

高力六角ボルトF10T(W) (M22) のトルク係数値

横河ブリッジ 正会員 宮井大輔
鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
巴コーポレーション 正会員 遠藤輝好
駒井ハルテック 正会員 吉岡夏樹
三井E&S鉄構エンジニアリング 正会員 濱 達矢

1. はじめに

高力六角ボルトは、適切なボルト軸力が導入されるよう、施工前に予備試験を行い、トルク係数値およびトルクを設定した上でボルトを締付ける。ただし、どの程度のトルク係数値が設定され、どの程度のばらつきがあるのかは明確でない。本報告は、橋梁で使用される高力六角ボルトのトルク係数値を明確にさせることを目的に、F10T(W)(M22)を調査した。本調査は、ボルト製品検査証明書、立合い試験（ボルト製品検査時での立合い時の軸力確認試験）および現場試験（架設現場での日々の導入軸力確認試験）のデータを集計し、トルク係数値の現状を明確にした。なお、ボルトの機械的性質の調査については、別報¹⁾で示すこととする。

2. 調査概要およびトルク係数値の規定値

調査は、鉄道・運輸機構および橋梁製作会社7社の建設工事で使用したボルト(調査数量を1350データ(表-1参照))を対象とした。その品質規定値はJIS B1186で示され、トルク係数値は0.110～0.150、標準偏差で0.150以下である。

3. 調査結果

(1) **トルク係数値** 表-1および図-1,2にトルク係数値の調査結果を示す。表-1に示す標準偏差Aは、図-3で示すJIS規定値である標準偏差（3σ5本での統計処理結果：0.150以下）と区別するため標準偏差Aとし、トルク係数値の統計処理結果を示した。図-1(a)に示す検査証明書のトルク係数値は、0.132～の頻度が高く、平均値はF10T, F10TWの両者で0.131であり、JIS規定値(0.110～0.150)のほぼ中間値にあった。最小値は0.116と規定の下限值より0.006高く、最大値は0.142と規定の0.008上限値より低かった。図-1(b)の立合い試験（3本の平均値）において、分布状態は検査証明書とは異なっており、F10TおよびF10TWともに壺型の分布状態で、平均値より高い位置にトルク係数値のピークが生じる状態であった。なお、平均値は検査証明書の結果と違いはなかった。図-2(a)の個々のトルク係数値は、F10Tでは0.128～0.135の頻度が高く、ピークがない台形状の分布であり、その平均は0.129と検査証明書より0.02低い結果であった。一方、F10TWでは0.126～0.137の頻度が高く、平均値である0.131をピークとする分布であり、F10Tとは異なっていた。図-1(c)の現場試験（5本の平均値）では、規定の下限值となるデータは見られなかったが、規定の上限値となる場合はみられた。また、標準偏差Aについては、室内試験である立合い試験データと比較しても、若干、現場試験の方が大きくなるものの差異は小さく、現場だからばらつきが大きくなるものではないと判断できる。図-2(b)は現場試験の個々のトルク係数値であるが、F10Tでは0.126～0.137の範囲に分布が集中し、その範囲では同程度の頻度であり、ピークのない台形状の分布状態であった。一方、F10TWでは平均値をピークとする凸型の分布であった。また、両者の標準偏差Aの違いは小さく、温度の違いが生じる架設現場においても、室内試験（立合い試験）と大きな違いは見られなかった。

(2) **標準偏差** 図-3(a)は立合い試験（1データ3本）の標準偏差の頻度分布を示すが、最大値は0.0089と規定上限値(0.010)に対し近い場合もあり、平均はF10Tで0.0039、F10TWで0.0043と規定上限値の約4割であった。なお、製造工場での品質管理はX-R管理図で行っているため、ロット単体での標準偏差は参考値である。図-3(b)は現場試験（1データ5本）の標準偏差の頻度分布を示すが、F10Tは0.15～をピークとする釣り鐘型の分布状態であり、F10TWは0.30kN～をピークとする尖った凸型の分布状態を示し、両者で大きな違いが見られた。また、平均値においても、F10Tで0.027、F10TWでは0.041と約1.6倍、後者の方が大きかった。

(3) **設定トルクと温度との関係** 図-4(a)は、図-1(c)で示したトルク係数値から締付け当日の設定トルクを集計した結果である。F10Tでは630N・m～と720N・m～をピークとする2つの凸を有する緩やかな凸型の分布状態を示し、F10TWでは630N・m～をピークとする釣り鐘型の分布状態を示し、両者で大きな違いが見られた。なお、平均値においては、F10Tは652N・m、F10TWは644N・m と大きな違いではなかった。図-4(b)は設定したトルクと試験時の温度の関係を示すが、F10T, F10TW両者ともに右肩上がりであり、温度が高い場合には高いトルクでボルトを締付けていることを示している。図-5は、著者らが以前に示したトルシア形ボルト(S10T)の現場におけるボルト軸

表-1 トルク係数値の調査結果

データ名	種別	数量	平均のトルク係数値			
			最小	最大	平均	標準偏差
検査証明書データ	F10T	612	0.116	0.141	0.1307	0.0044
	F10TW	239	0.117	0.142	0.1305	0.0044
立合い試験データ	F10T	38	0.110	0.136	0.1293	0.0062
	F10TW	77	0.121	0.137	0.1311	0.0048
現場試験データ	F10T	168	0.112	0.150	0.1308	0.0076
	F10TW	216	0.117	0.150	0.1308	0.0052

(注)合わせて1350データで、1データにつきトルク係数値は3本（現場試験では5本）のボルトで実施しており、4818本のボルトから得られた結果。

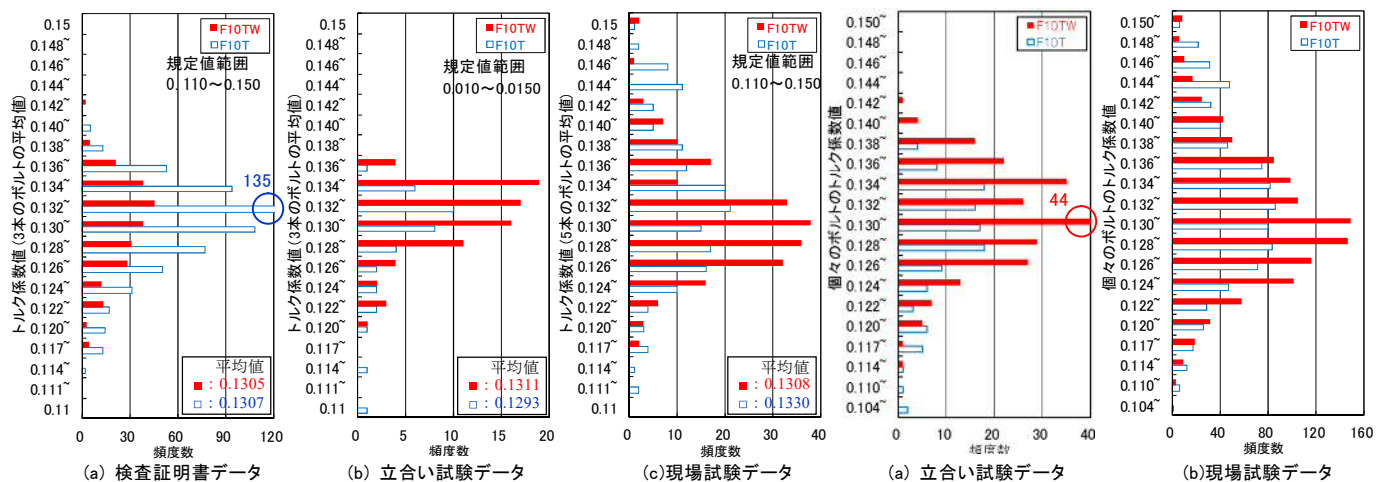


図-1 トルク係数値(3本(現場は5本)ボルトの平均値)

図-2 トルク係数値の個々データ

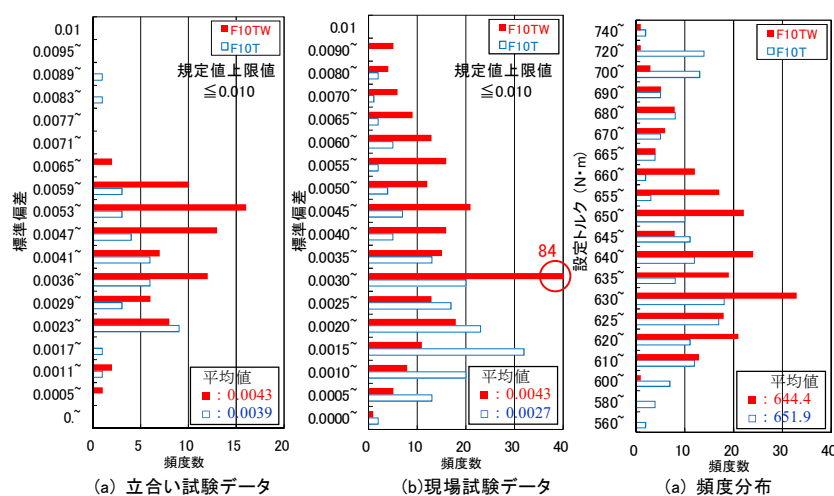
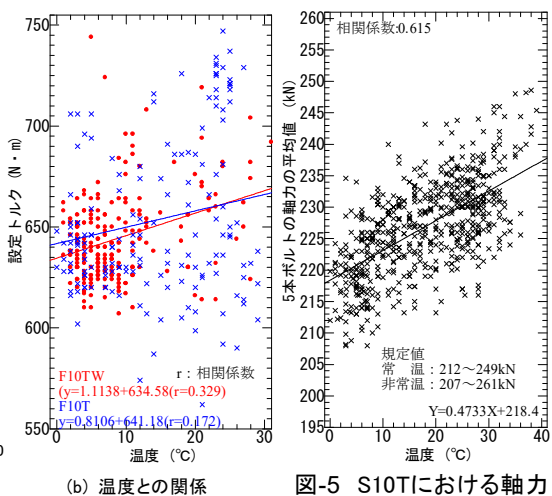


図-3 標準偏差

図-4 設定トルク

図-5 S10Tにおける軸力と温度との関係³⁾

力の調査結果³⁾を示すが、S10Tにおいても温度依存性があり、温度が高くなればボルト軸力も高くなる傾向にある。さらに、回帰直線の傾きは大きく、また、相関係数も高く、これと本試験結果であるF10T(W)を比較しても、F10T(W)の方が温度依存性は低いと判断できる。温度依存性が生じるのは、ボルトに塗布されている潤滑剤の影響である。この潤滑剤は、トルク法でボルト締付けを行う上で軸力の安定を図るために欠かせないものであるが、この潤滑剤に温度依存性があるためである。このため、温度が高くなればトルクや導入軸力も高くなる。ただし、六角ボルトでは、締付け日の温度からトルク係数値を算出し、その日のトルクを設定しているため、導入軸力には温度の影響は生じないと考えられる。

4. まとめ

- (1) 検査証明書および立会い試験のトルク係数値は、平均値で0.131(立会い試験のF10Tのみ0.129)と、一定温度下で行われた試験のトルク係数値は同等であった。また、現場試験のトルク係数値は、F10TおよびF10TWでそれぞれ0.133, 0.131であった。なお、規定上限値および規定下限値となる場合も見られた。
 - (2) 標準偏差は、規定の上限値(0.01)に対し、平均値は立会い試験および現場試験で約4割(現場試験のF10Tのみ約3割)であった。
 - (3) 現場での設定トルクの平均値は、F10TおよびF10TWでそれぞれ652N・m, 644N・mであった。また、温度が高くなれば設定トルクは高くなる弱い相関は認められたが、導入軸力には温度の影響はないと考えられる。
- 本報告は、鋼橋技術研究会「高力ボルト継手施工部会(部会長: 南 邦明)」の活動の一環で行った調査をまとめたものである。調査の実施に関して、日本ファブテックの小峰翔一氏、川田工業の藤野大地氏、宮地エンジニアリングの澁谷 敦氏にご協力いただきましたことをここに記して感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 藤野大地, 南邦明, 小峰翔一, 澁谷敦: 高力六角ボルトF10T(W)(M22)の機械的性質, 土木学会第74回年次学術講演会, 2019.9.
- 2) 日本工業規格: B1186「摩擦接合用高力六角ボルト・六角ナット・平座金のセット」, 2013.
- 3) 南 邦明, 遠藤輝好, 小峰翔一, 吉岡夏樹, 宮井大輔, 澁谷 敦, 内田大介: トルシア形ボルトS10T(M22)の導入軸力および機械的性質の統計調査, 土木学会論文集A1, Vol.74, No.2, pp.280-289, 2018.8.