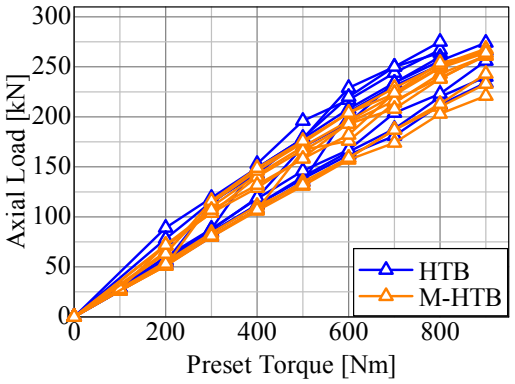

図-7 締付け試験結果

5. まとめ

本報告では M-HTB の強度特性の評価のため引張試験を行いトルク法による軸力導入試験を実施した．引張試験では，M-HTB が従来の HTB と同等の機械的性質を有することが確認できた．締付け試験では HTB よりも高いトルク値で締付け可能で軸力を導入できることを確認した．しかし，図-7 において HTB，M-HTB ともに締付け時に導入軸力のバラツキが大きい傾向が見られる．これはボルトネジ山の潤滑処理などが影響しているものと考えている．今後，試験本数を増やし M-HTB の高力ボルトとしての可能性について，解析的検討と平行して，摩擦継手供試体を作製して引張試験を実施予定である．

参考文献

1) 太田雅夫，山口隆司：太径・高強度高力ボルトを用いた摩擦接合の有効性に関する検討，土木学会第 57 回年次学術講演会, I-132, pp.263-264, 2002.
2) 金属産業新聞「軽量化ファスナー特集」, 2017 年 11 月 13 日付, 7 面