

F10TW におけるナット回転法の適用に向けた導入軸力試験

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 ○筒井 康平
 (独) 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
 (独) 鉄道・運輸機構 正会員 横山 秀喜
 川田工業 (株) 正会員 藤野 大地

1. はじめに

道路橋示方書¹⁾ (以下、道示) および鉄道構造物等設計標準²⁾ (以下、鉄道標準) において、高力六角ボルト (以下、F10T) や耐候性高力六角ボルト (以下、F10TW) の締め付けにはトルク法を、溶融亜鉛メッキボルト (以下、F8T) の締め付けにはナット回転法を用いることが定められている。締め付け管理の観点から見ると、トルク法は締め付け当日の予備試験にてトルク値を決定し、締め付け後に各ボルト群の 10% 以上のボルト本数に対してトルクレンチによる締め付け検査を実施が、ナット回転法は締め付け後の目視確認のみであることから、ナット回転法の方がトルク法に比べて作業効率が良いと考えられる。しかし、道示および鉄道標準では、過度な軸力導入によりボルトが塑性化し、遅れ破壊を引き起こす懸念があることから、F10T および F10TW へのナット回転法の適用は認められていない。本稿では、F10TW にナット回転法を用いる場合に適切な軸力が導入される回転角を得るため、回転角をパラメータとした導入軸力試験およびリラクセーション試験の結果について報告する。なお、同時にすべり試験も実施しており、その結果は別報³⁾ にて報告する。

2. 試験概要

2.1 試験体の種類および形状

図-1 に試験体形状を示す。母板および添接板の鋼材は SM570、ボルトはすべり側に F10TW (M22×75) を、固定側に S10T (M22×75) 用いた。なお、固定側からすべらないよう固定側のボルトは 3 本使用した。試験体は、回転角を変えた 4 種類 (60° , 70° , 75° , 90°) とし、各ケース 3 体ずつ試験体を製作し、合計 12 体で試験を行った。

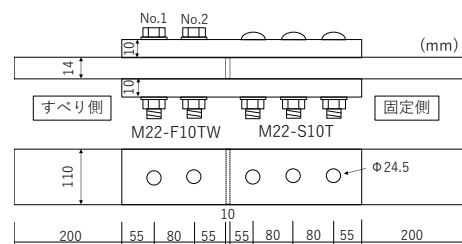


図-1 試験体形状と寸法

2.2 摩擦面の処理

試験体は、素地調整後に標準膜厚 75 μm で厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布した。

2.3 表面粗さおよび膜厚の計測

表面粗さは、表面粗さ計 (SJ-210) を用いて、すべり側の孔回りにおいて 1 孔につき 2 箇所計測した。また、膜厚は電磁誘導式膜厚計 (Pro-1) を用いて、すべり側の孔回りにおいて 1 孔につき 2 か所計測した。母板は 71.0~79.4 μm、添接板は 68.2~72.7 μm であった。

2.4 ボルトの締め付け

すべり側の F10TW は、一次締め付けはトルクレンチを用いて 150N・m で締め付けを行った後、本締め付けは電動の回転角レンチを用いて 2-1 で述べた回転角で締め付けた。なお、本締め付けを行ってから 30 秒後の軸力を、本試験における初期導入軸力とした。固定側の S10T は、一次締めは F10TW と同様に行い、本締め付けは専用の機器を用いてピンテールが破断するまで締め付けた。

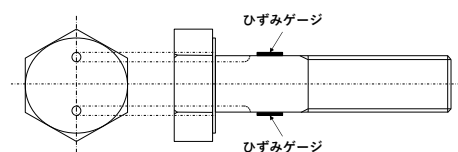


図-2 ひずみゲージの取り付け

キーワード 高力ボルト、厚膜型無機ジンクリッチペイント、ナット回転法、リラクセーション

連絡先 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 (横浜アイランドタワー) (独) 鉄道・運輸機構 TEL 045-222-9082

2.5 ボルト軸力の算出のためのひずみ計測

すべり側のボルトの導入軸力、残存軸力は、ボルトのひずみから算出した。ボルトのひずみは、ボルト頭部に孔を空けて軸部にひずみゲージを取り付け（図-2）、静ひずみ計を用いて計測した。

2.6 リラクセーション試験

本締付け完了後、全試験体（すべり側の 24 本のボルト）を 528 時間（22 日間）放置し、リラクセーションによるボルトの軸力残存率を算出した。

3. 試験結果

試験結果を表-1 および図-3 に示す。なお、この表における試験体別の軸力は、すべり側のボルト 2 本の平均値としている。回転角が 60° の試験体は全て、75° の試験体は 1 つを除いて、リラクセーション後の軸力は設計ボルト軸力以下となった。回転角が 75° の試験体は、リラクセーション後の軸力は全ての試験体で設計ボルト軸力を上回った。回転角が 90° の試験体は、初期の段階で設計軸力に対して 132.1%の軸力が導入されており、リラクセーション後においても全ての試験体で設計ボルト軸力を上回った。回転角と軸力の関係を近似直線で表すと、回転角が 75° の試験体のみ若干異なる傾向を示しているが、それ以外は概ね線形の関係が見られた。

4. 回転角の決定と考察

回転角の下限値は、今回の試験においてリラクセーション後も設計ボルト軸力を満足した 75° が妥当と考えられる。白旗ら⁴⁾は、本試験とほぼ同じ条件で軸力導入試験やリラクセーション試験を実施しており、軸力残存率は概ね同じ値となっている。しかしながら、本試験の方が 90° 回転した場合の導入軸力は大きく、ボルトが塑性域に入る可能性を否定できないことから、上限値は本試験で実施した最大の角度である 90° が妥当であると考えられる。上述の 2 点と、締付け機械の施工誤差を考慮し、F10TW を用いた実構造物での締付け角度は 80°を標準とし、-5°～+10°で管理することがよいと考えられる。なお、母板や添接板の板厚、接触面の処理状態、ボルトの径や種別などの条件が異なる場合は、別途適正な回転角を確認する試験を実施する必要があると考えている。

5. おわりに

本稿では、F10TW をナット回転法で締め付ける場合の適切な回転角を示した。この回転角を用いて、別報によるすべり試験の結果も踏まえ、実施工への適用へ向けて深度化していく予定である。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋・鋼部材編，2017. 11.
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物），2009. 7.
- 3) 大野克紀，藤野大地，南邦明，筒井康平：F10TW におけるナット回転法の適用に向けたすべり試験，土木学会第 75 回年次学術講演会，2020. 9.
- 4) 白旗弘実，南邦明，藤野大地，宮井大輔，矢野将太，横田渉：F10T を用いた高力ボルト摩擦接合継手におけるナット回転法の適用の検討，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol176，No. 1，1-14，2020.

表-1 初期導入軸力およびリラクセーション試験結果

試験体	初期導入時 (30秒経過後)		リラクセーション後 (528時間経過後)		軸力残存率 (%)	
	軸力 (kN)	設計値比率 (%)	軸力 (kN)	設計値比率 (%)	試験体別	平均
T90-1	279.0	136.1	250.1	122.0	89.6	89.6
T90-2	256.2	125.0	226.4	110.4	88.4	
T90-3	277.5	135.4	252.3	123.1	90.9	
T75-1	252.0	122.9	226.4	110.4	89.8	90.4
T75-2	245.3	119.7	227.7	111.1	92.8	
T75-3	241.0	117.6	213.6	104.2	88.6	
T70-1	236.6	115.4	211.0	102.9	89.2	88.9
T70-2	229.3	111.9	203.5	99.3	88.7	
T70-3	225.1	109.8	199.8	97.5	88.8	
T60-1	211.5	103.2	187.4	91.4	88.6	88.6
T60-2	210.4	102.6	186.6	91.0	88.7	
T60-3	205.5	100.2	181.6	88.6	88.4	

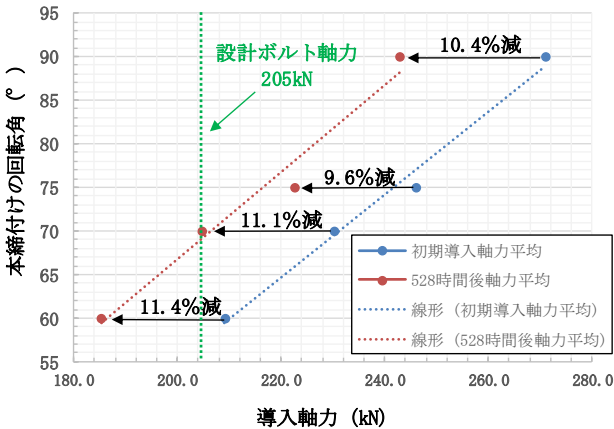


図-3 軸力と回転角の関係 軸力残存率