

太径ボルト (M36-175) および長尺ボルト (M22-150) のすべり耐力試験

(株)サクラダ 正会員 南 邦明
(株)サクラダ 正会員 ○堀川秀信
法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに

50mmを超える鋼板に高力ボルト摩擦接合継手を適用する場合、M22を用いれば長尺ボルトとなる。また、合理的な接合法として太径ボルトを用いることも考えられる。本研究は、50mmの鋼板を用いて太径ボルトおよび長尺ボルトのすべり耐力試験を実施し、厚板鋼板におけるボルト接合の適用性を検討した。

2. 試験体の説明

表-1, 図-1にそれぞれ試験体パラメータおよび試験体形状を示す。試験体は、使用ボルト(太径,長尺,標準)および β 値(0.8, 1.0)が異なる5タイプの試験体に対し各3体, 合わせて15体の試験体を作成した。なお, 試験体のボルト縁端距離, ボルト中心間隔などは, M22は道路橋示方書, M36では本州四国連絡橋公団基準に従い, 図-1に示すサイズとした。摩擦面の下地処理として, グリッドブラストをSa2.5で行い, その後, 厚膜型無機ジンクリッチペント(塗膜厚75 μ m)を塗布した。ボルトの締め付け作業は, 塗装後, 1週間乾燥させた後に行った。締め付けはトルク法で軸力を管理し, リラクセーションを考慮して設計値の1割増しの軸力が導入されるよう締め付けた。

3. リラクセーション試験

(1) 試験方法 計測したボルトは、M36A、M22AおよびM22Cの各6本、合計18本のボルトを計測した。計測ボルトの頭には2個の孔を明け、この孔を通してボルト1本につき2枚のひずみゲージをボルト中心に対して対称に取り付けた。計測は、ボルト締め付け直後から90日間実施した。

(2) 試験結果 計測結果を図-2に示す。これらは、ひずみゲージ2個の平均値である。ボルト残存軸力は、使用ボルトに関わらず、計測開始直後から12時間までは徐々に低減し、その後の低減値は小さかった。10日目にはほぼ安定し、それ以降90日まで変化はほとんどなかった。最終的なボルト軸力残存率は、平均値では、M36Aで86.1%、M22Aで85.7%、M22Cで81.9%となっており、ボルト径による差異はないがボルト長さの違いによる差が生じた。

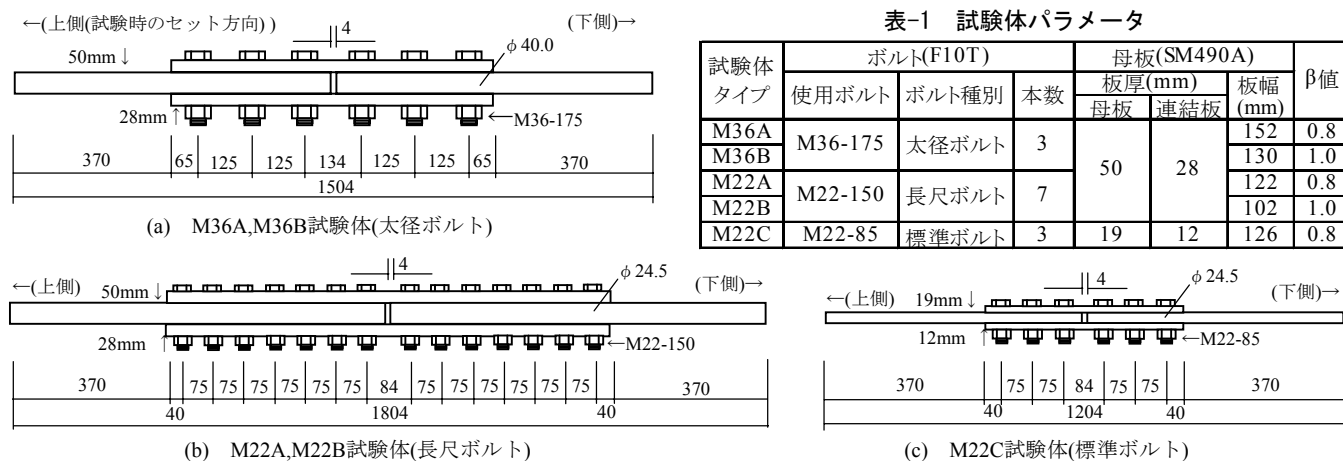


図-1 試験体形状

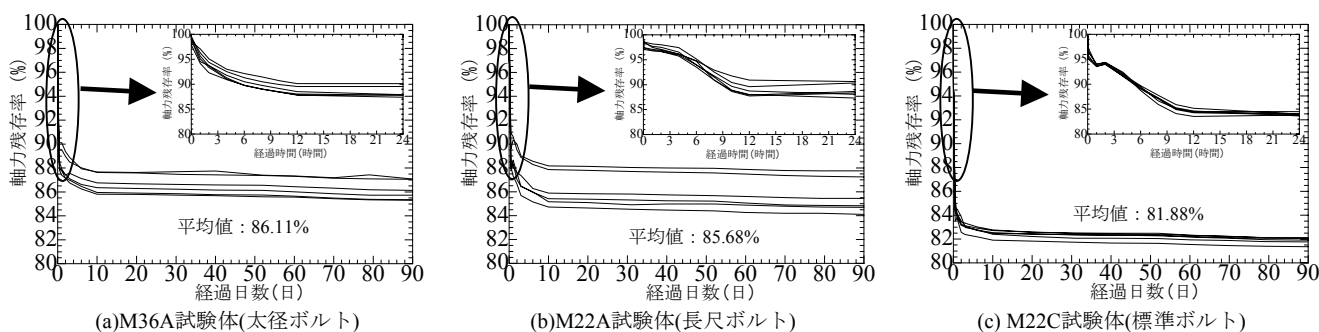
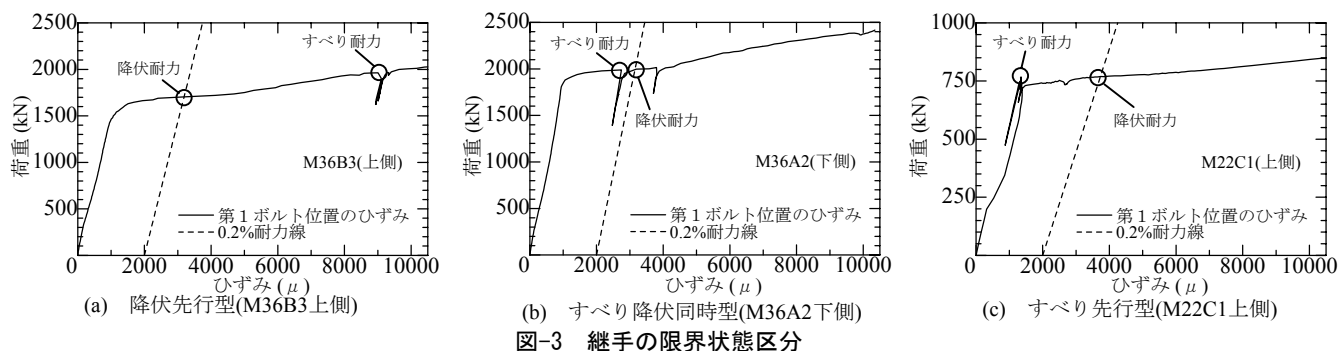


図-2 継手の限界状態区分

キーワード：太径ボルト，長尺ボルト，すべり耐力試験，リラクセーション試験

連絡先：〒272-0002 千葉県市川市二俣新町21 TEL 047-328-3148 FAX 047-328-3156



4. すべり耐力試験

(1) **試験方法** すべり耐力試験は、ボルト締め付け作業から3.5ヶ月後に実施した。試験には荷重能力4000kNの万能試験機UH-400Aを用い、試験体のすべりと全断面降伏の双方が生じるまで引張荷重を載荷した。

(2) **降伏耐力およびすべり耐力の定義** 降伏耐力は、図-3に示すように、ひずみ計測結果(端部の第1ボルト母板)における0.2%耐力線と降伏後の荷重-ひずみ曲線との交点を降伏耐力と定義した。すべり耐力は、継手部がすべった時に大きな音が発生し、荷重が急激に下がり開口変位が大きくなったときとした。

(3) **限界状態区分** 継手の限界状態区分は3段階に区分した。図-3(a)に示すように、降伏耐力(0.2%耐力点)がすべり耐力よりも早く発生した場合を降伏先行型継手とした。すべりが生じた時は、鋼材は降伏域に入っているが、降伏耐力の前にすべり耐力となった場合をすべり降伏同時型継手と呼ぶこととした(図-3(b))。すべり耐力に至ったときには母板は弾性域であり、一度荷重とひずみはともに減少し、その後母板が降伏する。このような継手をすべり先行型継手とした(図-3(c))。

(4) **すべり係数算出条件** すべり係数(μ)の算出にあたり、ボルト軸力(N_d)は、締め付け時でのボルト軸力の割り増しやりラクセーションによるボルト軸力低下は考慮せず、設計ボルト軸力の基準値を用いて計算することとした。

(5) **試験結果** すべり耐力試験の集計結果を表-2に示す。試験体計画時、 β 値はM36A1,M22A1,M22C1試験体で0.8、M36B1, M22B試験体では1.0として設計したが、実験結果においては、前者で0.98~1.15, 後方で1.12~1.23となった。これは、計画時でのすべり係数は0.4で行ったが、実験でのすべり係数が0.6程度と非常に高かったことで、 β 値も想定していた以上に高くなった。この影響もあって各試験体の限界状態区分としては、すべり先行型継手はM22C1のみで、すべり降伏同時型継手はM36A1(下側),M36A2,M22C2,M22C3(下側)であり、その他の試験体では、降伏先行型継手となった。本試験体ではリラクセーションによるボルト残存軸力の低下値が大きかったが、その影響もなく十分なすべり耐力が得られた。これは、塗膜の凝着効果が生じていたからと考えられる。本試験体の中ですべり係数が全体的に小さかったM36B,M22B(β 値の大きい降伏先行型継手)でも0.56~0.59であり、その他の試験体では0.60を超える結果となった。すなわち、従来から言われているように、 β 値が大きければすべり係数が小さくなる結果となった。すべり先行型、すべり降伏同時型および降伏先行型継手が混在したM36A,M22A,M22C試験体(設計上での β 値が同じ)を比較すると、すべり係数は太径ボルトM36Aでは標準ボルトM22Cより若干高かった。長尺ボルトM22Aではさらに高く、約0.057が高かった。一般に、多列ボルトではすべり耐力は低下すると言われているが、ここではその影響は生じなかった。

5. まとめ

リラクセーションによるボルト軸力の低下は、標準ボルト(M22C)より太径ボルトや長尺ボルトの方が小さかった。すべり耐力は、標準ボルトと比較して、太径ボルトおよび長尺ボルトともに違いはなく、むしろ若干大きかった。以上のことから判断すると、厚板鋼板において太径ボルトや長尺ボルトを適用しても強度上問題は無いものと考えられる。なお、本研究は鋼橋技術研究会施工部会の活動の一環として行ったものである。

表-2 すべり耐力試験結果

試験体	降伏耐力 P_y (kN)	すべり耐力 P_s (kN)	限界状態 区分	すべり/降伏 耐力比(β)		すべり係数(μ)	
				箇々	平均	箇々	平均
M36A1	上側 2042.9 下側 2042.5	2049.3 2035.7	○ △	1.003 0.997	1.019	0.619 0.615	0.626
M36A2	上側 2016.1 下側 1992.1	2015.8 1988.6	△ △	1.000 0.998		0.609 0.601	
M36A3	上側 2048.2 下側 2048.8	2177.9 2151.9	○ ○	1.063 1.050		0.658 0.650	
M36B1	上側 1679.0 下側 1656.2	1916.5 1960.9	○ ○	1.141 1.184	1.150	0.579 0.593	0.583
M36B2	上側 1667.5 下側 1702.9	1902.9 1938.6	○ ○	1.141 1.138		0.575 0.586	
M36B3	上側 1703.3 下側 1663.2	1963.3 1897.8	○ ○	1.153 1.141		0.593 0.574	
M22A1	上側 1705.8 下側 1668.5	1817.8 1857.3	○ ○	1.066 1.113	1.118	0.635 0.649	0.660
M22A2	上側 1700.7 下側 1683.6	1956.6 1885.0	○ ○	1.150 1.120		0.683 0.658	
M22A3	上側 1694.1 下側 1685.8	1920.4 1899.5	○ ○	1.134 1.127		0.671 0.663	
M22B1	上側 1351.1 下側 1369.7	1661.9 1660.4	○ ○	1.230 1.121	1.186	0.580 0.580	0.569
M22B2	上側 1351.5 下側 1367.0	1602.9 1649.2	○ ○	1.186 1.206		0.560 0.576	
M22B3	上側 1422.7 下側 1387.3	1610.3 1596.7	○ ○	1.132 1.151		0.562 0.558	
M22C1	上側 769.48 下側 729.54	755.0 767.6	□ □	0.981 1.052	0.999	0.615 0.626	0.603
M22C2	上側 734.93 下側 722.65	733.3 709.0	△ △	0.998 0.981		0.598 0.578	
M22C3	上側 751.77 下側 737.93	752.2 725.7	△ △	1.001 0.983		0.613 0.591	

限界状態 ○：降伏先行型 △：すべり降伏同時型 □：すべり先行型