

母板と連結板で接触面仕様が異なる高力ボルト継手の適用性に関する追加検討

横浜国立大学 学生会員 ○和 暢
横浜国立大学 正会員 田村 洋
鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
法政大学 正会員 内田 大介
駒井ハルテック 正会員 吉岡 夏樹
長大 正会員 茂呂 充
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

高力ボルト摩擦接合継手において、母板と連結板で接触面仕様が異なるタイプの異種接合面継手（以下、単に異種接合面継手、図 1）が適用できれば、橋りょうの補修工事等の効率化が期待できる。既往の研究では、母板を連結板と同様の無機ジンク（無機ジンクリッチペイント）の代わりに、縦回転式（縦回転式動力工具による接触面仕上げ）、有機ジンク、赤さび（さび促進剤による発せい）といった現場施工性の高い仕様とした異種接合面継手の適用性が検討されている¹⁾。本研究では、補修工事等の効率化をもたらし得る他の異種接合面継手の適用性を検討した。

2. 試験体とその製作状況

試験体の形状と寸法を図 2 に示す。母板と連結板には SM490Y、高力ボルトには F10T（M22）を使用し、試験体降伏に対して主すべりの発生が先行するよう設計した。試験体は、異種接合面継手 3 種類に、比較のため接触面仕様が同一の継手 4 種類を加えた合計 7 種類（表 1）とし、各種類 3 体ずつを試験に供した。異種接合面継手試験体の母板は、ブラスト、グラインダー、赤さび（自）とした。ブラストはグリットブラスト、グラインダーはディスクグラインダーとダブルアクションサンダーの併用、赤さび（自）は沿岸部での屋外曝露により自然環境下で発せいさせた接触面である。ボルトの締付けはトルク法によって行い、導入ボルト軸力は設計ボルト軸力（205kN）に対して 1 割増しを目標とした。

3. ボルト軸力推移とすべり係数

各試験体におけるボルト軸力推移とすべり係数を把握するためリラクセーション試験とすべり耐力試験を行った。

リラクセーション試験は試験体すべり側の No. 1, No. 2 ボルトを対象とし、ひずみゲージで検知される軸部のひずみによって導入ボルト軸力とその推移を測定した。試験結果として、表 2 に締付けから約 30 秒後のボルト軸力（以下、導入軸力）と、それに対する 28 日後の残存軸力の比率（以下、軸力残存率）を示す。異種接合面継手の軸力残存率は、ブラストやグラインダー、赤さび（自）のみの試験体を下回る傾向はあったが無機ジンクのみの試験体以上の値であった。すべり耐力試験はリラクセーション試験の後に行った。ボルトの軸力測定はすべり試験当日まで継続し、最終値を試験直前の残存ボルト軸力とした。载荷には载荷能力 2000kN の万能試験機を用いた。2kN/s 程度の速度で引張荷重を増加させ、サンプリング・レート 100Hz の荷重計測により

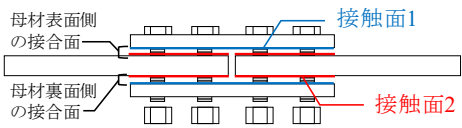


図 1 対象とした異種接合面継手

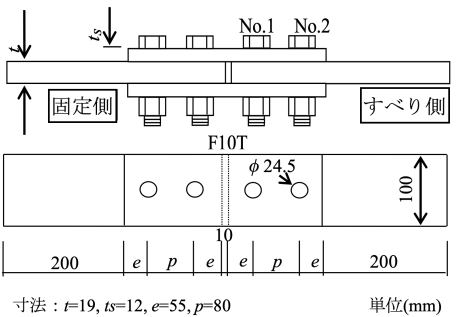


図 2 試験体の形状と寸法

表 1 試験体と接触面

試験体	接触面		
	項目	母板	連結板
C-b-1	仕様	ブラスト	無機ジンク
C-b-2	表面粗さ (Ra)	15.3	5.91
C-b-3	塗膜厚またはさび厚	-	61.8
C-g-1	仕様	グラインダー	無機ジンク
C-g-2	表面粗さ (Ra)	4.98	5.48
C-g-3	塗膜厚またはさび厚	-	63.6
C-n-1	仕様	赤さび (自)	無機ジンク
C-n-2	表面粗さ (Ra)	5.72	6.19
C-n-3	塗膜厚またはさび厚	55.6	60.4
H-b-1	仕様	ブラスト	
H-b-2	表面粗さ (Ra)	15.9	
H-b-3	塗膜厚またはさび厚	-	
H-g-1	仕様	グラインダー	
H-g-2	表面粗さ (Ra)	4.99	
H-g-3	塗膜厚またはさび厚	-	
H-i-1	仕様	無機ジンク	
H-i-2	表面粗さ (Ra)	5.91	
H-i-3	塗膜厚またはさび厚	52.9	
H-n-1	仕様	赤さび (自)	
H-n-2	表面粗さ (Ra)	8.20	
H-n-3	塗膜厚またはさび厚	57.6	

表面粗さ、塗膜厚、さび厚はいずれもボルト孔周りの平均値[μm]

すべり耐力を測定した。試験結果を表3に示す。同表に示される通り、異種接合面継手のすべり係数 (μ_2 : ボルト軸力 = 試験直前の残存軸力) は、ブラストまたは赤さび (白) を含む異種接合面継手においては 0.50 以上であった。グラインダーを含む場合は本試験では 0.30 程度に過ぎなかった。

4. 異種接合面継手の適用性

図3では、0.50 以上の平均すべり係数が得られた異種接合面継手のすべり係数と、それと同じ接触面仕様で施工された非異種の試験体におけるすべり係数 (以下、基準すべり係数) を、文献²⁾⁴⁾の結果と併せて示している。

赤さび (白) を含む異種接合面継手のすべり係数の平均値は、基準すべり係数 1, 2 の平均値より低い値を示している。本試験で得られたすべり係数はすべて 0.50 以上であり、適用可能性は高いと考えられるが、異種接合面継手で十分なすべり係数を確保できる条件を明らかにすべきと考えられる。

設計すべり係数が 0.40 とされるブラストの基準すべり係数とブラストを含む異種接合面継手のすべり係数を平均値はほぼ等しい。また、異種接合面継手のすべり係数はすべて 0.59 以上であることから設計すべり係数を 0.40 程度として適用可能と考えられる。文献 4)では異種接合面継手で 0.41 という低めのすべり係数が得られているが、本研究の結果と比べるとこれは基準すべり係数 1 (ブラスト) が低かったためといえる。

5. おわりに

リラクセーション試験とすべり耐力試験より、ブラストを含む異種接合面継手に関して 0.40 程度の設計すべり係数の下での適用性が確認された。赤さび (白) やグラインダーを含む異種接合面継手では、今後さらにデータを蓄積し十分なすべり係数を確保できる条件を明らかにすべきと考えられる。本研究は鋼橋技術研究会「高力ボルト継手施工部会 (部会長: 南 邦明)」の活動の一環で実施されたものである。ここに記して各位に謝意を表します。

参考文献

1) 茂呂充ほか, 母板と連結板で接触面仕様が異なる高力ボルト継手の適用性, 土木学会第 74 回年次学術講演会, I-423, 2019.

2) 丹波寛夫ほか, 無機ジンクリッチペイント面とそれと異なる接合面処理された高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力試験, 構造工学論文集, Vol. 58A, pp. 803-813, 2012.

3) 丹波寛夫ほか, 接合面が鋼材粗面と無機ジンクリッチペイント面の高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数の提案, 土木学会論文集 A1, Vol. 70, No. 1, pp. 137-149, 2014.

4) 橋本国太郎ほか, 経年無塗装耐候性鋼材を用いた異種接合面を有する高力ボルト接合面継手のすべり係数に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 60A, pp. 632-641, 2014.

表 2 リラクセーション試験の結果

試験体	導入軸力[kN]		28日後の軸力残存率[%]		
	No. 1ボルト	No. 2ボルト	No. 1ボルト	No. 2ボルト	3体平均
C-b-1	220	220	90.7%	89.6%	88.5%
C-b-2	222	217	88.5%	88.9%	
C-b-3	221	220	83.4%	90.1%	
C-g-1	226	212	91.5%	×	90.7%
C-g-2	220	222	88.4%	92.6%	
C-g-3	223	218	90.6%	×	
C-n-1	221	215	90.6%	87.0%	89.5%
C-n-2	219	213	90.2%	90.0%	
C-n-3	220	220	88.3%	90.8%	
H-b-1	223	227	×	94.1%	93.5%
H-b-2	225	229	94.2%	93.9%	
H-b-3	217	224	93.2%	92.1%	
H-g-1	226	234	96.3%	93.1%	95.4%
H-g-2	229	223	96.3%	×	
H-g-3	225	226	×	96.1%	
H-i-1	223	222	90.3%	91.6%	88.6%
H-i-2	222	221	×	93.0%	
H-i-3	217	217	86.8%	81.2%	
H-n-1	245	227	×	×	94.7%
H-n-2	222	234	93.8%	×	
H-n-3	236	217	95.8%	94.5%	

×は計測上の不具合につき評価できなかった値であることを示す

表 3 すべり耐力試験の結果

試験体	すべり耐力[kN]	すべり係数 μ_2	
		試験体ごと	3体平均
C-b-1	468	0.59	0.61
C-b-2	464	0.60	
C-b-3	483	0.64	
C-g-1	291	0.36	0.31
C-g-2	225	0.29	
C-g-3	234	0.29	
C-n-1	419	0.55	0.54
C-n-2	408	0.53	
C-n-3	422	0.54	
H-b-1	500	×	0.62
H-b-2	486	0.57	
H-b-3	532	0.66	
H-g-1	272	0.32	0.34
H-g-2	418	0.48	
H-g-3	202	0.23	
H-i-1	440	0.55	0.62
H-i-2	475	×	
H-i-3	494	0.69	
H-n-1	598	×	0.71
H-n-2	599	×	
H-n-3	628	0.71	

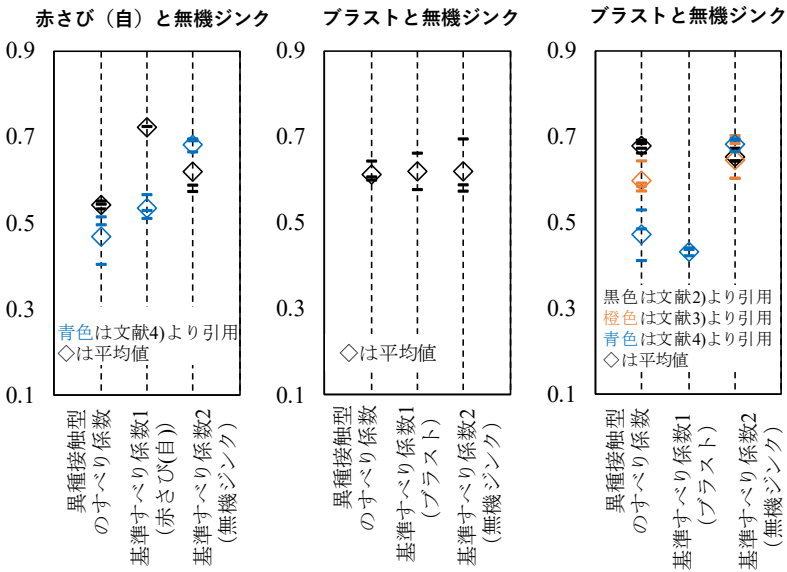


図 3 すべり係数 μ_2 の比較