

トルシア形高力ボルト適用拡大に関する課題と対策（その2）

―摩擦接合面に厚膜型無機ジンクを塗布したTCボルト継手の温度依存性試験の例―

(株) トーコンサリタ
(財) 鉄道総合技術研究所
(株) 東京鐵骨橋梁

正 久保武明
正 池田 学
香丸能輝

(財)SCOPE(前JRIT)
鐵道・運輸機構
パシフィックコンサルタンツ
神鋼ボルト(株)

フェロー 保坂鐵矢
正 藤原良憲
正 松尾 仁
長崎英二

1. はじめに

トルシア形高力ボルト（以下、TCボルト）は施工管理上・市場性から適用性に期待されているが、軸力導入時の構造的メカニズムからすべり耐力が環境温度に大きく影響を受ける敏感な高力ボルトであるが、JIS規格ではなく各事業体にて規格化され、道路橋では昭和59年に道路協会¹⁾で、鉄道橋でも同年にマニュアル化²⁾し現在に至っている。また、最近の継手構造は平成17年に改定された塗装・防食便覧等³⁾によると摩擦接合面に厚膜型無機ジンクリッチペイント（以下、厚膜型無機ジンク）を塗布する構造が主となり、防錆ボルト等の適用も記載され、製品材料規格の無いまま用いられているのが現状である。ちなみに、開発当時のTCボルトは一般環境塗装桁（摩擦接合面：ブラスト肌）への適用を前提に品質確認試験^{1) 2)}によりマニュアル化^{1) 2)}し実橋への適用を行った。

本稿では、塗装・防食便覧や塗装指針³⁾に仕様されている一般環境塗装桁の継手：“TCボルト+厚膜型無機ジンク”への適用拡大における耐力評価を行っているところであり、特定メーカー製品ではあるが途中経過を報告する。なお、今後は無塗装桁への適用性から“耐候性TCボルト+厚膜型無機ジンク”を、そして、“防錆TCボルト+厚膜型無機ジンク”などの耐力評価を順次行い、適用性に伴う基礎資料の作成を引き続き行う予定である。

2. 試験の概要

TCボルトは六角高力ボルトと軸力導入メカニズムが異なることから、本試験は接触面の塗膜の影響による温度依存性が継手耐力へ及ぼす影響を検証する確認試験（拡大孔含む）である。試験内容（表-1参照）は摩擦接合面の処理（厚膜型無機ジンクの有無）による耐力評価、厚膜型無機ジンク塗布厚による評価、ボルト孔径による評価等をすでに規格化されているAタイプに対して比較評価する6タイプとした。そして、温度依存性に関しては下限値を0℃、常温20℃、そして上限値としての60℃を目標に試験を行った。

1) 試験体

試験体は、既往の品質確認試験条件である摩擦接合面（ブラスト肌）、ボルト孔径（標準孔径：24.5φ）を標準とし、摩擦接合面の厚膜型無機ジンクの塗膜厚さ、拡大孔(26.5φ)を加えた5タイプの試験体、各3体とした（図-1、表-1参照）。

2) 試験内容

- ①すべり耐力試験：各環境温度において、締付け直後に引張試験機にセットし、すべり荷重(P)を測定した。この時の導入軸力は設計軸力×1.1とした。ただし、常温時のみボルトに設けたゲージにより測定した。（図1～4、6参照）
- ②締付け軸力の減衰試験（リラクセーション）：試験条件NoA、Bを用いてボルト締付け後の軸力の減衰測定（18日間）を行った。（図-5参照）

3. 試験結果

1) すべり耐力試験

（1）接合面の表面処理による評価（図-2、表-2参照）

摩擦接合面の処理（ブラスト肌および厚膜型ジンク）によるすべり耐力試験結果はすべり耐力：361KN（＝設計すべり係数・ボルト本数・摩擦面・設計軸力×1.1）異常を示している。また、すべり係数は表-2に示すようにブラスト処理（A）の場合：環境温度：0℃、22℃および56℃とも $\mu=0.45$ 以上、厚膜ジンクを塗布（B）した場合：0℃、22℃、56℃とも $\mu=0.55$ 以上である。なお、すべり係数に関しては導入軸力（ゲージによる測定値）の評価例は図-6に示す。

（2）接合面の塗膜厚さによる評価（図-3、表-2参照）

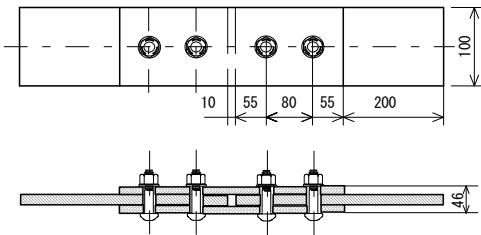


図-1 すべり試験体

表-1 試験体の種類

試験条件No	ボルト孔径(S10T,M22)	摩擦接合面の処理
A	24.5 mm	ブラスト肌
B	(標準孔)	厚膜型ジンク 75μm
C	26.5 mm	厚膜型ジンク 50μm
D	(拡大孔)	厚膜型ジンク 75μm
E		厚膜型ジンク 100μm

注) 表中の“厚膜型ジンク”は“厚膜型無機ジンクリッチペイント”をいう。

表-2 すべり耐力試験結果

No	0℃		22℃		56℃	
	すべり荷重(kN)	すべり係数	すべり荷重(kN)	すべり係数	すべり荷重(kN)	すべり係数
A	405	0.448	432	0.478	437	0.484
B	515	0.570	510	0.564	492	0.544
C	496	0.549	493	0.545	479	0.530
D	494	0.546	509	0.563	490	0.542
E	499	0.552	515	0.570	499	0.552

注) すべり係数はすべり耐力試験で得られたすべり耐力(Ps)を用いて算出した。ボルト軸力(Nd)は設計ボルト軸力×1.1の標準ボルト軸力の基準値(226KN)を用いて算出した。

キーワード：トルシア形高力ボルト、摩擦接合面、厚膜型無機ジンクリッチペイント、温度依存性

連絡先：〒151-0071 東京都渋谷区本町 1-13-3 Tel:03-3374-4084 Fax:03-3374-4744

摩擦接合面の塗膜厚による温度依存性(0℃～56℃)によるすべり荷重はすべり耐力 361KN 以上であり、すべり係数 $\mu = 0.4$ 以上(表-2 参照)を満足している。また、すべり耐力は標準膜厚 75 μm に対して、膜厚が厚くなると高く、膜厚が薄くなると低くなる傾向で既往の資料²⁾と同等の挙動である。

(3) ボルト孔径 (24.5mm, 26.5mm) による評価 (図-4 参照)

ボルト孔径の違いによるすべり耐力の変化は小さく、すべり耐力に対する拡大孔の影響は認められなかった。

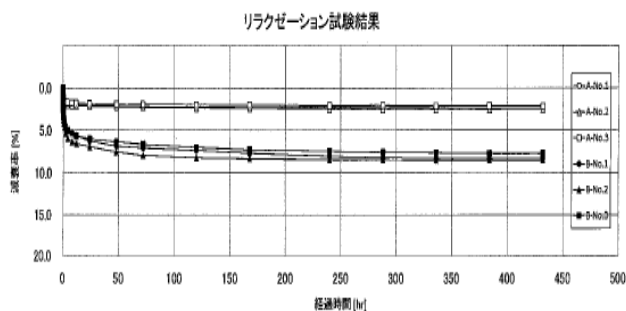
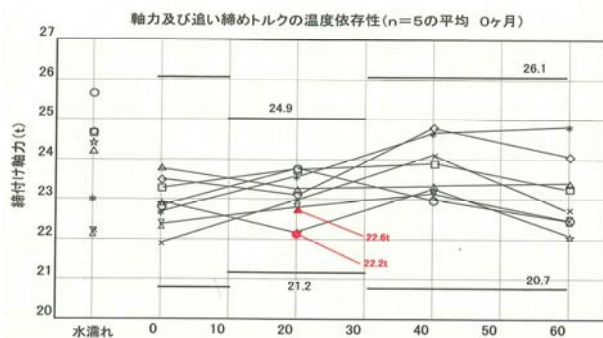


図-5 締め付け軸力の減衰



凡例: ○△□◇× : 既往のデータ²⁾, ▲: プラスト処理

●: 厚膜型無機ジンク厚 75 μm

導入軸力 (常温時: ゲージ測定値)

図-6 導入軸力 (実測値) と温度依存性

2) 締付軸力の減衰試験 (図-5 参照)

摩擦接合面がプラスト処理の影響の減衰率は 2.3% 程度の軸力低下となり、厚膜型無機ジンクの減衰率は、8.2% 程度の軸力低下で、従来から用いている六角ボルトと同等挙動である。

3) 導入軸力による評価 (図-6 参照)

常温時のみすべり試験体 (接合面: 厚膜型無機ジンク 75 μm とプラスト処理) でボルト軸部のひずみゲージですべり試験を行い、ゲージによる値 (図-6 の赤点) は「設計軸力 $\times 1.1 = 225\text{KN}$ 」とほとんど変わらず、既往の資料²⁾と比較しても高い安全性が確認できる。また、プラスト処理に比べ厚膜型無機ジンク処理が低いのはすべり係数が大きくなることを示し既往のデータと同様の挙動がみられる。しかし、TC ボルトの温度依存性を導入軸力で評価する場合、(A) タイプ以外の品質は常温域以外においてはすべり係数と導入軸力は両者とも測定値で行わないとボルト耐力を侵す等の思わぬ結果が生じる恐れがあるので注意する必要がある。

4. まとめ

本試験報告は、TCB ボルト摩擦接合における継手接合部のすべり耐力に影響を与える①高力ボルト本体の構造、②継手接合面の表面状況 (粗さ、塗膜厚等) ③ボルト孔径 (標準孔、拡大孔) について温度依存性によるボルト機能の確認・検証試験である。結果は当概試験製品において従来より用いられている六角ボルトや標準TCボルトと比較して同等の品質確保できた。

しかし、試験した以外の製作メーカーの製品を用いる場合は標準TCボルト+摩擦接合面の厚膜型無機ジンク処理継手や防錆処理TCボルトや耐候性TCボルトの適用は十分なる各種試験の蓄積と検討を行い材料仕様等の規格等の標準化の上、採用するのが望ましい。多様化する継手構造の設計・製作の一助になれば幸いである。なお、本報告はRSC研究会の成果の一部であり謝意を申し上げます。

<参考文献> 1) 道路協会, 高力ボルトに関する要領・規格 S59.9 2) 鉄道・運輸機構, トルシア形高力ボルト施工管理の手引 (S59.9, 改定 H16.4) 3) 道路協会 鋼道路橋塗装防食便覧 H17.12 4) 鉄道総研, 鋼構造物塗装設計施工指針 H17.12 5) 鉄道総合技術研究所編: 鋼鉄道橋規格(SRS), H12.7. 6) 土木学会第 63 回年講: 鋼鉄道橋における高力ボルト適用区分の現状と課題, 2008.9. 7) 土木学会第 65 回年講, トルシア形高力ボルト適用拡大に関する課題と対策 (その 1) (投稿中), 2010.9

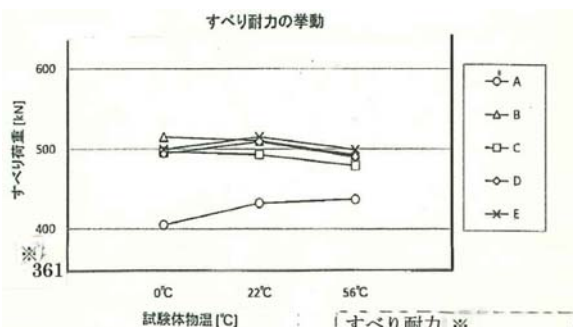


図-2 すべり耐力

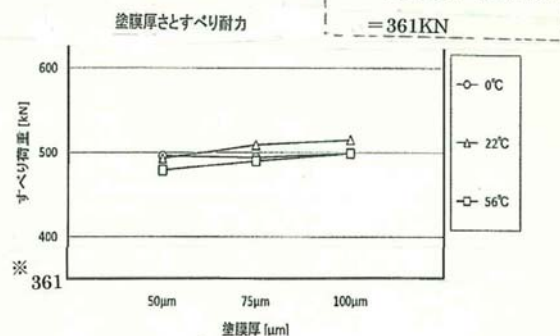


図-3 塗膜厚さとすべり耐力

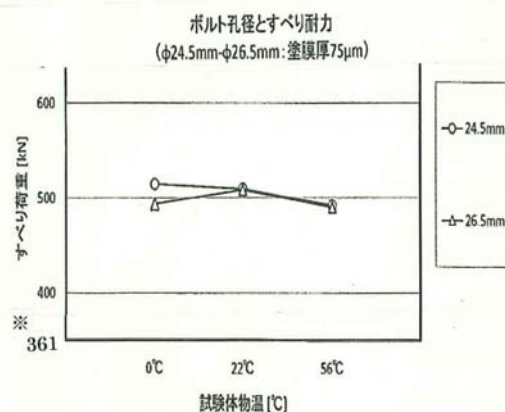


図-4 ボルト孔径とすべり耐力