

トルシア形ボルトS10T(M22)の機械的性質

日本ファブテック 正会員 小峰翔一
 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
 横河ブリッジ 宮井大輔
 宮地エンジニアリング 正会員 澁谷 敦

1. はじめに

トルシア形ボルトの機械的性質は、規定等で示されているが、実際、どの程度の特徴が明確でない。本報告は、橋梁で使用されるトルシア形ボルト(S10T-M22)の機械的性質の調査を行った。ここでは、1171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、導入軸力の調査については、別報¹⁾で示すこととする。

表-1 トルシア形ボルトの機械的性質の規定値

JIS Z2201 4号試験片				製 品			
耐力 (N/m 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	16～ 35	35～ 45

表-2 機械的性質の集計結果

項 目	最小値	最大値	平均値	標準偏差	
耐力(N/mm ²)	987	1081	1037.1	14.99	
引張強さ(N/mm ²)	1038	1144	1083.2	15.04	
伸び(%)	16	23	19.1	0.99	
絞り(%)	60	74	68.2	2.01	
引張荷重(kN)	312	348	328.4	5.47	
硬さ (HRC)	ボルト	31	36	33.3	1.06
	ナット	24	30	27.1	0.98
	座金	38	42	40.1	0.67

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6社の建設工事で使用したボルト(別報¹⁾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^{2),3)}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 Z2201(金属材料引張試験片)の4号試験片(標点距離50mm、径14mm)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。引張荷重は製品そのものの首下に楔(くさび・テーパ)を入れて引張荷重を載荷し、破断時の荷重値を示している。

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987N/mm²であり、規定値(900N/mm²)より87N/mm²高く、さらに、平均値は1037N/mm²と137N/mm²(規定値比率:115%)高かった。分布状態は、1020~1049N/mm²の分布が多く、広い範囲にピークが分布(山の頂上が平らな状態)していた。

(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1038 N/mm²、平均値では1083 N/mm²と、規定値(1000N/mm²)に対しそれぞれ38N/mm²、83 N/mm²(規定値比率:108%)高かった。また、分布状態は、平均値近傍をピークとするなだらかな凸型の分布状態であるが、耐力の分布状態とは若干異なった。ただし、標準偏差は、耐力とほぼ一致していた。図-5に耐力と引張強さとの関係を示すが、相関係数は0.862と高い相関関係にあった。図-6に降伏比(耐力/引張強さ)の算出結果を頻度分布で示す。降伏比は0.930~0.976の分布範囲にあり、平均値は0.957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。伸びの分布状態は、16~23%の狭い分布範囲であり、平均値の19%をピークとする尖った凸型の分布状態であった。一方、絞りについては、分布範囲は広く平均値68%近傍をピークとなるなだらかな凸型の分布状態であり、伸びとは分布状態が異なった。また、標準偏差は伸びの約2倍であった。平均の規定値比率は、伸びおよび絞りでそれぞれ136%、171%であった。特に、絞りについては、最小値でも規定値の1.5倍の性能を有していた。また、図-7中に示す伸びと絞りとの関係については、伸びが増加すれば絞りも増加する相関が認められ、相関係数は0.568であった。

(4) **引張荷重** 引張荷重の調査結果を図-8に示す。図-8(a)に示すように引張荷重の最小値は312kN、平均値は328kNと、規定値(303kN)に対しそれぞれ9kN、25kN(規定値比率:108%)高かった。この規定値比率は、ボルト製品で行った引張荷重とJIS Z2201の4号試験片で行った引張強さと一致した。また、分布状態は(図-8(a))、326kN近傍をピークとする凸型の分布状態であった。ボルト長との関係については(図-8(b))、回帰直線は右肩上がりであるが、相関係数は0.134と低かった。

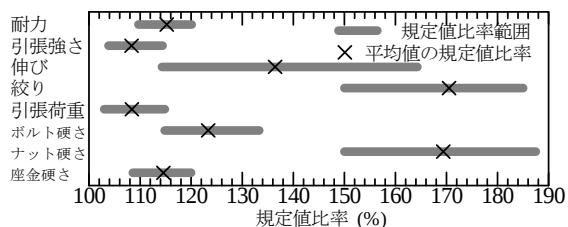


図-1 規定の下限値に対する比率の範囲

キーワード：トルシア形ボルト，S10T(M22)，機械的性質

連絡先：〒302-0038 茨城県取手市下高井1020 日本ファブテック TEL 0297-78-1113

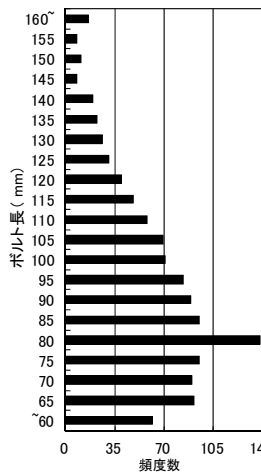


図-2 ボルト長の頻度

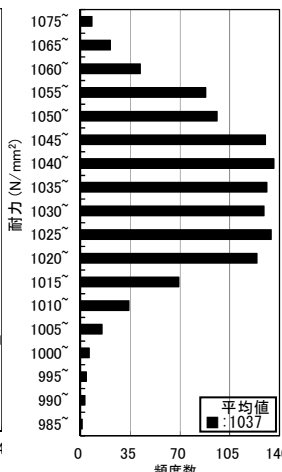


図-3 耐力の頻度

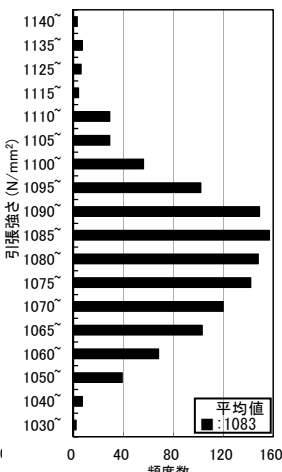


図-4 引張強さの頻度

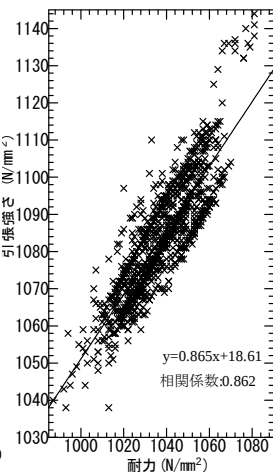


図-5 耐力と引張強さの関係

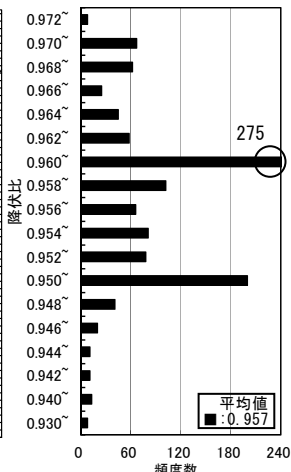


図-6 降伏比の頻度

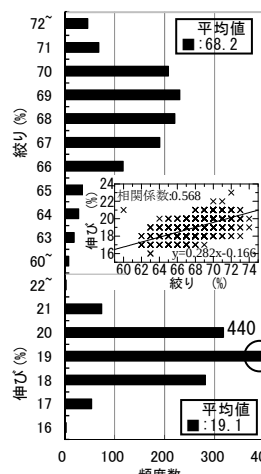
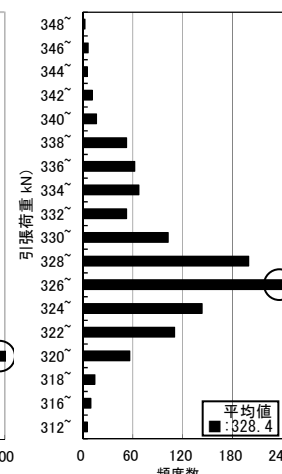
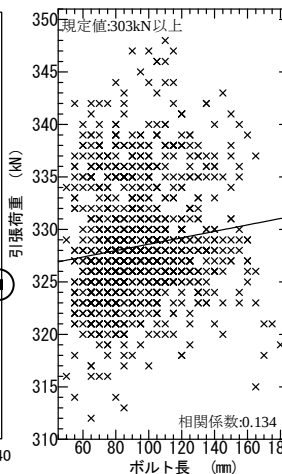


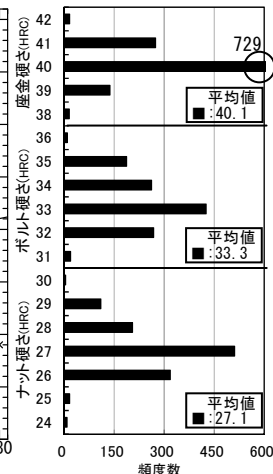
図-7 伸び・絞りの調査結果



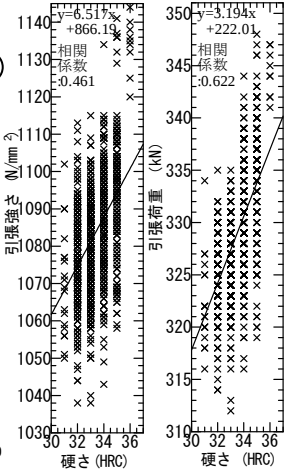
(a) 頻度分布



(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

(5) **硬さ** 硬さの調査結果を図-9に示す。図-9(a)に示すように、ボルト、ナットおよび座金ともに分布の範囲は狭く、特に座金では38～42HRCの範囲で標準偏差も0.67と小さかった。各部位の平均値は、ボルトで33HRC、ナットで27HRC、座金で40HRCであり、規定値で示されているように座金>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。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、両者ともに回帰直線は右肩上がりであり相関係数も0.4を超え、相関は認められた。図-9(b)に示す回帰直線から推定（ナットおよび座金の硬さの平均値を代入）すると、ナットは1043N/mm²、座金は1128N/mm²程度の強度を有するものと推定できる。

4. まとめ

- (1) 耐力において、その平均値は 1037 N/mm²、規定値比率(調査値/規定下限値)は 115%と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 1083 N/mm²、規定値比率は 108%、降伏比は平均値で 0.96 であった。
- (3) 伸びは平均値で 19%、規定値比率で 136%であり、絞りは平均値で 68%、規定値比率で 171%であった。
- (4) 引張荷重において、その平均値は 328kN、規定値比率では 108%であった。
- (5) 硬さにおいて、その平均値はボルトで 33HRC、ナットでは 27HRC、座金では 40HRC であり、規定値で示されているように座金>ボルト>ナットとなっていた。

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、三井造船鉄構エンジニアリングの内田大介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) 遠藤輝好, 南 邦明, 吉岡夏樹, 内田大介: トルシア形ボルトS10T(M22)の導入軸力, 土木学会第73回年次学術講演会, 2018.9
- 2) 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.
- 3) 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.