

ナット回転法における一次締めによるボルト導入軸力について

東京都市大学 正会員 白旗弘実
 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
 横河ブリッジ 正会員 宮井大輔
 川田工業 正会員 藤野大地

三井E&S鉄構エンジ 濱 達矢
 川田テクノシステム 矢野将太
 東京都市大学(研究時) 町田祐貴

1. はじめに

高力ボルト摩擦接合の締め付け方法においては、トルク法とナット回転法がある。ナット回転法では、母板、連結板などの部材の十分な密着(スナッグタイト状態)を目的とする1次締めの後、ナットを所定の角度で回転させ、締め付ける方法である。1次締めに関して、鉄道構造物等設計標準¹⁾や日本建築学会の建築工事標準仕様書 JASS6鉄骨工事²⁾ではボルトの径に応じたトルク値を設けている。しかし、道路橋示方書³⁾では「組み立て用スパナで力いっぱい締め付ける」といった記述となっている。この道路橋示方書で規定している状態が定量的なトルク値、あるいはボルト軸力値となっているかを調べた文献は著者らに知る限りない。本研究ではボルト締め付け工が締めたボルトの軸力を計測したので、その結果を報告する。

2. 試験体

(1) **試験体の形状および種類** 図-1に試験体の形状、表-1に試験体の種類を示す。試験体は、ボルト呼び径、板厚などをパラメータとした3種類があり、各種類1体が製作され、合計で3体である。鋼材はSM490Y、ボルトはF10T M22を用いた。

(2) **摩擦面の表面処理** 試験体は、素地調整後に、無機ジンクリッチペイントが塗布された。膜厚は標準である75 μ mとなるように配慮した。

(3) **ボルトの軸力測定** 締め付けで使用するボルトの頭部2カ所に穴を開け、図-2に示すように、軸部にひずみゲージを貼り付けることで、ボルト軸力を計測した。ひずみ値とボルト軸力の関係は別途、ボルトのキャリブレーション試験を行い、換算するための係数を得た。

(4) **ボルトの締め付け** ボルトの締め付けは、著者らの所属する三つの橋梁製作会社の製作工場あるいは架設現場で行われた。各社において、日頃よりボルト締め付けを行っている作業員人数名で、長さが40cmほどのラチェットやスパナでボルトを各自で判断する力いっぱいとなるように締め付け作業を実施した。締め付け時の様子を図-3に示すが、高さ約1mの台の上に試験体を万力で固定した。締め付け前にはひずみ値計測のためのデータロガーの初期値を取り、各試験体にある3本の孔にボルト3本を連続的に締め付けた。ボルトの締める順序は特に指定しなかった。すべてのボルトを締め付けた後、ボルトに生じたひずみを測定した。一社での計測が終わった後に、別の会社へ試験片を回送した。

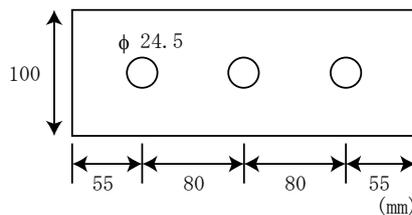


図-1 スナッグタイト試験体

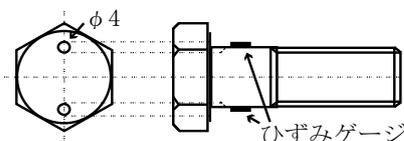


図-2 ボルトへのひずみゲージ貼り付け

表-1 試験体板厚の詳細およびボルト長さ

試験体名	板厚(mm)		ボルトサイズ
	母板(t)	連結板(ts)	
A1	9	9	M22x70(3.2d)
A2	22	12	M22x90(4.1d)
A3	32	19	M22x110(5.0d)



図-3 ボルト締め付け時の状況

キーワード：高力ボルト、ナット回転法、導入軸力、スナッグタイト

連絡先：〒158-8557 世田谷区玉堤1-28-1 東京都市大学・都市工学科 TEL 03-5707-0104

三社をそれぞれA社、B社、C社と呼ぶこととするが、A社2名、B社3名、C社6名が締め付けを行った。トータルでA社108個、B社80個、C社53個のボルト軸力データを得ることができた。

3. 試験結果

(1) **ボルト軸力の換算** 1次締め付けトルクなどはすべてボルト軸力に換算して比較を行った。ボルトの軸力およびトルクの関係は次の式(1)で表される。

$$N = \frac{T}{kd} \quad (1)$$

ここに、Nはボルト軸力、Tはトルク、kはトルク係数、dはボルト径である。トルク係数はボルトの検査書の値を用い、M22で規定されているトルク値150Nmを用いると、これに相当する軸力は52kNとなる。

(2) **リラクセーション試験結果** ボルト軸力の結果を図-4に示す。図においては、52kNを中心として、5kNの範囲で分割し、各範囲に含まれるボルト本数の頻度を示している。また、ボルトの首下長さ別に70mmの場合はL70と示している。図-4より、おおむね52kNあたりをピークに軸力が分布していることがわかるが、低いものでは28kN程度、高いものでは120kNになったものも存在した。

トルクが150kN以上、つまり軸力が52kN以上となった各長さのボルトの割合を表-2に示す。また、各長さのボルトに導入された軸力の平均と分散を表-3に示す。表-2より、平均値としての軸力は52kNを満足しているものといえるが、若干上回った程度である。表-3からも各長さにおける軸力の平均値は52kNを2~3kN程度上回っていることを示している。ボルトが長くなるにつれて軸力が減少傾向であることがわかるが、それほど顕著ではないことがわかる。軸力の分散は、120mmで最大の18.7kN、90mmで最小の15.3kNとなったが、各長さによる差がそれほどないといえる。

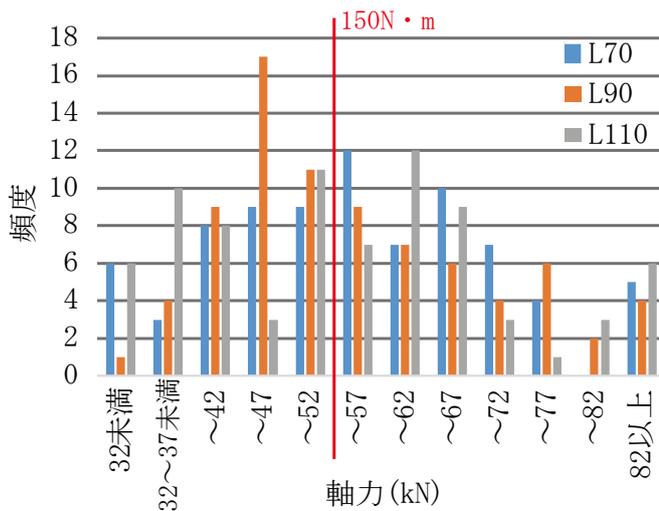


図-4 ボルト導入軸力の分布

表-2 軸力が52kNを上回ったボルトの割合

ボルト種類	M22 L70	M22 L90	M22 L120	計
割合(%)	56.3	47.5	51.9	51.9

表-3 各ボルトの軸力平均値および分散値

ボルト種類	M22 L70	M22 L90	M22 L120
軸力値	平均(kN)	平均(kN)	平均(kN)
	55.7	54.9	54.2
	分散(kN)	分散(kN)	分散(kN)
	17.7	15.3	18.7

4. まとめ

本研究では、ナット回転法における1次締め付けに関し、人力で最大に締め付けた際のボルト軸力およびトルクとの関係について調査した。現行の鉄道標準などで規定されている150Nmに達しているものは半分程度であることが示されたが、ばらつきが非常に大きいことが示された。ナット回転法適用の際には、トルク値による管理を行うことが好ましいことが示唆される。なお、本研究は鋼橋技術研究会「高力ボルト施工部会(部会長：南邦明)」の一環として行ったものである。

【参考文献】

- 1) 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.
- 2) 日本建築学会：高力ボルト接合設計施工ガイドブック，2003.12.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説-II鋼橋・鋼部材編，2017.11.