

F10TW におけるナット回転法の適用に向けたすべり試験

川田工業（株） 正会員 ○大野 克紀 (独) 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明

川田工業（株） 正会員 藤野 大地 (独) 鉄道・運輸機構 正会員 横山 秀喜

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 筒井 康平

1. はじめに

別報¹⁾では、耐候性高力六角ボルト（以下、F10TW）の締め付けにナット回転法を採用する場合の、適切な軸力、すなわちリラクセーション後も設計ボルト軸力を満足し、且つ、ボルトが塑性域に到達することがない軸力が導入される回転角を示した。高力ボルト摩擦接合の設計に用いるすべり係数 μ は、鉄道構造物等設計標準²⁾（以下、鉄道標準）において、0.4以上確保されることを前提としている。本稿では、別報¹⁾にて行った軸力導入試験およびリラクセーション試験の試験体を対象にすべり試験を行った結果を報告する。

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。

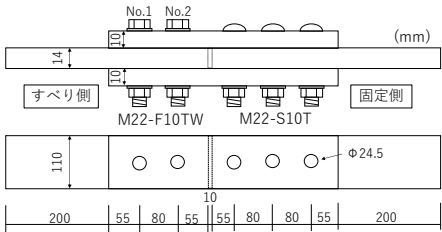


図-1 試験体形状と寸法

2.2 摩擦面の処理

試験体は、素地調整後に標準膜厚75 μ mで厚膜型無機ジンクリッチペイント（以下、無機ジンク）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箇所計測した。結果を表-1に示す。膜厚は、母板で71.0～79.4 μ m、添接板で68.2～72.7 μ mであり、表面粗さは、4.49～4.95 μ mであったため、全試験体を通して大きなバラつきは見られなかった。

表-1 膜厚および表面粗さ計測結果

試験体	膜厚（ μ m）				表面粗さ（ μ m） Rzjis			
	母板		添接板		母板		添接板	
	試験体別	平均	試験体別	平均	試験体別	平均	試験体別	平均
T90-1	78.40	78.17	72.70	72.67	17.06	16.81	16.27	16.72
T90-2	77.80		73.00		16.23		17.16	
T90-3	78.30		72.30		17.14		16.73	
T75-1	73.30	70.97	70.30	69.47	16.77	17.61	20.69	18.58
T75-2	69.10		64.50		18.02		20.21	
T75-3	70.50		73.60		18.03		14.83	
T70-1	73.40	78.37	67.20	68.20	18.29	17.85	16.28	16.63
T70-2	79.40		67.70		17.83		17.25	
T70-3	82.30		69.70		17.43		16.37	
T60-1	78.40	79.40	66.70	71.10	19.11	17.38	18.69	18.63
T60-2	82.00		72.50		15.91		18.69	
T60-3	77.80		74.10		17.12		18.51	

2.4 ボルトの締め付けと軸力導入試験、リラクセーション試験

本締めは、表-1に示す回転角で締め付け、すべり側のボルトを締め付けてから30秒後の軸力を、本試験における初期導軸力として計測した。なお、リラクセーションは、528時間（22日間）実施し、ボルト軸力の低下を確認した。¹⁾

2.5 すべり試験

すべり試験は、ボルトの締め付けから528時間（22日間）経過後に実施した。載荷試験には載荷能力2,000kNの万能試験機を用い、試験体にすべりが発生するまで引張荷重を徐々に与え続けた。変位は、母板に取付けた

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、すべり係数

連絡先：〒114-8563 東京都北区滝野川 1-3-11 川田工業株式会社 TEL:03-3915-3411

動ひずみ計により計測した。得られたすべり荷重から、式（1）を用いてすべり係数を算出した。なお、本試験における接触面数 m は 2，ボルト本数 n も 2 であり，ボルト軸力はすべり試験直前（別報¹⁾におけるリラクセーション試験終了後）の軸力を用いて算出した。

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \cdots (1)$$

μ : すべり係数, P : すべり荷重

m : 接触面数, n : ボルト本数, N : ボルト軸力

3. 試験結果

試験結果を表-2にすべり試験の結果を示す。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 本の平均値で表している。すべての回転角において、すべり係数 0.4 を満足した。また、回転角が大きくなるほど、すべり係数は小さくなる傾向が見られた。

4. 考察

図-2 に回転角とすべり係数の関係を示す。回転角（導入軸力）が大きくなれば、す

表-2 初期導入軸力およびリラクセーション試験結果

試験体	リラクセーション後 (528時間経過後)				すべり 荷重 (kN)	すべり 音	すべり 係数 μ
	軸力 (kN)	軸力平均 (kN)	設計値比率 (%)	設計値比率 平均 (%)			
T90-1	250.1	242.9	122.0	118.5	550.0	あり	0.550
T90-2	226.4		110.4		516.4	あり	0.570
T90-3	252.3		123.1		545.6	あり	0.541
T75-1	226.4	222.6	110.4	108.6	523.8	あり	0.578
T75-2	227.7		111.1		514.2	あり	0.565
T75-3	213.6		104.2		520.8	あり	0.610
T70-1	211.0	204.8	102.9	99.9	503.6	あり	0.597
T70-2	203.5		99.3		491.6	あり	0.604
T70-3	199.8		97.5		491.8	あり	0.615
T60-1	187.4	185.2	91.4	90.3	484.6	あり	0.646
T60-2	186.6		91.0		472.4	あり	0.633
T60-3	181.6		88.6		465.4	あり	0.641

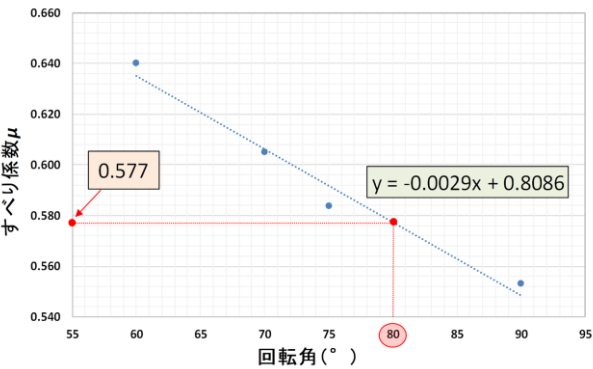


図-2 回転角とすべり係数の関係

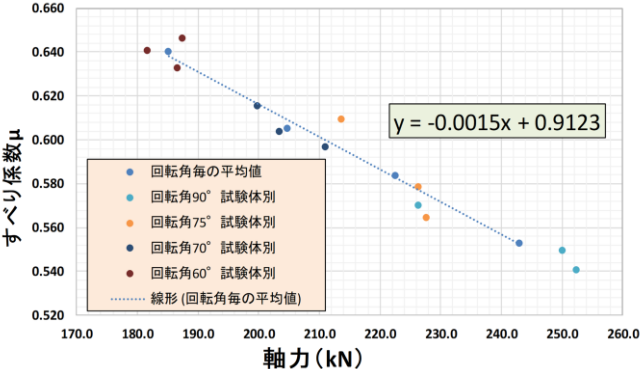


図-3 軸力とすべり係数の関係

べり係数は小さくなったが、回転角（導入軸力）が大きくなるに応じて、すべり荷重も増加しているため、継手耐力は高いと言える³⁾。また、回転角とすべり係数 μ の関係を示す近似直線から、別報¹⁾にて提案した回転角 80° をみた場合、0.577 程度のすべり係数となるものと考えられる。図-3 は、軸力とすべり係数の関係を試験体別に示している。回転角毎のすべり係数と軸力の平均値の相関係数は-0.997 であり、結果には相関が見られた。これらの結果から、F10TW をナット回転法にて施工する際の回転角（80°，管理基準-5° ～+10°）の下限値 75° および上限値 90° のいずれの場合も、すべり係数が 0.4 を下回ることはないと予想できる。

5. おわりに

本報告ではすべり試験を行い、別報で示した回転角の妥当性を明らかにした。今後は、実施工に向けたさらなる深度化を図る予定である。

【参考文献】

1) 筒井康平, 南邦明, 横山秀喜, 藤野大地, : F10TW におけるナット回転法の適用に向けた導入軸力試験, 土木学会第 75 回年次学術講演会, 2020. 9.

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) 南邦明 : 厚膜型無機ジンクリッチペイントを施した高力ボルト接手における導入軸力の影響の考察, 土木学会論文集 A1, Vol. 74, No. 1, 58-63, 2018.