

鋼橋架設現場における高力ボルトS10TとF10Tの作業性の比較

巴コーポレーション 正会員 ○遠藤輝好
日本ファブテック 正会員 小峰翔一
駒井ハルテック 正会員 吉岡夏樹

鉄道・運輸機構 正会員
川田工業 正会員
横河ブリッジ 正会員

南 邦明
藤野大地
宮井大輔

1. はじめに

鋼橋における高力ボルト継手では、主にトルシア形高力ボルト（以下、S10T）、および高力六角ボルト（以下、F10T）が使用され、トルク法による締付け^{1),2)}が行われる。本稿では、それぞれのボルトの実施作業の特徴を示し、実際の架設現場での作業時間を実測して両者の作業性の違いを確認した。

2. 高力ボルトの実施作業

高力ボルトの施工手順を図-1に示す。S10Tは、①予備試験で写真-1に示す油圧式の軸力測定器を用いてS10T締付け日に1製造ロット(5本)の導入軸力を確認し規定値を満足することを確認する。確認後に締付け作業に取り掛かり、②ボルト挿入、ナットを手動で締付ける。③予備締め（一時締め）は導入軸力の60%の軸力を目標としてインパクトレンチを用いて締付ける。その後、写真-2に示す④マーキングをナット側に行う。⑤本締めは、写真-3に示すシャーレンチを用いて締付け、ピンテールが破断すれば締付け完了となる。締付け後は、目視による⑥締付け検査を実施し、ピンテールの破断、マーキング位置がずれていることと共回りがないことを確認する。最後に現場塗装の直前に写真-4に示す専用機またはグラインダで⑧ピンテール破断面を仕上げる。F10Tは、①予備試験をF10T締付け日に実施し、その日のトルクを設定する。予備試験の手順は、製品検査証明書に記載されているトルク係数値と導入軸力（設計ボルト軸力の10%増し）から算出したトルクで、油圧式の軸力測定器にボルトを締付ける。式(1)を用いてトルク係数値を算定する。これを5本のボルトで行い、その平均値をその日のトルクとして締付け機（ナットランナー）のトルクを調整する。②、③、④はS10Tと同様である。⑤本締めは、写真-5に示すナットランナーを用いて行う。特徴としては反力レバーにより高トルク帯の締付けが可能で高精度にトルク制御でき、設定したトルクに達すれば、締付け作業を終える機械である。締付け後は、目視による⑥締付け検査を実施し、マーキング位置がずれていることと共回りがないことを確認する。そのうち締付けたボルト一群の10%は、写真-6に示す⑦トルク検査を実施し、トルクレンチを用いてボルトの締付けトルクを確認する。この作業は、締付け作業（施工者）、記録者および立会い者（現場代理人等）の3名で行い、締付けトルクが所定のトルクであることを確認する。

S10TとF10Tの作業に関する違いは、①現場予備試験の内容、⑤本締めで使用される締付け機、本締め後に⑦締付けトルクの確認、または⑧ピンテール破断面の仕上げを行う。なお、S10Tはピンテールの分ナットより突出する長さが大きいいため締付け機のセットに要する時間が異なると考えられる。

3. 計測方法

計測は、鉄道・運輸機構および橋梁製作会社5社の架設現場で行い、鉸桁橋あるいは箱桁橋の構造部材を対象とした。また、F10Tは新規のボルトであれば仮設部材でも対象としたが、狭隘部などの理由により少数使用さ

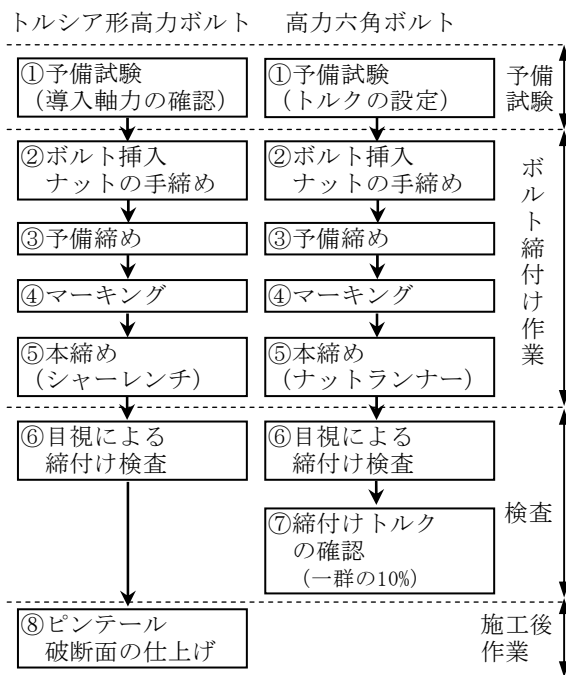


図-1 高力ボルトの施工手順



写真-1 軸力測定器



写真-2 マーキング



写真-3 シャーレンチ



写真-4 仕上げ専用機



写真-5 ナットランナー



写真-6 トルクの確認

$$k = \frac{T}{d \cdot N} \quad \cdots (1) \quad \begin{matrix} k: \text{トルク係数値}, & T: \text{トルク(N} \cdot \text{m)}, \\ d: \text{ボルト径(m)}, & N: \text{ボルト軸力(N)} \end{matrix}$$

キーワード：高力ボルト，トルシア形高力ボルト，作業性，ボルト締付け

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

れている箇所は対象外とした。計測項目は、図-1に示す③予備締め、⑤本締め、⑥目視による締付け検査、⑦締付けトルクの確認、⑧ピンテール破断面の仕上げの5項目とし、両ボルトとも同じ作業となる②部材にボルト挿入、ナットの手締め、④マーキングに加えて締付け作業中の作業員の移動やドリフトピンを挿入して孔位置を合わせる作業は、現場条件や構造条件で時間差が生じるため計測の対象外とした。

4. 計測結果

計測結果を表-1に示す。計測結果は、継手毎に計測した締付け時間を1本当りの締付け時間に算定し、姿勢毎に集計してその平均値を示した。

- 締付け時間の合計は、S10Tの全姿勢よりもF10Tの全姿勢の方が約1.4秒早い。
- 予備締めは、S10Tの全姿勢よりもF10Tの全姿勢の方が約1.1秒早い。作業環境で比較するとS10Tでは上空よりも地組箱内の方が約2.3秒早いがF10Tでは差はなかった。これは、両ボルトともに締付け機はインパクトレンチを用いており、S10Tのピンテール突出や足場などの作業環境により時間を要したと考えられる。
- 本締めは、S10TとF10Tの全姿勢に差はなかった。作業環境で比較するとS10Tでは地組箱内よりも上空の方が約0.9秒早いがF10Tでは上空よりも地組の方が約1.5秒早い。これは、シャールレンチがピンテールを破断する時間とナットランナーが所定のトルクに達する時間の差があるものの作業環境による差が大きいと考えられる。なお、締付け作業に関して、連結板周辺にウェブや補剛材、または連結板にスタッドジベル等があると作業時間が長くなる傾向にあるが、今回の集計では考慮していない。
- 目視検査は、作業環境や姿勢にかかわらず、F10T および S10T ともに約 0.5 秒/本であった。
- F10T の締付け後トルクの確認は、地組の全姿勢で 16.6 秒/本、上空の全姿勢で 26.2 秒/本であった。これは、作業環境による影響が大きく、長く重いトルクレンチの取り扱いでソケットのセットおよびグリップを回転する際に補剛材や二次部材と干渉することによって時間を要したと考えられる。
- S10T の締付け後ピンテール破断面の仕上げは、専用機的全姿勢が約 22.6 秒/本、グラインダの全姿勢が約 6.8 秒/本であった。これは、専用機が破断面の凹部の底まで全体を削る必要があるのに対して、グラインダは凹部を集中して仕上げられるため早い。ただし、グラインダはボルトの円周部の仕上げには不向きである。
- F10T のトルク確認と S10T のピンテール破断面の仕上げを比較すると、後者(グラインダ)の方がボルト 1 本当りの作業時間は約 13.9 秒早い。前者は全量の 10%での検査であるため、架設工事でのボルト全量を考慮するとトルク確認の方が作業時間は短い。例えば、積算上の 1 日の最大締付け本数 1670 本を施工したと仮定し、それぞれの全姿勢で比較すると、F10T 締付け後のトルクの確認は約 58 分、S10T 締付け後のピンテール破断面の仕上げはグラインダの場合で約 189 分となり、ピンテール破断面処理は約 3.3 倍の作業時間を要する。ただし、今回の比較は、F10T は地組と上空で、S10T は上空での計測あること、施工時期が違うことに留意する必要がある。

表-1 計測結果

施工ボルト					締付け時間				目視検査		トルクの確認		ピンテール破断面の仕上げ			
径	等級	作業環境	姿勢	継手数	本数 (本)	1本当たり(秒/本)			本数 (本)	1本当たり (秒/本)	本数 (本)	1本当たり (秒/本)	継手数	本数 (本)	1本当たり(秒/本)	
						予備締め	本締め	合計							専用機	グラインダ
M22	S10T	地組箱内	下向き	15	996	2.9	4.8	7.7	736	0.5	—	—	—	—	—	—
			横向き	10	1,612	2.8	4.5	7.2	1,086	0.5	—	—	—	—	—	—
			全姿勢	25	2,608	2.9	4.7	7.5	1,822	0.5	—	—	—	—	—	—
		上空	下向き	10	424	5.3	4.1	9.4	406	0.5	—	—	2	107	26.2	9.3
			横向き	6	558	4.9	3.4	8.2	558	0.5	—	—	2	248	19.0	4.4
			全姿勢	16	982	5.2	3.8	9.0	964	0.5	—	—	4	355	22.6	6.8
		全姿勢		41	3590	3.9	4.3	8.2	2786	0.5	—	—	4	355	22.6	6.8
	F10T	地組	下向き	8	180	1.8	3.1	4.9	180	0.5	18	9.0	—	—	—	—
			横向き	6	960	3.2	3.9	7.1	960	0.5	100	24.1	—	—	—	—
			全姿勢	14	1,200	2.6	3.5	6.1	1,200	0.5	124	16.6	—	—	—	—
		上空	下向き	4	32	2.8	5.5	8.2	32	0.7	8	21.6	—	—	—	—
			横向き	2	252	2.9	4.1	7.0	252	0.6	26	35.3	—	—	—	—
			全姿勢	6	284	2.8	5.0	7.8	284	0.6	34	26.2	—	—	—	—
		全姿勢		20	1484	2.7	4.2	6.8	1484	0.6	158	20.7	—	—	—	—

5. まとめ

- (1) ボルト1本当りの締付け時間の合計は、全姿勢の平均値でS10TよりもF10Tの方が約1.4秒早い。
- (2) F10T締付け後のトルクの確認とS10T締付け後のピンテール破断面の仕上げ時間を比較すると、架設工事での1日のボルト締付け本数を考慮するとF10Tのトルクの確認の方が作業時間は短い。

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ものである。

【参考文献】

- 1) 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.
- 2) 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.