

無機ジンクリッチペイント面と鋼材粗面の異種接合面による高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力試験

横河住金ブリッジ(研究当時大阪市立大学大学院) 正会員 ○木村 聡 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 阪神高速道路技術センター 正会員 丹波 寛夫 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀

1. 研究背景および目的

補修・補強工事の現場において、新たに設置する鋼部材の既設部材との接合面については、製作工場から現場への運搬期間における防錆対策等を考慮して、無機ジンクリッチペイント(以下、無機ジンク)面とすることが多い。その一方で、既設の鋼部材側の接合面の処理については、狭隘な施工空間での素地調整となることや、近隣住居などへの騒音等の問題から、ブラスト処理が困難な場合が多く、動力工具による粗面処理のみで終わっていることが多い。このような無機ジンク面とそれと異なる接合面処理の組合せにおけるすべり係数のデータは十分に蓄積されているとは言えない。

本研究では、補修・補強工事において、既設部材側にブラスト処理が困難な場合を想定し、無機ジンク面と2種ケレン面の組合せを対象にすべり耐力試験を実施し、無機ジンクの膜厚と2種ケレン面の表面粗さがすべり係数に与える影響の検討を行った。

2. 試験体

試験体の形状および寸法を図-1、表-1にそれぞれ示す。試験体は、設計上のすべり/降伏耐力比 β がおおよそ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。

試験ケースの内訳を表-2に示す。母板は、既設部材を想定し、現場での加工を再現するものとして動力工具を用いた2種ケレンとし、ケレンの程度を変化させることで鋼材粗面の表面粗さをパラメータとした。動力工具にはディスクサンダーとバフを使用した。ケレン作業は、実際に鋼橋の補修・補強を施工している作業員に依頼した。Case-A~Dは、ケレン前が無機ジンク面または有機ジンクリッチペイント面の試験体を使用し、仕上げの程度をそれぞれ指定し、表面粗さが小さい領域でばらつくことを目標とした。Case-E~Gは、無機ジンクの膜厚の影響を検討することを目的に、ケレン前がブラスト面である試験体を使用し、仕上げの程度を少し弱めとして指定し、表面粗さが比較的大きな値でほぼ一定となることを目標とした。

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

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

連結板は、新設部材を想定し、工場での加工としてブラスト処理の後に無機ジンクを塗布し、無機ジンクの塗装膜厚をパラメータとした。阪神高速道路(株)の土木工事共通仕様書では、連結板の接合面における無機ジンクの標準膜厚を75 μm としている²⁾。また、平成24年に改訂された道路橋示方書・同解説ではすべり係数0.45を確保できる条件の一つとして、接触面片面あたりの無機ジンクの最小乾燥膜厚を50 μm 以上としており³⁾、改訂前ではすべり係数0.4の条件を最小膜厚30 μm 以上としている⁴⁾。これらを考慮し、無機ジンクの目標膜厚は30, 50, 75, 100 μm とした。

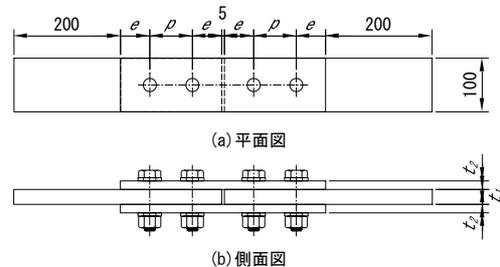


図-1 試験体形状(単位:mm)

表-1 試験体寸法

使用ボルト	呼び径 (mm)	孔径 (mm)	縁端距離 e (mm)	ボルト間隔 p (mm)	使用 鋼材	板厚(mm)		すべり耐力比 $\beta(\mu=0.4)$
						母板 t_1	連結板 t_2	
高力六角ボルト	22	24.5	55	80	SS400	28	16	0.66

表-2 試験ケースの内訳

Case	母板		連結板 無機ジンク 目標膜厚(μm)	試験 体数
	動力工具	仕上げの程度		
A	ディスクサンダー	通常	75	3
B		少し弱め		3
C		弱め		2
D	バフ	しっかりめ	75	3
E	ディスクサンダー	少し弱め (素地:ブラスト)	30	1
F			50	3
G			100	3
H	無機ジンク(目標膜厚75 μm)		75	2

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。すべり側のボルト軸力は、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、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。

表-3 試験結果

Case	母板の表面粗さ(μm)			連結板膜厚(μm)	軸力減衰率(%)	すべり荷重(kN)	すべり係数*	
	Ra	Rz	Rz _{JIS}					
A	1	1.56	13.43	8.00	77.6	4.8	244.4	0.281
	2	1.50	10.96	7.18	73.5	4.3	265.3	0.304
	3	0.97	6.31	4.53	73.1	4.3	237.5	0.273
B	1	2.98	20.98	13.83	74.6	4.9	238.3	0.271
	2	2.21	16.38	10.08	72.8	4.4	237.9	0.275
	3	2.07	17.36	10.45	70.9	3.3	211.7	0.242
C	1	3.93	25.84	17.08	74.8	4.2	273.6	0.315
	2	2.97	19.56	14.17	71.1	4.6	251.3	0.290
D	1	3.21	19.68	12.86	73.3	4.4	186.3	0.215
	2	3.21	20.70	13.24	72.4	3.8	162.4	0.187
	3	3.59	19.86	13.03	70.9	3.4	168.0	0.192
E	1	9.33	51.16	35.06	35.7	3.4	326.9	0.370
	2	9.41	50.78	36.18	44.8	3.8	391.4	0.444
F	1	9.05	50.31	37.48	44.0	4.4	223.6	0.258
	2	9.39	53.18	37.10	45.6	4.5	364.7	0.420
	3	8.48	54.46	35.44	94.5	5.7	447.3	0.512
G	1	9.20	53.68	36.48	95.6	5.4	464.6	0.541
	2	9.01	54.86	37.01	93.6	5.1	344.2	0.400
	3	—	—	—	72.9	5.4	509.6	0.597
H	1	—	—	—	71.9	5.7	509.1	0.597
	2	—	—	—	—	—	—	—

*:μは試験前ボルト軸力により算出した。

3.2 すべり耐力試験

すべり耐力試験は、載荷能力 1,000kN の万能試験機を用いて行った。なお、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 時間後に試験を行った。載荷荷重、ボルト位置における母板と連結板の相対変位、固定側とすべり側の母板間の開口部の相対変位ならびにすべり側のボルト軸力を計測した。

4. 試験結果と考察

試験結果を表-3 に示す。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：試験前のボルト軸力

通常のディスクサンダーの Case-A ではすべり係数 0.27~0.3 であり、すべり係数 0.4 を下回る結果となった。Case-B, C においてもすべり係数は 0.3 前後であり、0.4 を満たしていない。また、動力工具にバフを使用した Case-D では、すべり係数 0.19~0.22 であり、非常に低いすべり係数となった。表面粗さが大きい Case-E では、すべり係数 0.37、Case-F では F-2 を除くと 0.42~0.44、Case-G では 0.4~0.54 であり、表面粗さが小さい Case-A ~D よりもすべり係数は大きくなる傾向が確認できる。また、Case-F の中で F-2 のみがすべり係数が小さいのは、Case-F の無機ジンク膜厚が 45μm 程度と比較的小さく、すべり係数がばらつきやすいためと予想される。

すべり係数と十点平均粗さとの関係を図-2 に示す。なお、同図には、本研究と同様に、母板が鋼材粗面、連結板が無機ジンク面の組合せとして著者らが行った実

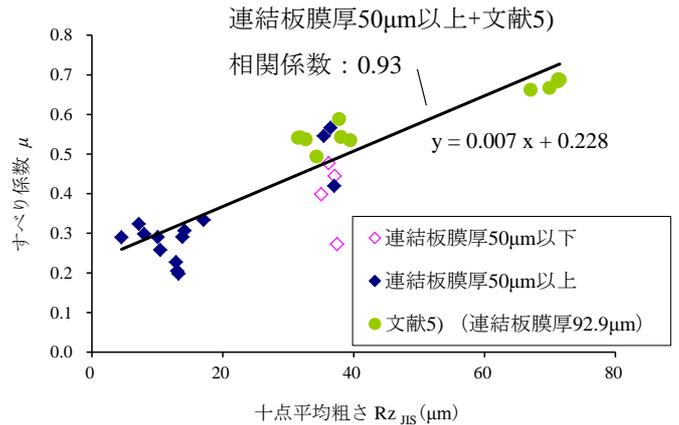


図-2 すべり係数と十点平均粗さとの関係

験結果(文献 5)) を併せて示す。また、同図には、本試験の連結板膜厚 50μm 以上のケースと文献 5) の結果に対する近似直線を示している。この近似直線の相関係数は 0.93 であり、すべり係数と十点平均粗さには高い相関が確認できる。

これは、ケレン面と無機ジンク面との組合せの場合、ケレン面の粗面の凹凸が、比較的軟らかい無機ジンク面とかみ合い、表面粗さが大きい方が粗面の凹凸が無機ジンク面に引っかかりやすくなるため、すべり係数が大きくなるものと推察される。

5. 結論

無機ジンク面と 2 種ケレン面の組合せを対象にすべり耐力試験を実施した。得られた結果を以下にまとめる。

- 1) ディスクサンダーによる通常の 2 種ケレン仕上げと無機ジンクとの組合せでは、すべり係数は 0.27~0.30 であり、すべり係数 0.4 を下回った。
- 2) ケレン面と無機ジンク面との組合せの場合、すべり係数と表面粗さに高い相関があることがわかった。

なお、動力工具により得られる表面粗さは、ばらつきが大きいと考えられるため、今後試験体数を増やし、データの蓄積をはかる必要がある。

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) 阪神高速道路株式会社：土木工事共通仕様書, 2009.2.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 2012.3.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 2002.3.
- 5) 丹波寛夫, 木村聡, 杉山裕樹, 山口隆司：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がな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.