

亜鉛アルミ合金溶射を施した長尺ボルト継手の導入軸力試験

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 〇筒井 康平

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 横山 秀喜

宮地エンジニアリング (株) 正会員 山下 修平

1. はじめに

溶融亜鉛メッキ高力ボルト（以下、F8T）の締付けには、ナット回転法を用いる¹⁾²⁾。著者らは、接触面に金属溶射を施した場合のF8Tの締付けは、表-1に示す角度で行うことを提案している³⁾。さらに、長尺のM22×155のF8T（以下、7.0dのボルト）の試験体に対して軸力導入試験およびリラクセーション試験を行い、7.0dのボルトに対しての締付け角度は100°とすることがよいと報告している⁴⁾。本報告では、7.0dのボルトよりも更に首下長さが大きいM22×165のF8T（以下、7.5dのボルト）に対して、軸力導入試験およびリラクセーションを実施した結果を、主に文献4)の結果との比較を踏まえて報告し、7.5dのボルトの締め付けに適切と思われる締付け角度について考察する。

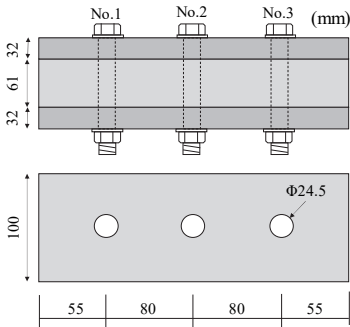
表-1 文献 1) で提案された回転角

$L \leq 5d$	$5d < L \leq 6.3d$ (M22 は 6.4d)	$L > 6.3d$ (M22 は 6.4d)
90°	100°	試験により決定

2. 試験概要

2.1 試験体の種類および形状

図-1に試験体の形状を示す。母板はSM520C、添接板はSM490YBを用いた。ボルトは7.5dのボルトを各試験体に対して3本とした。締付け角度は、90°、105°、120°の3種類とし各1体ずつ計3体を試験に供した。



2.2 摩擦面の処理

鋼材は、素地調整の後に亜鉛アルミ合金溶射（設計膜厚100μm）を施した。封孔処理は実施していない。

2.3 膜厚の測定

膜厚は電磁誘導式膜厚計（Pro-1）を用いて、角孔回りにおいて1孔につき4箇所ずつの計48箇所 で計測した。

2.4 ボルトの締め付け

一次締付けは、トルクレンチを用いて150N・mで行った。本締付けも同様にトルクレンチを用いで行ったが、回転角毎に導入される軸力の傾向を確認するため、30°ずつ締付け、その都度軸力を測定した。

3. 導入軸力試験結果

3.1 膜厚と導入軸力の関係

測定した膜厚と、導入軸力の結果を、文献4)の結果と併せて図-2に示す。設計膜厚100μmに対し、7.0dのボルトの試験体は概ね120~130μmの間に収まっている。一方、7.5dのボルト試験体は全試験体で170μm程度であった。両試験は異なる会社にて実施しているため、ある程度のばらつきは想定していたが、その差異はばらつきの範囲とは言い難い結果であった。軸力で見ると、全体的に7.5dのボルトの試験体の方が、導入軸力は低めの傾向が見られた。これは、膜厚の差によるものか、ボルト長の差によるものかは断定できないが、一般的にボルト長が長くなれば、同じ回転角で締め付けた際の導入軸力は小さくなる傾向があることから、ボルト長の差によるものと推測される。

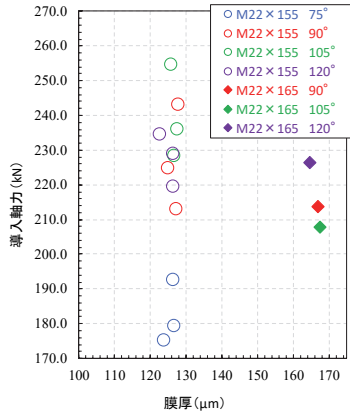


図-2 膜厚と導入軸力の関係

3.2 回転角と導入軸力の関係

回転角による導入軸力試験の結果を図-3 に示す。既往の文献の結果と比較し、回転角による導入軸力に大きな傾向の違いは見られなかった。また、7.5d のボルトの試験体では回転角が 90° よりも 105° の方が導入軸力は小さい。過去のデータの傾向から判断すると、何らかの要因で回転角 105° の試験体における導入軸力が低めに出ているものと思われる。回転角を 90° とした場合、全ての試験体において設計ボルト軸力を上回った。図中にはトルク法の締付軸力として用いられる設計軸力の 110%にあたる 182kN を破線で示しており、 90° を越えたあたりからこの数値を上回っている。一方、7.5d のボルトでは回転角が 100° を越えたあたりから、傾きが小さくなっていることより、ボルトが塑性域に達したものと考えられる。

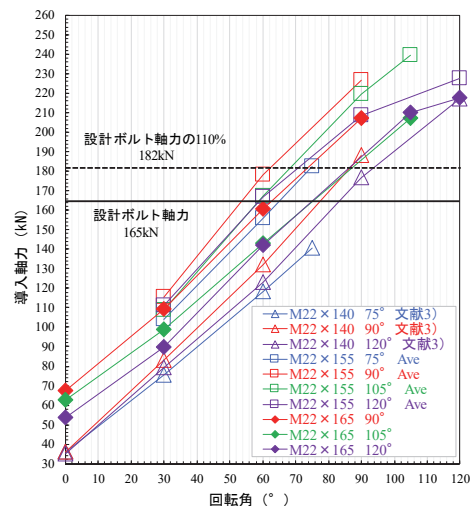


図-3 回転角と導入軸力の関係

4. リラクゼーション試験結果

リラクゼーション試験の結果を、文献 4) のものと併せて図-4 に示す。回転角 90° よりも回転角 105° の方が 728 時間後の残存軸力が小さい結果となった。軸力低下の挙動は、ボルトの首下長さによる差異が見られなかった。また、回転角毎の軸力低下の挙動についても、首下長さによる差異は見られなかった。

5. 回転角の考察

3. および 4. の結果を踏まえ、首下長さが 7.5d のボルトにナット回転角を用いる際に適切と考えられる締付け角度を考察する。リラクゼーション試験結果における残存軸力は、7.0d より 7.5d の方がわずかに小さくなっているが、728 時間経過後も設計ボルト軸力 165kN を下回ることはい

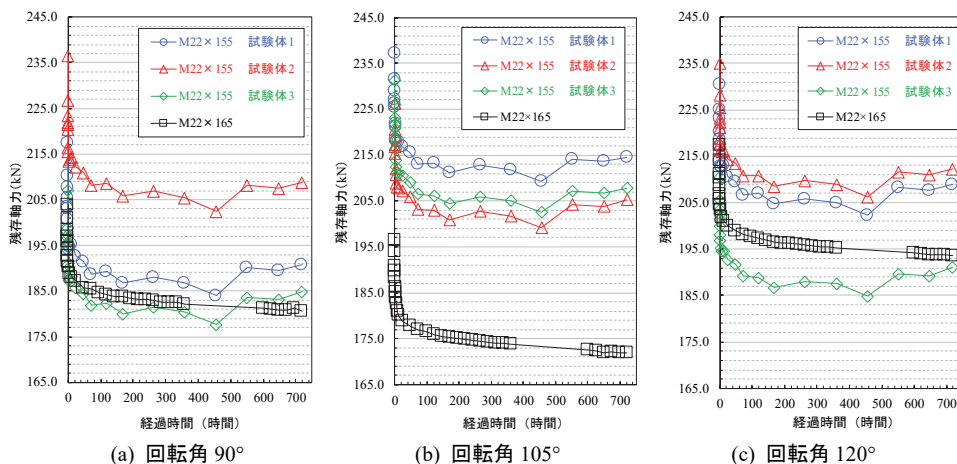


図-4 回転角毎のリラクゼーション試験結果

とから、締付けの回転角は 90° がよいと思われるが、文献 1) にて提案されている回転角よりも小さく設定してよいと断言する明確な根拠を示すことが難しいことから、7.5d の試験体においても、締付け角度は 100° とすることが妥当であると考えられる。ただし、特異値の可能性のある回転角 105° の試験体の結果のみから判断すれば、実施工における締付けは、安全側とするために回転角を 110° とすることも選択のひとつであると考えられる。

6. まとめ

本報告では、7.5d のボルトを対象に行った導入軸力試験およびリラクゼーション試験の結果から、7.0d のボルトと同様の締付け角度で適切な軸力が導入される可能性が高いことを示した。ただし、本報告の結果から得られた回転角を一般化するためには、更に多くの試験を実施してサンプルを増やし、検証する必要があると考えられる。

7. 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説—Ⅱ鋼橋・鋼部材編，2017. 11.
- 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，斉藤雅充，横山秀喜，杉本一朗，能島隆男，増永寿彦，長崎英二：亜鉛アルミ擬合金溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手に関する研究，土木学会論文集 A1，Vol.68.No.2，pp.427-439，2012.6
- 4) 南邦明，筒井康平，横山秀喜，能島隆男：溶射を施した長尺ボルト継手の試験，土木学会第 75 回年次学術講演会，2020.9