

母板に拡大孔・長孔を有する高力ボルト摩擦接合継手に関する実験的検討

(株)三井 E&S 鉄構エンジニアリング ○濱 達矢

法政大学 正会員 内田 大介 フェロー 森 猛 非会員 加藤 宏隆

1. はじめに

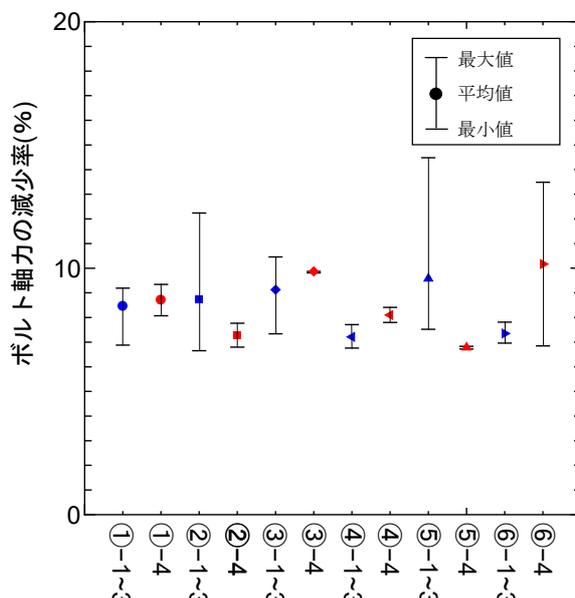
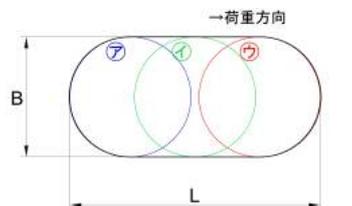
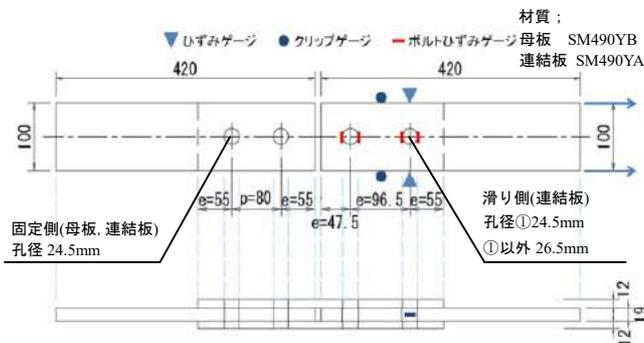
高力ボルト摩擦接合継手では、組み立て時の施工誤差や部材の変形により連結板と母板のボルト孔を合わせることが困難な場合がある。このため道路橋示方書では呼び径+4.5mm までの拡大孔を許容しているが、それでも接合が困難な場合もあり、より大きな拡大孔や長孔の採用が望まれている。拡大孔については連結板と母板の双方を呼び径+6.5mm までとした継手のすべり耐力試験がこれまでも実施されている。呼び径+6.5mm を超える場合はM22 のボルトセットの寸法を考えると現実的ではなく、母板のみを拡大孔として対応することが考えられる。長孔については文献 1) で体系的な検討が行われているが、摩擦面の処理が昨今の鋼橋で一般的な厚膜型無機ジンクリッチペイント（以下、無機ジンク）ではなく、接触圧に影響を及ぼす孔ずれについて考慮されていない。本研究では、母板のみに拡大孔あるいは長孔を有する継手のすべり耐力試験を行い、標準孔を用いた場合とのすべり係数の相違を明らかにすることを目的とする。

2. 試験体

高力ボルトには F10T-M22 を用い、試験体の材質・板厚は、文献 2) に示される標準試験片に準拠した。継手試験体の形状・寸法を図-1 に、ボルト孔の諸元を表-1 に示す。長孔については、図-2 に示すように、ボルトの締付け位置を変えた 3 種類の試験体を用意した。摩擦面はブラスト処理後、道路橋示方書に示された条件で無機ジンクを塗布している。ボルトの締付けはボルトのリラクセーションを考慮してボルト軸力が設計ボルト軸力の 1 割増しである 226kN、固定側のボルト軸力は 2 割増である 246kN になることを目標に行った。なお、予備締め、本締めは軸力のキャリブレーションを行った電動ナットランナーで行った。

3. ボルト軸力のリラクセーション

ボルト軸力のリラクセーションを調べる目的で試験体組立てからすべり耐力試験開始時までの間、すべり側の 2 本のボルトについて、ボルト軸ひずみの変化を計測した。計測期間は試験体番号の末尾が 1~3 は 12 日間、4 は 96 日間である。図-3 は各試験体におけるボルト軸力の減少率を計測期間毎に示したものである。軸力はキーワード 高力ボルト摩擦接合継手、拡大孔、長孔、すべり係数



軸ひずみに比例するため減少率は同じである。ボルト軸力の減少率とは軸力導入直後の軸ひずみに対する計測終了時の軸ひずみの比を算出し、1 からその値を差し引きしたものの百分率である。ボルトの軸力の減少率を試験体ごとに最小値、最大値、平均値をプロットしている。各試験体の減少率は7~10%程度であり、③試験体(ボルト孔 32.5mm)で9~10%と高い減少率が生じている。①・②・③・⑤試験体では計測期間による減少率の違いは差はないが、④・⑥試験体(長孔端部)では96 日間で減少率が大きい。

4. すべり耐力試験

すべり耐力試験は 1000kN の万能試験機を用い、すべりが生じるまでは载荷速度 2kN/秒を目標に行った。すべりが生じたときの荷重 P_s は試験中に、大きな音が発生し荷重が急激に下がった時のピーク荷重とした。すべり係数 μ の算出には、ボルトの軸部にひずみゲージを貼付して求めたすべり耐力試験開始直前の軸力 N と摩擦面の数 m 、片側のボルト本数 n を用いて以下の式から求めた。

$$\mu = \frac{P_s}{m \cdot n \cdot N}$$

表-1 にすべり耐力試験で求めた各試験体のすべり係数を示す。ボルト軸力は試験体外側のボルト(Bolt2)の測定値としている。基本とする①試験体のすべり係数と比較すると、②・③試験体(拡大孔)では2~6%低くなっている。④~⑥試験体(長孔)ではボルト位置が長孔端部で約 10%低くなり、長孔中心では約 3%低下している。これは長孔の端部で締付ける場合接触面積が小さくなるのが原因であると考えられる。なお、多くの試験体で試験開始直前のボルト軸力は設計ボルト軸力(205kN)以下となっている。これは、無機ジンクはリラクセーションが大きい値となる場合があること³⁾、ボルトの軸力導入をトルク管理により行った際のばらつきによるものと考えられる。ボルト軸力を設計ボルト軸力と仮定して求めたすべり係数を表中「ボルト軸力(公称値)」に示す。すべり係数の低下は拡大孔で4~7%、長孔で11~15%となっている。

表-1 すべり耐力試験結果

試験体名称	母板・孔径(mm) B×L	ボルト 締付け 位置	すべり 荷重 (kN)	ボルト軸力(計測値)			ボルト軸力(公称値)			
				ボルト 軸力 (kN)	すべり係数 μ		ボルト 軸力 (kN)	すべり係数 μ		低減係数
					試験結果	平均		平均	試験結果	
①-1	24.5×24.5		460	196	0.59	205	0.56	0.56	1.00	
①-2			469	201	0.58		0.57			
①-3			465	204	0.57		0.57			
①-4			429	193	0.56		0.52			
②-1	28.5×28.5		440	206	0.53	205	0.54	0.53	0.96	
②-2			447	177	0.63		0.55			
②-3			422	199	0.53		0.51			
②-4			436	198	0.55		0.53			
③-1	32.5×32.5		403	193	0.52	205	0.49	0.52	0.93	
③-2			433	191	0.57		0.53			
③-3			417	193	0.54		0.51			
③-4			444	207	0.54		0.54			
④-1	26.5×55	㊦	378	194	0.49	205	0.46	0.48	0.86	
④-2			386	184	0.52		0.47			
④-3			402	206	0.49		0.49			
④-4			396	179	0.55		0.48			
⑤-1	26.5×55	㊦	394	171	0.58	205	0.48	0.47	0.85	
⑤-2			393	152	0.64		0.48			
⑤-3			377	181	0.52		0.46			
⑤-4			382	199	0.48		0.47			
⑥-1	26.5×55	㊦	407	197	0.52	205	0.50	0.50	0.89	
⑥-2			410	196	0.52		0.50			
⑥-3			400	199	0.50		0.49			
⑥-4			411	195	0.53		0.50			

参考文献：1)土木学会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案)，2006 2)田中淳夫，増田浩志，脇山廣三，辻岡静雄，平井敬二，立山英二：過大孔・スロット孔を有する高力ボルト摩擦接合部の力学性状，鋼構造論文集，Vol5，No.20，日本鋼構造協会，pp.25-44，1998。 3)南 邦明：厚膜型無機ジンクリッチペイントを施した高力ボルト継手における導入軸力の影響の考察，土木学会論文集 A1，Vol. 74，No. 1，pp. 58-63，2018。