溶融亜鉛めっき高力ボルトF8Tの特性

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
巴コーポレーション　正会員　遠藤輝好
駒井ハルテック　正会員　吉岡夏樹
横河ブリッジ　正会員　宮井大輔
川田工業　正会員　藤野大地
宮地エンジニアリング　正会員　澁谷　敦
三井E&S鉄構エンジニアリング　正会員　濱　達矢

１．はじめに

溶融亜鉛めっき高力ボルト（以下，めっきボルト）の要求値は規定等で示されているが，実際，どの程度の特性か明確でない．本報告は，橋梁で使用されるめっきボルト(F8T-M16, M20, M22, M24)の特性の調査を行った．ここでは，346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，トルク係数値および機械的性質の現状を明確にした．

表-1　めっきボルト(F8T-M22)の機械的性質等の規定値

JIS Z 2241 4号試験片				製品							
耐力 (N/mm²)	引張強度 (N/mm²)	伸び (%)	絞り (%)	引張荷重 (kN)	硬さ(HRC)			トルク係数値 (kN)	溶融亜鉛めっき付着量 (g/m², HDZ55)		
					ボルト	ナット	座金		ボルト	ナット	座金
≧640	800～1000	≧16	≧45	≧243	18～31	16～35	25～45	0.110～0.150	≧550		

２．調査概要および機械的性質等の規定値

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に加えて実験で使用したボルトを対象とした．調査項目は，耐力，引張強さ，伸び，絞り，引張荷重，硬さ、トルク係数値およびめっき付着量とした．また，耐力と引張強さから降伏比も調べた．**表-1**にF8T-M22の機械的性質等の規定値[1),2)]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（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、硬さおよびトルク係数値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・テーパー）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．

表-2　M22の機械的性質等の集計結果

項　目		最小値	最大値	平均値	標準偏差
耐力 (N/mm²)		802	888	840	17.71
引張強さ (N/mm²)		851	934	885	15.12
伸び (%)		19	25	22	0.83
絞り (%)		68	75	72	1.01
引張荷重 (kN)		258	281	267	5.79
硬さ (HRC)	ボルト	25	28	27	0.74
	ナット	25	29	27	0.81
	座金	27	40	33	2.40
トルク係数値 (kN)		0.115	0.142	0.126	0.0058
めっき付着量 (g/m², HDZ55)	ボルト	560	807	610	39.01
	ナット	566	741	627	42.77
	座金	558	758	615	34.44

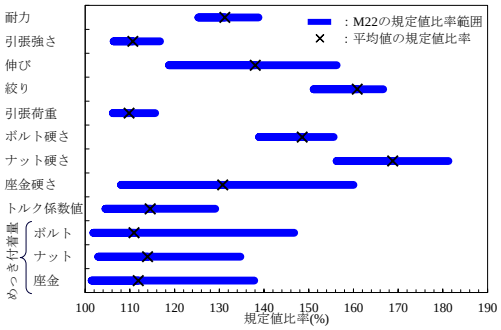

図-1　規定の下限値に対する比率の範囲

３．調査結果

代表としてF8T-M22の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M24で789N/mm²であり，規定値(640N/mm²)より149N/mm²高かった．平均値は831～842N/mm²であり，規定値比率は約130%であった．分布状態は，825～850N/mm²の分布が多く，850N/mm²を境に大小2つのピークをもつ凸型の分布であった．

(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M24で846N/mm²であり，規定値(800N/mm²)より46N/mm²高かった．平均値は879～887N/mm²であり，規定値比率は約110%と耐力の比率より小さかった．次に，分布状態は，M22はピークが突出しているものの，全体的になだらかな凸型の分布形状であった．耐力との関係（**図-5**）については，いずれの径でも，相関係数は0.9を超え高い相関関係にあった．

図-6には降伏比(耐力／引張強さ)の算出結果を頻度分布で示している．降伏比の分布はいずれも0.938～0.950に集中し，0.956～に小さなピークがあった．また，その平均値は約0.950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．伸びの分布は，平均値22%付近をピークとする尖った凸型の分布形状であった．また，平均の規定値比率は140%であった．

絞りについては，分布範囲は68～75%と狭く，平均値はいずれも72%であったが，分布形状は径により異なった．平均の規定値比率は160%であった．特に，絞りについては，最小値でも規定値の151%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規定値に対し7～15kN大きく，平均値は12～25kN大きかった(規定値比率では最小値が約105%，平均値が約110%)．この規定値比率は，(2)で示したJIS Z 2201の4号試験片で行った引張強さと概ね一致した．また，分布状態は径により全く異なる分布形状であった．

(5) 硬さ　代表してF8T-M22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は平均値近傍を

キーワード：溶融亜鉛めっき高力ボルト，F8T，トルク係数値，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

© Japan Society of Civil Engineers

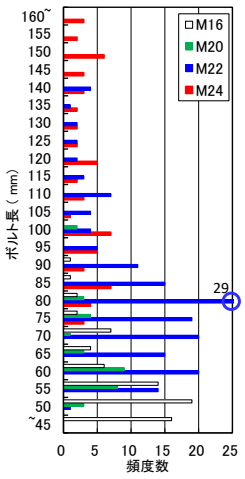

図-2 ボルト長の頻度

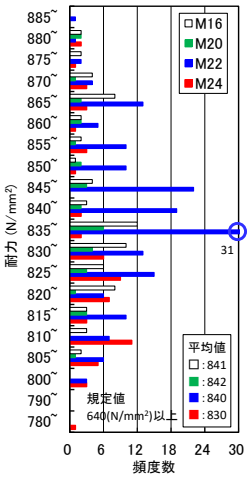

図-3 耐力の頻度

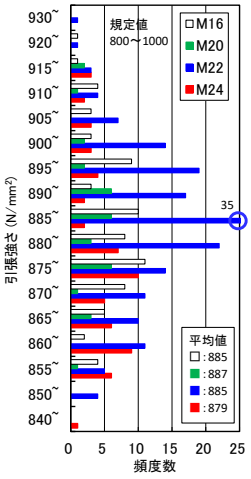

図-4 引張強さの頻度

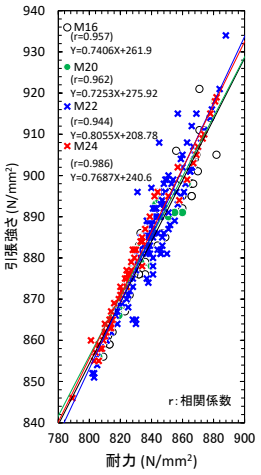

図-5 耐力と引張強さの関係

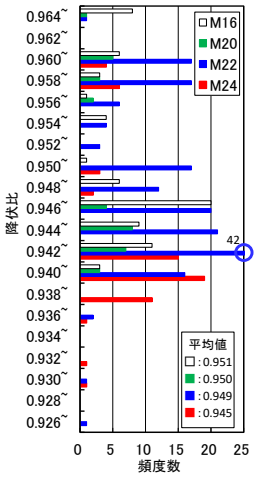

図-6 降伏比の頻度

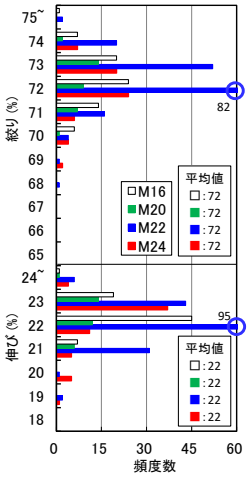

図-7 伸び･絞りの頻度

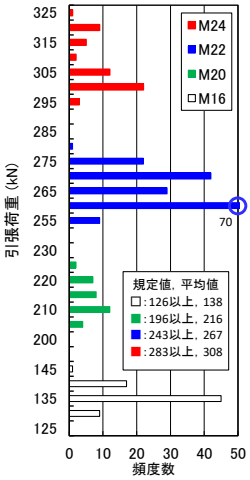

図-8 引張荷重の頻度

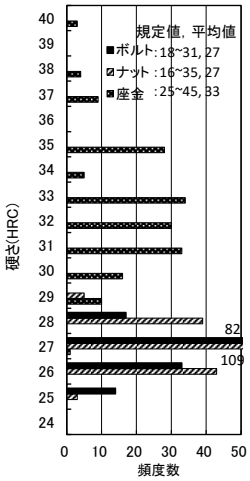

図-9 硬さの頻度

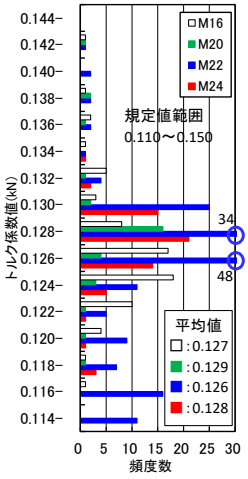

図-10 トルク係数値の頻度

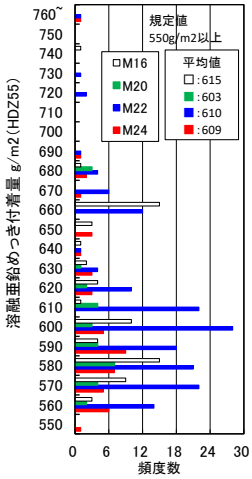

図-11 めっき付着量の頻度

ピークとする凸型の分布形状であった．各部位の平均値は，径による大きな違いはなく，ボルトおよびナットで約27HRC，座金で約32HRC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．

(6) トルク係数値　**図-10**にトルク係数値の調査結果を示す．トルク係数値の平均値は0.126～0.129kNであり，**表-1**で示す規定値(0.110～0.150kN)のほぼ中間値にあった．なお，ボルト径の差異によるトルク係数値に明確な違いは認められなかった．

(7) めっき付着量　代表してボルトの調査結果を**図-11**に示す．平均値は590～630g/m^{2}の範囲にあり，最小値は557g/m^{2}であり，規定値比率はそれぞれ110%前後，101%であった．また，分布状態は全ての径に共通して，580g/m^{2}にピークをもち，M16とM22に関しては650～680g/m^{2}にもピークをもつ分布形状であった．なお，ボルト，ナット，座金における付着量の違いはなく，また，ボルト径による違いも見られなかった．

4．まとめ

(1) 耐力において，平均値は 831～842N/mm^2，規定値比率(調査値/規定下限値)は 130%と高い耐力を有していた．
(2) 引張強さにおいて，平均値は 879～887N/mm^2，規定値比率は 110%，降伏比は平均値で 0.95 であった．
(3) 伸びの平均値は 22%，規定値比率は 140%であった．絞りの平均値は 72%，規定値比率は 160%であった．
(4) 引張荷重において，平均値は規定値比率で 110%であった．
(5) 硬さにおいて，平均値は径による違いはなくボルトおよびナットで約 27HRC，座金では約 32HRC であった．
(6) トルク係数値において，平均値で 0.13 と，一定温度下で行われた試験の結果は規定値のほぼ中間値であった．
(7) めっき付着量において，その平均値は全て 590～630g/m^2 の範囲にあった．

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り，部会員の方々から数々のご意見を頂いた．ここに記して心より感謝申し上げます．

【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.

© Japan Society of Civil Engineers