

高力六角ボルトF10T(W)の機械的性質

川田工業 正会員 藤野大地
 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
 日本ファブテック 正会員 小峰翔一
 宮地エンジニアリング 正会員 澁谷 敦

1. はじめに

高力六角ボルトの機械的性質は、JIS B1186¹⁾で示されているが、実際、どの程度の特性が明確でない。本報告は、橋梁で使用される高力六角ボルトF10TおよびF10TWのM22の機械的性質の調査を行った。ここでは、851枚の検査証明書（橋梁工事の検査で用いるボルト製品検査証明書）を調査し、機械的性質の現状を明確にした。なお、トルク係数値の調査については、別報²⁾で示すこととする。

2. 調査概要および機械的性質の規定値

調査は、鉄道・運輸機構および橋梁製作会社7社の建設工事で使用したボルト（別報²⁾と同じ検査証明書）を対象とした。調査項目は、耐力、引張強さ、伸び、絞り、引張荷重および硬さとした。また、耐力と引張強さから降伏比も調べた。表-1に機械的性質の規定値¹⁾を示す。ここで示す耐力、引張強さ、伸びおよび絞りの4項目は、JIS Z2241（金属材料引張試験片）の4号試験片を用いて、2体の試験体の平均値で求められている。これに対し、引張荷重および硬さはボルト製品で試験を行い、3本ボルトの平均値で求められている。

3. 調査結果

機械的性質の調査結果を表-2に示し、各項目の規定下限値に対する調査値の比率を図-1に示す。ここで示す規定値比率とは、調査結果（表-2）を規定下限値（表-1）で除して求めた比率である。また、調査したボルト長の頻度分布を図-2に示す。

(1) **耐力（0.2%耐力）** 図-3に耐力の調査結果を示す。耐力の最小値はF10Tで982N/mm²、F10TWで1000N/mm²であり、規定値(900N/mm²)よりそれぞれ82N/mm²、100N/mm²高かった。平均値では、逆にF10Tの方が5N/mm²高く、F10Tで1038N/mm²、F10TWで1033N/mm²であり、規定値比率はそれぞれ115.3%、114.8%と0.5%の違いであった。

(2) **引張強さ（引張強度）** 引張強さの調査結果を図-4に示す。引張強さの最小値はF10Tで1032N/mm²、F10TWで1059N/mm²であり、規定値(1000N/mm²)よりそれぞれ32N/mm²、59N/mm²高かった。平均値では、両者大きな違いはなく、F10Tで1084N/mm²、F10TWで1086N/mm²であり、規定値比率はそれぞれ108%、109%と耐力の比率より若干小さかった。耐力との関係（図-5）は、F10TおよびF10TWともに、相関係数は0.85を超え高い相関関係にあった。図-6は降伏比（耐力／引張強さ）の算出結果であるが、平均値は、F10Tで0.958、F10TWで0.951であった。

(3) **伸び・絞り** 伸びおよび絞りの調査結果を図-7に示す。伸びは、17～22%の狭い分布範囲であり、平均値はF10Tで18%、F10TWで19%であった。また、平均の規定値比率は、F10TおよびF10TWでそれぞれ130%、135%であった。絞りについては、分布範囲は60～73%と広く、平均値はF10Tで68%、F10TWで66%であった。また、平均の規定値比率は、F10TおよびF10TWでそれぞれ171%、164%であった。特に、絞りについては、最小値でも規定値の150%の性能を有していた。

(4) **引張荷重** 引張荷重の調査結果を図-8に示す。引張荷重の最小値はF10Tで313kN、F10TWで317kN、平均値はそれぞれ327kN、329kNと、規定値(303kN)に対しそれぞれ24kN、26kN（規定値比率はそれぞれ108%、109%）高かった。この規定値比率については、(2)で示した引張強さ（JIS Z 2241の4号試験片）と一致した。ボルト長との関係（図-8(b)）は、回帰直線は右肩上がりであるが、相関係数はF10Tで0.134、F10TWで0.072と低かった。

(5) **硬さ** 硬さの調査結果を図-9に示す。ボルト、ナット、座金ともに分布の範囲（図-9(a)）は狭く、特に座金では38～42HRCの範囲で標準偏差AもF10Tで0.68、F10TWで0.46と小さかった。各部位の平均値は、F10TとF10TWで大きな違いはなく、ボルトで約33HRC、ナットで27HRC、座金で40HRCであり、規定値で示されてい

表-1 六角ボルトの機械的性質の規定値

JIS Z 2241 4号試験片				製 品			
耐力 (N/mm ²)	引張 強度 (N/mm ²)	伸 び (%)	絞 り (%)	引張 荷重 (kN)	硬 さ (HRC)		
					ボ ル ト	ナ ッ ト	座 金
≧ 900	1000 ~ 1200	≧ 14	≧ 40	≧ 303	27 ~ 38	20 ~ 35	35 ~ 45

表-2 機械的性質の集計結果

項 目		規格	最小値	最大値	平均値	標準 偏差A
耐力 (N/mm ²)		F10T	982	1072	1038.1	14.54
		F10TW	1000	1071	1033.4	13.34
引張強さ (N/mm ²)		F10T	1032	1119	1083.6	12.86
		F10TW	1059	1135	1086.3	11.41
伸び(%)		F10T	17	22	18.9	0.89
		F10TW	17	21	18.2	0.85
絞り(%)		F10T	60	73	68.2	1.75
		F10TW	60	71	65.9	2.33
引張荷重(kN)		F10T	313	342	327.4	4.21
		F10TW	317	348	328.5	5.33
硬さ (HRC)	ボルト	F10T	31	36	33.1	0.84
		F10TW	31	36	33.5	1.04
	ナット	F10T	24	29	27.2	0.91
		F10TW	23	28	27.0	0.94
	座金	F10T	38	42	40.1	0.68
		F10TW	39	42	40.0	0.46

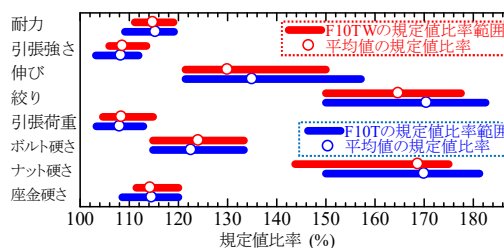


図-1 規定の下限値に対する比率の範囲

キーワード：高力六角ボルト，F10T(W)，機械的性質

連絡先：〒114-8562 東京都北区滝野川1-3-1 川田工業 TEL 03-3915-3411

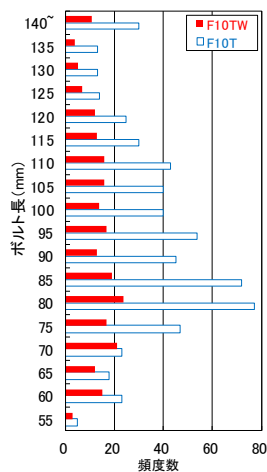


図-2 ボルト長の頻度

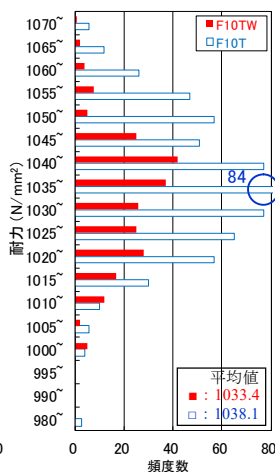


図-3 耐力の頻度

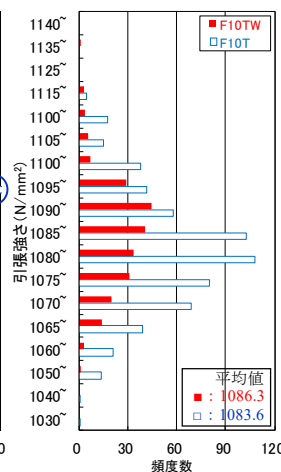


図-4 引張強さの頻度

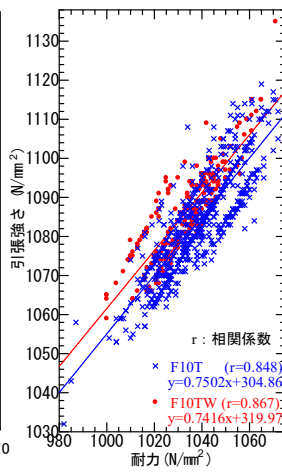


図-5 耐力と引張強さの関係

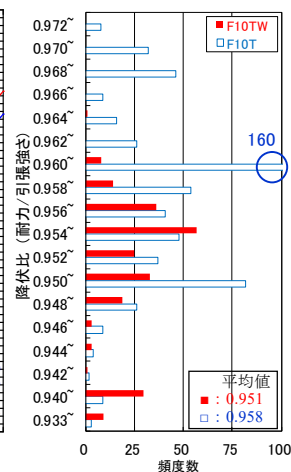


図-6 降伏比の頻度

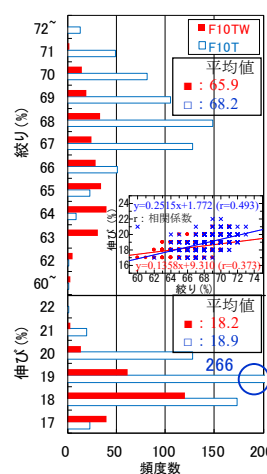
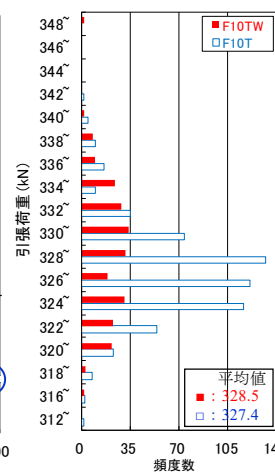
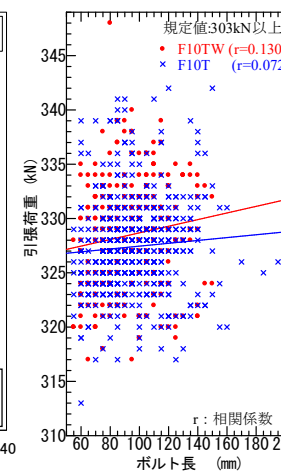


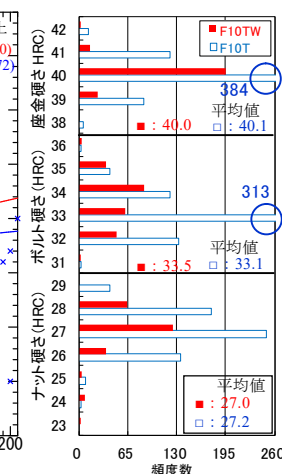
図-7 伸び・絞りの調査結果



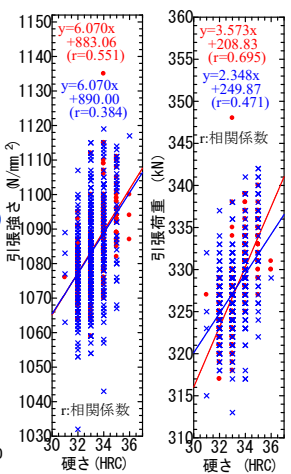
(a) 頻度分布



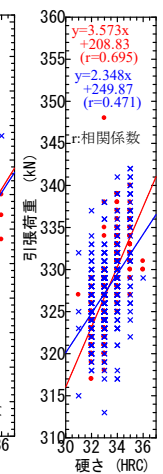
(b) ボルト長との関係



(a) 頻度分布



(b) 引張強さとの関係



(c) 引張荷重との関係

図-8 引張荷重の調査結果

図-9 硬さの調査結果

るように座金>ボルト>ナットとなっていた。これは、ボルトはボルトに要求される引張強さで決まる材料特性での硬さであるが、座金はボルトとナットがめり込まない程度の硬さ、ナットはナット自身が滑らかに回転できる程度の硬さが要求されるからである。ボルト材料についても一般の鋼材と同様、硬さが高くなれば、引張強さ（引張荷重も同様）が高くなる関係にある。図-9(b)(c)は、それぞれ引張強さおよび引張荷重との関係を示すが、両者とも回帰直線は右肩上がりでその多くが相関係数も0.4を超え、相関は認められた。

4. まとめ

- (1) 耐力において、その平均値は F10T および F10TW でそれぞれ 982 N/mm², 1000N/mm² であり、規定値比率（調査値/規定下限値）はそれぞれ 115.3%, 114.8%と 0.5%の違いであったが、両者高い耐力を有していた。
- (2) 引張強さにおいて、その平均値は F10T および F10TW でそれぞれ 1032N/mm², 1059N/mm² であり、規定値比率はそれぞれ 108%, 109%と耐力の比率より若干小さかった。
- (3) 伸びの平均値は F10T および F10TW でそれぞれ 18%, 19%, 絞りの平均値はそれぞれ 171%, 164%であった。
- (4) 引張荷重において、平均値は F10T および F10TW でそれぞれ 327kN, 329kN であった。
- (5) 硬さにおいて、その平均値は F10T と F10TW で両者違いはなく、ボルトで約 33HRC, ナットで 27HRC, 座金で 40HRC であり、40HRC であり、規定値の通り座金>ボルト>ナットであった。

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調査をまとめたものである。調査の実施に関して、巴コーポシヨンの遠藤輝好氏、駒井ハルテックの吉岡夏樹氏、横河ブリッジの宮井大輔氏、三井E&Sエンジニアリングの濱達矢氏にご協力いただきましたことをここに記して感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) 日本工業規格：B1186「摩擦接合用高力六角ボルト・六角ナット・平座金のセット」, 2013.
- 2) 宮井大輔, 南 邦明, 遠藤輝好, 吉岡夏樹, 濱 達矢: 高力六角ボルトF10T(W)のトルク係数値, 土木学会第74回年次学術講演会, 2019.9