

トルシア形ボルトS10T(M22)の導入軸力

巴コーポレーション 正会員 ○遠藤輝好
鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
駒井ハルデック 正会員 吉岡夏樹
三井造船鉄構エンジニアリング 正会員 内田大介

1. はじめに

トルシア形ボルトは、設計ボルト軸力の12%増しの軸力(230kN)を目途にピンテールが破断する構造となっているが、実際、どの程度の軸力が導入され、また、どの程度のばらつきがあるのかは明確でない。本報告は、橋梁で使用されるトルシア形ボルトの導入軸力を明確にさせることを目的に、S10T(M22)を調査した。本調査は、検査証明書(橋梁工事の検査で用いるボルト製品検査証明書)、立会い試験(ボルト製品検査時での立会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、導入軸力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. 調査概要および軸力管理の規定値

調査は、鉄道・運輸機構および橋梁製作会社6社の建設工事で使用したボルトを対象とした。調査数量を表-1に示す。数量は合わせて2077であるが、1データにつき5本のボルトで試験が実施されており10385本のボルトから得られたデータである。

表-2にボルト軸力管理に関する規定値^{2,3)}を示す。軸力管理は、5本のボルト軸力の平均値とその標準偏差で規定されているが、非常温時は軸力のみ管理である。

3. 調査結果

(1) 軸力(5本ボルトの平均値) 図-1に軸力の調査結果を頻度分布で示す。図中で示す標準偏差は、表-2で示した標準偏差(5本での統計処理結果)と区別するため標準偏差Aとし、軸力の統計処理結果を示した。図-1(a)に示す検査証明書の軸力は、226~235kNの頻度が高く、平均値は231.5kNとほぼ目標通り(230kN)の導入軸力であった。表-2で示す規定値(212~249kN)との関係を述べると、最小値は217kNと規定の下限值より5kN大きかったが、最大値は248kNと規定の上限値に近い値であった。また、標準軸力226kN(設計ボルト軸力の10%増し)に対し、88%のデータがこれを上回った。図-1(b)に示す立会い試験の軸力は、226~231kNの頻度が高く、その平均は230.1kNと目標通りの軸力が導入されていたが、検査証明書より1.4kN低い結果であった。検査証明書と大きな違いがない理由として、ボルト製造会社の試験場では室内温度(JISで規定)は23±5℃に保たれており、温度が一定下(本試験データの平均温度は21.8℃)で行われているからと考えられる。標準軸力226kNに対しては85%の試験データがこれを上回り、測定結果の下限值は220kNと、規定の下限值に対し8kN高くなる結果であった。また、規定の上限値付近のデータは見られなかった。図-1(c)(d)に示す現場試験の軸力は、常温時は224~233kN、低温時では212~225kNの頻度が高く、また、高温時はピークがなく幅広く分布していた。常温、低温および高温時の軸力の平均値は、それぞれ228.3kN、220.5kNおよび235.1kNであり、高温>常温>低温の順となった。また、標準偏差Aは高温(7.4kN)>低温(5.9kN)>常温(5.8kN)の順となったが、常温と低温では大きな違いはなかった。標準軸力226kNに対しては、常温時で70%、高温時では91%がこれを上回るが、低温時では20%の試験データのみ標準軸力を上回るに止まった。常温時および低温時は、規定の下限值に対し近い値であったが、常温時および高温時においても、規定の上限値付近のデータは見られなかった。

(2) 現場試験データの詳細結果 図-2に個々のボルト軸力の頻度分布を示す。ここで示す個々のボルト軸力とは、図-1(c)(d)で示したデータの基データであり、数量は5倍である。常温時は224~235kN、低温時では212~227kNの頻度が高く、また、高温時はピークがなく幅広く分布していた。図-3には、各試験5本中の最大と最小の軸力差の頻度分布を示す。常温時と高温時では平均で11kN、低温時で10kNの最大最小軸力差が生じ、後者の方が平均で1kN小さく、高温>常温>低温の順となり、有意な差とは言えないが、温度が低い方が若干軸力差は小さくなる結果であった。図-4は標準偏差の頻度分布を示すが、2.0kN~、4.0kN~および6.0kN~にピークがあるばらつきの生じた凸型でない分布形状であった。平均値は常温および高温時で約4.7kN、低温時で4.3kNと規格上限値(11.5kN)の1/2以下で、低温時の方が若干小さかった。この結果から温度が低い方がばらつきは小さくなる傾向とも思われるが、図-3と同様、有意な差ではなかった。最大値は常温時で11.2kNと規定上限値に近かった。なお、非常温時は標準偏差の規定値はないが、非常温時の最大値も常温時の規定上限値内にあった。

表-1 調査データ数量

データ名	数量
検査証明書データ	1171
立会い試験データ	281
現場試験データ	625
合計	2077

(注)総数10385本 (1データ5本で実施)

表-2 軸力管理の規定値(kN)

常温(10℃~30℃)		非常温(*)
軸力の 平均値	標準 偏差	軸力の 平均値
212 ~249	11.5 以下	207 ~261

(*)非常温は常温時を除く0~60℃
(鉄道橋は0~50℃)の温度範囲

キーワード：トルシア形ボルト、S10T(M22)、導入軸力

連絡先：〒101-0054 東京都中央区月島4-16-13 巴コーポレーション TEL 03-3533-0671

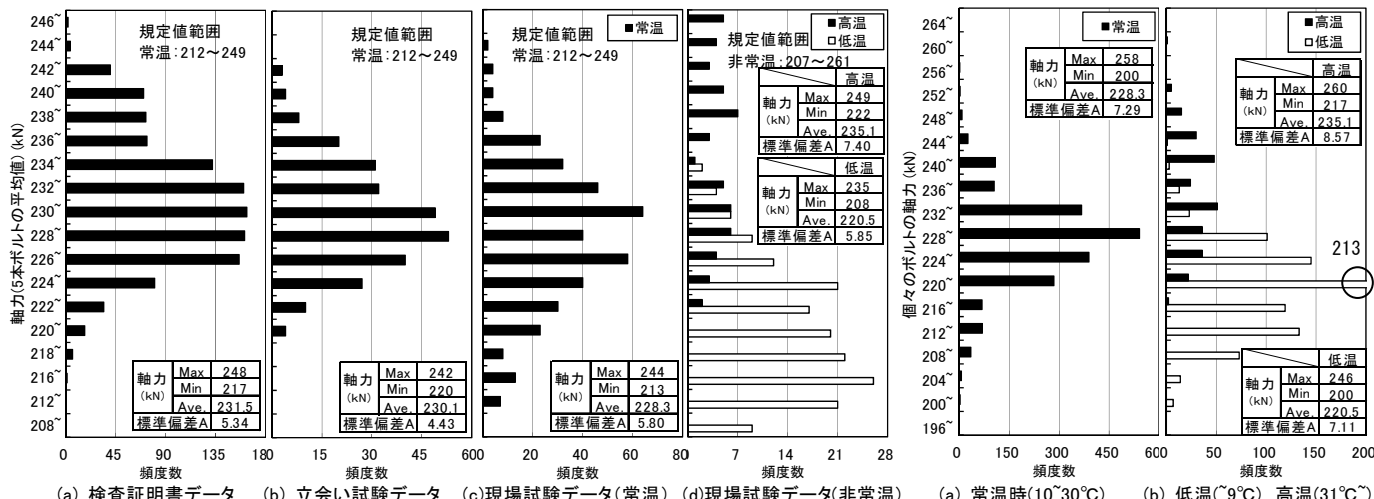


図-1 軸力(5本ボルトの平均値)

図-2 現場試験データの個々のボルト軸力

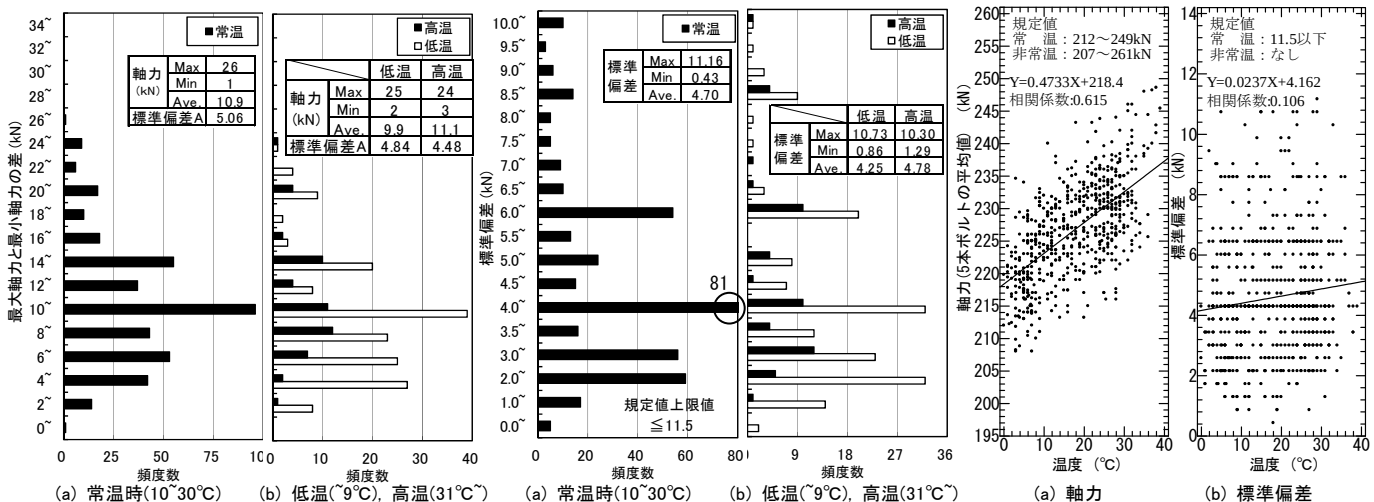


図-3 現場試験データの最大と最小の軸力差

図-4 現場試験データの標準偏差

図-5 現場試験データの温度との関係

(3) 軸力および標準偏差と温度との関係

図-5(a),(b)にそれぞれ軸力および標準偏差と温度との関係を示す。図中には、最小二乗法を用いて求めた温度に対する各結果の回帰直線を示し、その直線式および相関係数も示した。直線式は両結果ともに右肩上がりであるが、相関係数に違いが生じており、図-5(a)の軸力と温度との関係は、回帰直線の傾きも大きく、また、相関係数は0.62と高く相関ありと判断できる。現場試験で軸力のばらつきは大きく、また標準偏差Aが大きかったのは、試験時の温度による影響が主要因と考えられる。一方、図-5(b)に示す標準偏差と温度との関係については回帰直線の傾きは小さく、相関係数も0.11と低く明確な相関は認められず、同じ温度で行った1つの現場確認試験における軸力のばらつきは、温度の影響は少ないと考えられる。

4. まとめ

- (1) 検査証明書および立会い試験の軸力は、平均値でそれぞれ 231.5kN(13%増し)、230.1kN(12%増し)であり、規定下限値(212kN)付近となる場合はなかったが、検査証明書で規定上限値(249kN)付近となる場合は見られた。
- (2) 現場試験の軸力は、常温時(10~30℃)、低温時(9℃以下)および高温時(31℃以上)によって異なった。その平均値はそれぞれ228.3kN、220.5kN、235.1kNであり、温度が低くなればボルト軸力は低くなる相関は認められ、その回帰直線の傾きは大きく、相関係数は0.62であった(図-5(a))。
- (3) 現場試験の標準偏差の最大値は、常温時で11.2kN、低温時で10.7kN、高温時では10.3kNであり、平均値はそれぞれ4.7kN、4.3kN、4.8kNであった。なお、標準偏差と温度との明確な相関は認められなかった(図-5(b))。

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、横河ブリッジの宮井大輔氏、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)小峰翔一, 南邦明, 宮井大輔, 澁谷敦: トルシア形ボルトS10T(M22)の機械的性質, 土木学会第73回年次学術講演会, 2018.9.
- 2)日本道路協会: 摩擦接合用トルシア形高力ボルト・六角ナット・平座金のセット・解説, 1983.10.
- 3)鉄道総合技術研究所: 摩擦接合用トルシア形高力ボルト・六角ナット・平座金のセット, 鋼鉄道橋規格(SRS), 2010.8.