

腐食鋼材粗面と無機ジンクリッチペイント塗装を施した高力ボルト摩擦接合部のすべり係数

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○坂田 鷹起 正会員 木村 元哉
 大阪市立大学大学院 学生員 戸田 健介 正会員 山口 隆司

1. はじめに

腐食した鋼橋の補修・補強工事の現場において、写真-1のように既設部材（以下：母板）と接合する鋼材（以下：接合板）は防錆対策として無機ジンクリッチペイント（以下：無機ジンク）を使用することがあるが、母板の接合面は、動力工具による簡易なケレンのみのことが多い。既往の研究¹⁾では、ケレン後の母板の表面粗さとすべり係数に高い相関があることが報告されているが、実環境で腐食した鋼材接合面の表面粗さは大きく、既往の研究と異なった結果になることが考えられる。

本稿では、腐食鋼橋の補修時の継手部を想定し、大気暴露により腐食させた試験体を用いて、無機ジンク面とのすべり係数について調査を行った。

2. 試験体

2.1 試験体概要

試験体の寸法を図-1に示す。すべり側に用いる試験片についてはすべり/降伏耐力比 β が 0.70 になるように設定した。固定側については先行してすべりが生じないように、3本のボルトで締結している。

2.2 暴露環境

すべり側の母板は、厳しい腐食環境の日本海沿岸の暴露試験場に約3年暴露したものをを使用した。飛来塩分量は 3.83mdd（ガーゼ法による）で試験片の設置は接触面が均等に腐食するよう鉛直に設置した。

2.3 試験ケース

試験ケースを表-1に示す。ケレンにはカップワイヤーブラシを用い、ケレン作業は実際に鋼橋の補修を施工している作業者に依頼し、実作業でのケレン程度を再現した。ケレン後そのまま接合するケース（Case-A）と、不陸整正として金属粉配合エポキシ樹脂（以降、金属パテ）を用いたケース（Case-B）、ブラストした新規部材（Case-C）の3ケースを実施した。金属パテの物性値を表-2に示す。

2.4 測定項目

ケレン後の表面粗さ、接合板の塗膜厚の測定は、すべり挙動に影響を与えると考えられるボルト孔周辺で行った。ケレン後のボルト孔付近の表面状況を写真-2に示すが、腐食による表面の凹凸が大きく、凹凸内にさびが残存している状態であった。

3. 試験方法

高力ボルトの締付け時の軸力管理は、ボルト軸部に対称に貼り付けたひずみゲージの値により管理した。すべり側は設計ボルト軸力の1割増しである 226kN を、固定側は2割増しの 246kN を目標として導入した。Case-Bについては、文献³⁾を参考に樹脂充填後すぐに締付けを行った。

キーワード 摩擦接合, 腐食鋼材, 無機ジンクリッチペイント, すべり係数,

連絡先 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-4-20 JR 西日本 構造技術室 TEL 06-6305-6958



写真-1 腐食鋼橋の補修の例

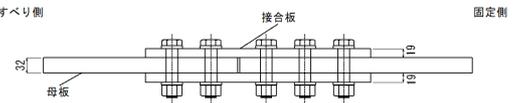
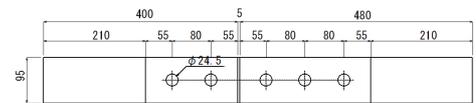


図-1 試験体形状

表-1 試験ケース

Case	母板		接合板	試験体数
	ケレン方法	金属パテ	無機ジンク膜厚 (μm)	
A	暴露材	カップワイヤーブラシ	無	3
B	暴露材	カップワイヤーブラシ	有	3
C	新材	ブラスト	無	3

表-2 金属パテの物性値

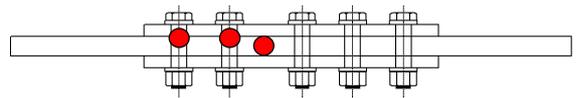
主成分	主剤	硬化剤
	鉄粉配合 エポキシ樹脂	変性ポリアミド アミン
可使時間	60分	
引張せん断 接着強さ (25°C × 24h)	14.2N/mm ²	
引張強さ	47N/mm ²	
圧縮強さ	217N/mm ²	
硬化収縮率	0.41%	



写真-2 ケレン後のボルト孔付近

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1週間以降に試験を行った。

すべり試験には載荷能力1,000kNの万能試験機を用い、計測位置は、固定側とすべり側の母材間の相対変位、すべり側のボルト位置における母材と接合板の相対変位を測定した(図-2)。



● : クリップ型変位計設置位置

図-2 相対変位計測位置

表-3 試験結果一覧

Case	母板の表面粗さ(μm)			無機ジンク膜厚(μm)	軸力減少率(%)	すべり荷重(kN)	すべり係数				
	算術平均粗さ Ra	最大高さ粗さ Rz	十点平均粗さ Rzjis				μ	平均	標準偏差	変動係数	
A	1	8.01	62.60	40.07	74.7	4.8	317.3	0.39	0.40	0.010	0.026
	2	7.10	54.25	36.15	79.6	7.4	322.0	0.39			
	3	6.46	50.49	32.83	65.4	6.3	337.0	0.41			
B	1	7.82	63.02	41.31	78.0	11.7	473.6	0.58	0.64	0.049	0.078
	2	7.92	74.66	43.67	67.8	11.8	520.0	0.63			
	3	8.84	69.94	44.58	79.4	6.7	572.9	0.70			
C	1	4.73	43.79	35.81	78.1	9.1	507.3	0.62	0.63	0.017	0.027
	2	4.85	42.92	35.47	78.4	10.2	503.9	0.61			
	3	5.21	46.59	38.06	84.7	10.6	534.5	0.65			

4. 試験結果と考察

試験結果を表-3に示す。軸力減少率、すべり係数は、表-4を用いて算出した。

4.1 軸力減少率

図-3に軸力減少率と無機ジンク膜厚の関係を示す。Case-B,Cの軸力減少率が大きい傾向にあり、およそ10%程度であった。既往の研究¹⁾どおり、Case-A, Cについては無機ジンク膜厚が大きくなると軸力減少率が大きくなる傾向が確認できる。Case-Bについては、無機ジンク膜厚との関係が見られないことから、軸力の減少は金属パテ厚によるクリープが影響していると思われる。

4.2 すべり係数

すべり係数と十点平均粗さ Rzjis との関係を図-4に示す。参考として、既往の文献の値を併せて示す。Case-Aは、表面粗さが比較的大きいが、すべり係数が0.40以下であり、既往の研究より小さい傾向にあった。この要因として腐食凹凸面に残存したさびや接合面に残っていた固着したさび層の影響ではないかと推察される。金属パテを用いたCase-Bおよびブラスト材を用いたCase-Cについては、ともにすべり係数が0.40以上確保でき、0.60以上の高いすべり係数が確保できた。Case-Cは安定して高いすべり係数が得られたのに対し、Case-Bはばらつきが大きい。この要因として、金属パテの塗布量が影響していると考えられる。

5. まとめ

- 1) 実環境で腐食した鋼材は、腐食凹凸により表面粗さが大きくなる傾向がある。ケレンのみの場合のすべり係数は0.40以下であった。
- 2) 軸力減少率は、Case-Aでは6%、金属パテ、ブラスト材を使用したCase-B, Cでおよそ10%程度であった。
- 3) 既往の研究と比較すると、同程度の表面粗さであっても、腐食鋼材の場合は、すべり係数が小さくなる傾向がある。

参考文献

- 1) 丹波他：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.1. 70, No. 1, 137-149, 2014
- 2) 丹波他：無機ジンクリッチ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
- 3) 梅本他：樹脂充填継手のすべり挙動，土木学会第60回年次学術講演会，I-492, 2005. 9

表-4 軸力減少率とすべり係数の算出式

軸力減少率	$(N_1 - N_2) / N_1$ ……式(1)
すべり係数 μ	$\mu = P / (n \cdot m \cdot N_2)$ ……式(2)

N1：導入軸力，N2：試験前軸力
P：すべり荷重，n：ボルト本数(2)，m：接合面数(2)

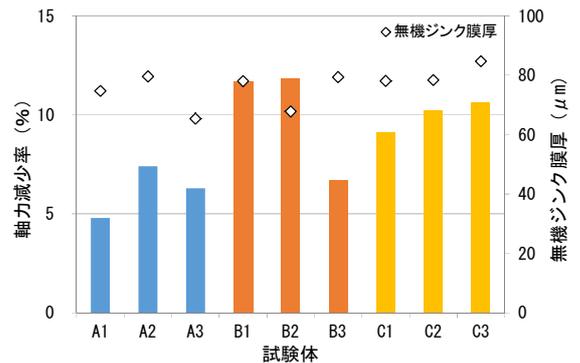


図-3 軸力減少率と無機ジンク膜厚の関係

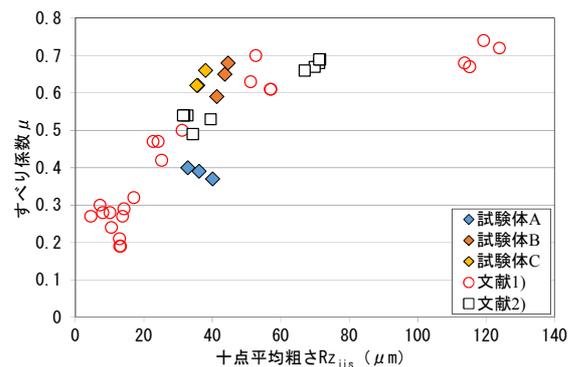


図-4 すべり係数と十点平均粗さ(Rzjis)の関係