

異種接合面処理を有する摩擦接合継手のすべり耐力試験

大阪市立大学大学院
(財) 阪神高速道路管理技術センター
阪神高速道路 (株)

学生員○木村 聡
正会員 丹波 寛夫
正会員 閑上 直浩

大阪市立大学大学院	正会員	山口	隆司
大阪市立大学大学院	正会員	松村	政秀
阪神高速道路（株）	正会員	杉山	裕樹

1. 研究背景および目的

近年、補修・補強や耐震補強、機能向上を目的とした構造変更など既設部材の取換えや新設部材の追加設置が進められており、その接合には高力ボルト摩擦接合が用いられることが多い。高力ボルト摩擦接合では、設計で想定するすべり耐力を得るため所定のすべり係数の確保が重要となる。

本研究では、既設部材に対する現場施工の制約条件を考慮し、簡便で安定的に所定のすべり係数を確保できる接合面処理の組み合わせを検討することを目的とし、補修・補強工事で採用される可能性の高い接合面処理の組み合わせを対象にすべり試験を実施した。また、片側から締付け可能なワンサイドボルトを用いたすべり試験も実施した。

2. 供試体

供試体の形状および寸法を図-1, 表-1 にそれぞれ示す. 供試体は, 設計上のすべり/降伏耐力比 β がおよそ 0.65 となるように設定した¹⁾. なお, β の算出には, すべり係数を 0.4 と仮定している.

供試体の内訳を表-2に示す。表-2に示すように、供試体は使用ボルト、塗料メーカー、乾燥日数をパラメータとしている。type8を除くすべての供試体に対して連結板は新設部材を想定し、ブラスト処理の後に無機ジンクリッチペイント(以下、無機ジンクという)を塗布した。母板は既設部材を想定し、動力工具による2種ケレンを行ったものをtype1、type1の使用ボルトをワンサイドボルトとしたものをtype2とした。type3は2種ケレンの上に有機ジンクリッチペイント(以下、有機ジンクという)を塗布した。また、新設工事との比較のために母板、連結板ともに無機ジンクを塗布したtype4,5および1種ケレンと無機ジンクの組合せのtype6も製作した。なお、type1~3の2種ケレンは黒皮からの処理が困難であったため、ブラスト処理し無機ジンクを塗布した後、その上からディスクサンダーにより表面処理し2種ケレンとした。

さらに、グリッドブラストと同程度の素地調整が可能とされるハンディータイプの動力工具であるブリストルブラスターを使用したものを **type7** とし、その上に無機ジンクを塗布したものを **type8** とした。

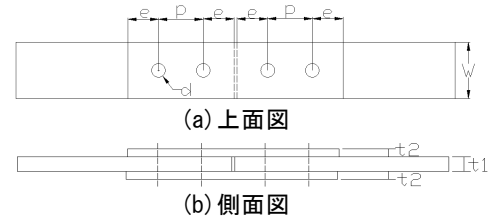


図-1 供試体形状

表-1 供試体寸法

供試体 シリーズ	使用 ボルト	呼び径 (mm)	孔径 d (mm)	縁距離 e (mm)	ボルトピッチ p (mm)	使用鋼材	板厚 (mm)		板幅 W (mm)	設計ボルト 軸力 (kN)	すべり耐力比 β ($\mu = 0.4$)
							母板 t1	連結板 t2			
S ₁	HB	22	24.5	55	80	SS400	28	16	100	205	0.66
	OB	24	26.0	60	90	SS400	25	12	100	177	0.65
S ₂	HB	22	24.5	55	80	SM490	22	12	100	205	0.63

表-2 供試体の内訳

type	母板	連結板	使用 ボルト	塗膜 条件	供試体数	
					供試体 シリーズ	
					S ₁	S ₂
1	2種ケレン(動力工具) 有機ジンクリッチペイント 75 μm 素地: 2種ケレン(動力工具) 無機ジンクリッチペイント 75 μm 素地: 1種ケレン(ブラスト処理) 1種ケレン(ブラスト処理) 動力工具(プリストルブラスター) 素地: 黒皮 無機ジンクリッチペイント 75 μm 素地: プリストルブラスター	無機ジンクリッチペイント 75 μm 素地: 1種ケレン(ブラスト処理)	HB	A	5	—
2			OB	A	3	—
3			HB	A	5	—
4			HB	A	3	—
5			HB	B	—	1
6			HB	A	5	—
7			HB	A	2	—
8			HB	B	—	2

記号	使用ボルト	塗膜 条件	塗料 メーカー	乾燥日数(日)
HB	高力ボルト	A	A	10
OB	ワンサイドボルト	R	R	20

3. 試験方法

3.1 ボルトの締付け

高力ボルトはトルクレンチを用いて人力で締付けを行った。すべり側は、ボルト軸部の2箇所に対称に貼り付けたひずみゲージの値を監視し、キャリブレーションより得られた軸力-ひずみ関係をもとに、設計ボルト軸力の1割増しである226kNを目標として導入した。固定側は、すべり側と同様の方法で設計ボルト軸力の2割増しである246kNを目標として導入した。ワンサイドボルトは専用のトルクレンチを用いて締め付けた。

3.2 すべり試験

ボルト軸力のリラクセーションを考慮し，締付け完了から 24 時間後にすべり試験を行った．すべり試験に

キーワード 高力ボルト，摩擦接合，異種接合面処理，すべり係数，ワンサイドボルト

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野
TEL&FAX 06-6605-2765

は、載荷能力 1,000kN の万能試験機を用い、供試体の伸び、ボルト位置における母板と連結板の相対変位および母板間の相対変位、ボルト軸力を計測した。

4. 試験結果と考察

試験結果のまとめを表-3 および図-2 に示す。ワンサイドボルトはひずみゲージによる軸力管理を行っていないため、リラクセーションの値は同じ接合面処理である type1 の値を参考値として用いた。すべり係数の算出には式(1)を用いた。なお、ボルト軸力にはリラクセーションを考慮し、試験直前のボルト軸力を使用した。

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 μ ：すべり係数 P ：すべり荷重
 m ：接合面の数(=2) n ：ボルト本数(=2)
 N ：ボルト軸力

表-5 および図-2 からわかるように有機ジンク+無機ジンクの組み合わせ以外は道路橋示方書で示されるすべり係数の基準値である 0.4²⁾ を満足した。

既設部材に対してディスクサンダーのみの接合面処理を想定した 2 種ケレン+無機ジンクの場合のすべり係数は 0.53 であった。ワンサイドボルトについては、高力ボルトの場合と同じ 2 種ケレン+無機ジンクの組み合わせに対し、すべり係数は 0.47 であり、同じ接合面処理の組み合わせである高力六角ボルトの場合に比べて低い 0.4 以上を確保できている。

1 種ケレン+無機ジンクおよび無機ジンク+無機ジンクの場合、すべり係数は 0.6 以上と高く、かつ変動係数が小さい安定したすべり係数を得た。

ブリストルブラスター+無機ジンクの場合のすべり係数は 2 種ケレン+無機ジンクと 1 種ケレン+無機ジンクの場合の中間の値である 0.57 となった。変動係数については両者の差異は少ない。ブリストルブラスター+無機ジンクの場合、0.64 と高いすべり係数を得た。

同一の塗料メーカーで母板、連結板ともに塗装した type3~5 と連結板のみに塗装した type1,6 のリラクセーションを比較すると、type3~5 の方が大きくなっており、接合面の合計膜厚が大きいほどリラクセーションの値が大きくなっていることを確認した。

5. 結論

異種接合面処理を有する摩擦接合継手に対してすべり試験を行った。得られた結果を以下にまとめる。

- 1) すべり係数の平均値は 2 種ケレン+無機ジンクで

表-3 試験結果のまとめ

type	設計 ボルト軸力 kN	導入 ボルト軸力 kN	試験前 ボルト軸力 kN	リラクセーション (24時間後)		表面粗さ Rz μm	すべり荷重		すべり係数	
				減少率%	平均%		kN	μ1	平均	変動 係数
1-1	205	221.7	212.2	4.3	4.3	32.7	456.1	0.54	0.53	0.034
1-2		223.8	214.9	4.0		31.8	466.1	0.54		
1-3		228.1	217.9	4.5		31.5	471.6	0.54		
1-4		234.5	223.9	4.5		39.5	478.9	0.53		
1-5		222.2	212.4	4.4		34.3	419.6	0.49		
2-1	177	208	199.1	4.3	(4.3)	34.2	356.8	0.45	0.47	0.037
2-2		208	199.1	4.3		33.1	390.4	0.49		
2-3		208	199.1	4.3		36.9	370.9	0.47		
3-1	205	223.5	211.7	5.3	5.4	—	294.6	0.35	0.36	0.036
3-2		226.7	215.4	5.0		—	323.6	0.38		
3-3		225.1	212.2	5.7		—	314.6	0.37		
3-4		221.6	209.1	5.6		—	290.7	0.35		
3-5		224.5	212.4	5.4		—	319.4	0.38		
4-1		221.5	208.6	5.8	5.4	—	537.3	0.64	0.65	0.022
4-2		222.8	212.1	4.8		—	568.9	0.67		
4-3		223.5	210.9	5.7		—	538.0	0.64		
5-1		228.9	220.5	3.7	3.7	—	556.0	0.63	0.63	—
6-1		223.4	213.1	4.6		71.2	583.0	0.68		
6-2		225.6	215.7	4.4	4.3	69.9	575.8	0.67	0.68	0.016
6-3		223.5	214.8	3.9		71.5	591.3	0.69		
6-4		220.1	211.8	3.8		67.0	561.2	0.66		
6-5		226.0	215.2	4.8	4.0	71.2	593.0	0.69	0.57	0.040
7-1		222.7	214.2	3.8		37.8	504.4	0.59		
7-2		224.2	214.6	4.3		38.1	466.3	0.54		
8-1		230.6	221.0	4.2	3.8	—	558.7	0.63	0.64	0.006
8-2		229.1	221.3	3.4		—	566.4	0.64		

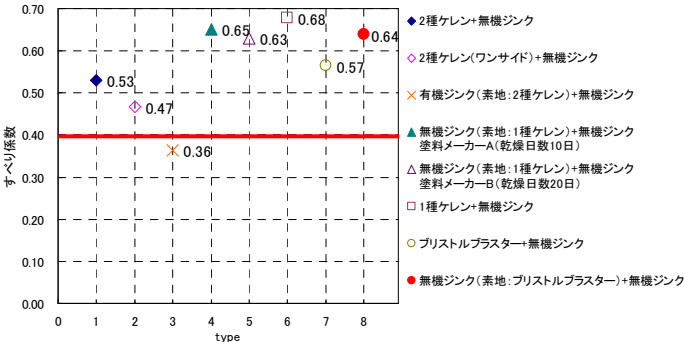


図-2 すべり係数の平均値の比較

- 0.53, 1 種ケレン+無機ジンクで 0.66 であり、既設部材に対するケレンの程度が低いとすべり係数が小さくなり、ばらつきが大きくなる。また、有機ジンク+無機ジンクの場合はすべり係数 0.4 を得ることができなかった。
- 2) 高力ボルトをワンサイドボルトとしてもすべり係数の顕著な低下は見られず、すべり係数 0.4 以上を確保できる。
- 3) ディスクサンダーに代わる新しい動力工具であるブリストルブラスターは、2 種ケレン以上の素地調整が可能であり、すべり係数 0.4 以上を確保できる。
- 4) 今後供試体数を増やし、データの蓄積をはかるとともに、これらに基づいた異種接合面処理におけるすべり係数決定のメカニズムを解明し、定量的な評価法を提示する必要がある。

謝辞
本試験を実施するにあたり、ご協力頂いた(株)ロブテックスファスニングシステムの川邊氏、藤井氏、藤永氏、関西ペイント(株)の中野氏、ゴトー電機(株)の後藤氏、辻氏に深謝の意を表します。

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), 2006.12
2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 2002.3
3) JIS B0601：2001 製品の幾何特性仕様 (GPS)―表面性状：輪郭曲線方式―用語、定義及び表面性状パラメータ