

防錆トルシア形高力ボルトの性能確認試験

高瀬 和男¹⁾ 篠田 隆広²⁾ 秋山 寿行³⁾

近年、鋼構造物の大型化や長大化に伴い、現場添接部の省力化や耐久性の向上を図る目的で、接合面を含む添接板自体に塗装が行われてきている。そのため、従来の高力ボルトでは、添接部のボルト部にのみケレンが必要となる。この部分の作業性を向上させるために、防錆処理を施した高力ボルトの開発が進められており、現在までに、防錆処理を行った六角高力ボルトについて商品化され、海上部橋梁を中心に採用されてきている。一方、施工性に優れている防錆処理トルシア形高力ボルトについては開発が遅れているのが現状であった。

今回、海上部の長大橋での防錆処理トルシア形高力ボルトの採用にあたって、今までに懸案となっていた事項について試験を行い、従来のトルシア形高力ボルトと同程度の性能を有することを確認した。

まえがき

鋼橋や建築鉄骨の摩擦接合継手に用いるボルトとしては、高力六角ボルトやトルシア形高力ボルトが広く使用されている。現在では、現場施工性の効率化のため、トルシア形高力ボルトが一般的になってきている。

海上部に位置する長大橋は、塗り替えなどの維持管理も困難であるため、外面塗装にフッ素樹脂

塗装を施す例が多い。この際、添接部は接合面および添接板とも塗装を行うことが多くなってきている。そのため、表面に防錆処理を行ったトルシア形高力ボルト（以下、「防錆TCボルト」と称す）は、施工性および耐久性において有利であると判断される。しかし、表面に塗装を施す防錆TCボルトは、防錆処理高力六角ボルト（以下、「防錆六角ボルト」と称す）と同様に、塗装部の温度依存性により締め付け軸力が一定とならないという問題があった。

表-1 試験確認項目

試験項目	備考	
温度依存性の確認	0℃, 室温, 40℃, 60℃ (防錆六角ボルトと比較)	今回試験/ メーカー試験
すべり耐力試験	表面処理した添接板に締め付けた時のすべり係数の確認	今回試験
軸力減衰の確認	表面処理した添接板に締め付けた時の軸力変動の確認	今回試験
締め付け軸力の経時変化	防錆TCボルトの塗装後から締め付けまでの時間に伴う初期軸力の変化	今回試験
耐食性の確認	塩水噴霧試験, 促進耐候性試験	メーカー試験
上塗り適合性の確認	数種類の上塗り塗料による着目試験	今回試験/ メーカー試験
熱影響試験	防錆ボルト自体の塗装の熱影響の確認	今回試験
	ボルトの上の塗装と防錆ボルト塗料との熱影響による付着性	今回試験
	熱影響による軸力の変動確認	今回試験
作業環境試験	ボルトが水に濡れた場合の確認	今回試験
ボルト軸力減衰の確認	ボルト首下長さL = 125mmの場合の軸力変動の確認	今回試験
六角ボルト頭締め試験	防錆TCボルト塗装仕様の六角ボルトの頭締めによる軸力変化の確認	今回試験

1) 橋梁設計部大阪設計二課課長 2) 橋梁設計部大阪設計二課 3) 技術部次長

今回、海上部に位置する長大橋の施工にあたり、日鐵ボルテン株式会社にて開発された温度依存性の少ない、かつ、上塗り適合性に優れた防錆TCボルト（等級S10T、サイズM22）の基本性能を確認する試験を行った。

表-1に確認試験の項目を示し、以下にその結果について述べる。

1. 試験結果

本文に掲載する試験結果は、紙面の関係より以下とする。

- ①温度依存性の確認
- ②締め付け軸力の減衰の確認
- ③ボルト製造後から締め付けまでの経過時間に伴う初期導入軸力の変化の調査
- ④熱影響試験

(1) 温度依存性の確認

各締め付け時温度における防錆TCボルトの締め付け軸力、通常の防錆六角ボルトのトルク係数値から算出した締め付け軸力および道路橋示方書¹⁾（以下、「道示」と称す）に規定されている締め付けボルト軸力範囲を図-1に示す。

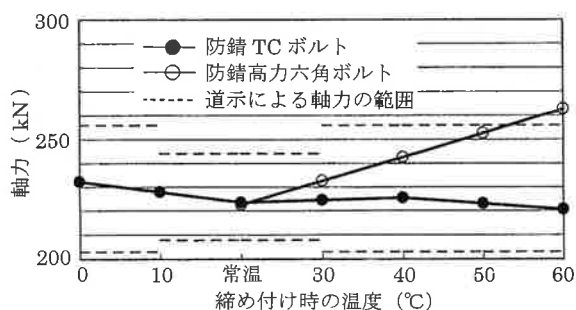


図-1 温度依存性の締め付け軸力の計測結果

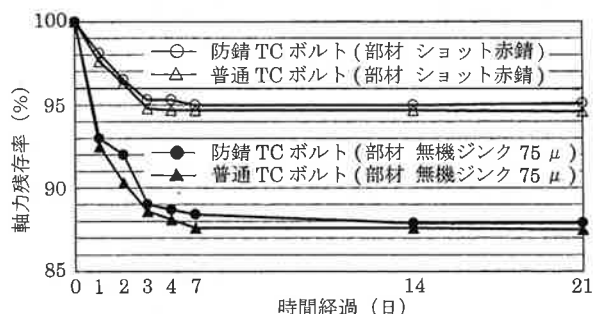


図-2 ボルト軸力の減衰の計測結果

(2) 締め付け軸力の減衰の確認

ボルト締め付け後の経過時間に伴うボルト軸力の減衰の計測結果を図-2に示す。

(3) ボルト製造後から締め付けまでの経過時間に伴う初期導入軸力の変化の調査

防錆TCボルトについて、ボルトの防錆処理後から締め付けまでの経過時間によって、ボルト締め付け時の初期導入軸力がどのように変化するかを計測結果を図-3に示す。

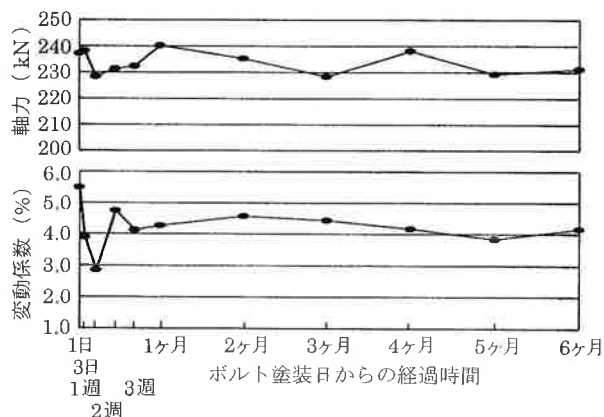


図-3 初期導入軸力経時変化の計測結果

(4) 熱影響試験

1) 防錆TCボルト塗料と上塗り塗料との熱影響による付着性の確認

防錆TCボルト用塗料と防錆六角ボルト用塗料のそれぞれボルト用およびナット用の合計4種類について、塗り板見本によりボルト塗料と上塗り塗料との熱影響による付着性の確認を行った。写真-1に試験結果を示す。

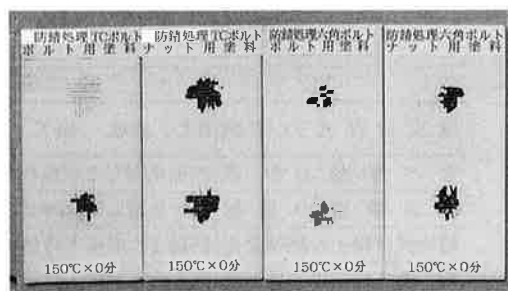


写真-1 上塗り塗料との付着性 (150°C) の試験結果

2) 熱による導入軸力の影響

防錆TCボルトと普通TCボルトの2種類を対象に、熱による導入軸力の影響について試験を行った。締め付けて4週間後に各温度で90分間保持した後の軸力変動率の結果を表-2に示す。

表-2 熱による導入軸力の変動率 (%)

ボルトの種別	④	④から各温度で90分保持後の変動率		
		150℃	200℃	250℃
防錆TC	-13.8	-1.0	-6.1	-12.5
普通TC	-14.5	0.5	1.8	0.5

注) ④: 締め付け時から4週間経過後の軸力変動率

2. まとめ

試験の結果を以下にまとめる。

① 温度依存性について、防錆六角ボルトは温度の上昇につれ、締め付け軸力も大きくなり、60℃の場合、265kN(27tf)程度の導入軸力となり、道示の締め付け軸力の許容範囲を超える。しかし、防錆TCボルトは締め付け温度0~60℃において221~242kN(22.5~24.7tf)の範囲の変化であり、道示の許容範囲であった。

② 締め付け軸力の減衰については、防錆TCボルトと普通TCボルトとの差はないと考えられる。試験体に、厚膜型無機ジンクリッチペイント塗布(目標塗膜厚75μ:全塗膜厚486μ)した場合とプラスト後赤錆状態の場合との比較から、塗膜によるボルト軸力の減衰が7%程度あると考えられる。ボルト自体の軸力の減衰(リラクセーション現象)としては5%程度であった。また、ボルト軸力の減衰については、14日を経過した頃からほぼ安定した状態となり、既往の調査結果^{2),3)}ともほぼ一致した。

③ 防錆TCボルトに施されている特殊プライマーと上塗り塗料(変性エポキシ樹脂塗料)の付着性に対する熱による影響試験(基盤目試験)の結果、加熱温度が150℃にて特殊プライマーと変性エポキシ樹脂塗料の境界から剥離が生じる。

④ ボルト導入軸力の熱による変化については、加熱温度が150℃までは変化が見られなかった。しかし、防錆TCボルトの場合、200℃以上については軸力の減少が顕著であった。その要因としては、ボルトおよびナットに施された塗膜が流動化したことによるものではないかと推定される。

⑤ 防錆TCボルトは静電塗装処理をした後、強制乾燥を行い出荷されている。ボルト製造後から締め付けを行うまでの経過時間に伴う軸力の変化の調査より、1週間目までは軸力が不安定であり、

若干低めの軸力が検出された。その後1ヶ月までは徐々に軸力が増加し、安定してくることがわかった。確定的な判断を下すには、測定本数が5本と少ないが、傾向としてこのような現象が現れるものと推定される。その要因としては、塗装の強制乾燥では完全に塗膜とボルトが一体とならず、1週間程度の自然乾燥を行った後に安定してくるのではないかと考えられる。そのため、ボルトの軸力導入の時期は強制乾燥から2週間程度の自然乾燥期間を経過した後とすることが必要であると考えられる。

あとがき

防錆TCボルトについて、その基本的な特徴やボルトに施された塗料の影響などを確認した。

試験の結果、従来のトルシア形高力ボルトおよび防錆六角ボルトと同程度の性能を有していると判断された。今後、有効な省力化の手段となり得ると思われる。

最後に、本試験に際しご助言いただいた大阪市建設局橋梁課 土井 清樹氏、試験を援助していただいた日鐵ボルテン株式会社 畑中 清氏に紙面を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説, I 共通編・II 鋼橋編, 1996.12.
- 2) 榎波義幸・森 邦久:塗装を施した摩擦接合継手の性能, 橋梁, Vol.15, No.7, 1979.7.
- 3) 日本橋梁建設協会:高力ボルトの省力的施工管理に関する研究, 1977.3.
- 4) 日本道路協会:鋼道路橋塗装便覧, 1990.6.
- 5) 関西道路研究会道路橋調査研究委員会:耐久性小委員会報告書, 1994.3.
- 6) 大野 崇・名取 暢・村越 潤:腐食減肉した高力ボルトの残存軸力測定, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集, I -260, 1994.9.