高力ボルト摩擦接合継手のすべり試験における無機ジンクリッチペイントの屋外暴露の影響

大日本塗料株式会社　正会員　○桑原 幹雄
大日本塗料株式会社　正会員　尾田　光
株式会社釧路製作所　武田　敦

1．はじめに

鋼道路橋の高力ボルト継手部は、工場保管中や架設中の発錆防止のため、工場で無機ジンクリッチペイントが塗装されており、その後、現場塗装までの塗装間隔は 1 年以内とされている [1)]。しかし、道路建設では、用地買収が計画通りに進まないことや、申請協議の遅れ、他に自然災害発生などにより、工事が数年にわたり一時中止されることがある。工場塗装から現場塗装までの期間が 1 年以上になる場合は、シート養生などで無機ジンクリッチペイント塗膜を保護することが示されているが [1)]、暴風雨などの悪天候や、養生テープの劣化により、シート養生が剥がれてしまい、屋外大気環境に長期間にわたり晒されてしまうこともある。

高力ボルト継手部の摩擦接合に関し、屋外暴露した無機ジンクリッチペイントがすべり試験に与える影響について、いくつかの報告があるが、暴露期間として 6 ヶ月や 12 ヶ月が多く、それよりも長期での試験結果は確認できなかった [2)]。

今回、無機ジンクリッチペイントの 36 ヶ月の長期間にわたる屋外暴露を実施し、すべり試験における影響を未暴露品と比較検討したので報告する。

2．実験

2.1　試験体

（1）試験体の寸法および形状

鋼材の材質は、母材および連結板ともに SM490A を使用し、高力ボルトは S10T-M22 を用いた。

試験体の寸法を表 1、形状を図 1 に示す。

表 1　試験体寸法

孔径 d	中板厚 t1	側板厚 t2	板幅 W	端あき e	ピッチ P
24.5mm	22mm	12mm	95mm	55mm	80mm

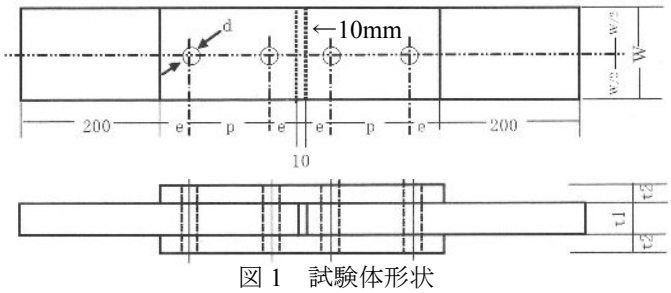


図 1　試験体形状

（2）試験体の種類

試験体の内訳を表 2 に示す。塗装前にブラスト処理を実施した。処理品質は、除錆度 ISO Sa2 1/2、表面粗さ（Rz JIS）63μm である。

塗料は、鋼道路橋塗装用塗料標準（2014）の無機ジンクリッチペイントを用いた。本塗料は、JIS K 5553 厚膜形ジンクリッチペイント 1 種に該当する。

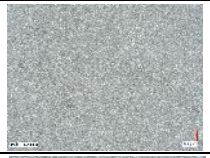
表 2　試験体の内訳

記号	母材処理	連結板処理	暴露有無	試験体数
	（平均塗装膜厚）			
A	無機ジンクリッチペイント（86μm）		無	3
B	無機ジンクリッチペイント（77μm）		有（垂直）	2
C	無機ジンクリッチペイント（84μm）		有（水平）	2

2.2　屋外暴露

無機ジンクリッチペイントを塗装した試験体を静岡県御前崎市で暴露した。暴露地の離岸距離は 0.6km であり、飛来塩分量は 1mdd（JIS Z 2382）である。部材は水平と垂直に設置した。暴露 3 年後の表面状態（キーエンス製 VHX-5000）と表面粗さ（ミツトヨ製 SJ-301）を表 3 に示した。暴露により亜鉛の腐食物質（白さび）が生成し、垂直よりも水平の上面で多く確認された。暴露後に表面粗さが減少した理由は、腐食物質が凹部にも生成し、平滑面になったと考えられる。

表 3　屋外暴露後の塗膜状態

記号	暴露方向	表面状態（×200 倍）	表面粗さ（Rz JIS）
A	未暴露（比較用）		41.2μm
B	垂直暴露		12.9μm（側面観察）
C	水平暴露		14.0μm（上面観察）

キーワード　無機ジンクリッチペイント，鋼道路橋，高力ボルト摩擦接合継手，すべり試験
連絡先　〒144-0052　東京都大田区蒲田 5-13-23　大日本塗料株式会社　TEL 03-5710-4502

© Japan Society of Civil Engineers

2.3 すべり試験

（1）試験体の組立

水平暴露の試験体は、暴露面により亜鉛腐食物質の生成量に差が見られ、上面で多く確認され、下面は垂直暴露と同程度の外観であった。すべり試験体の組立では、連結板は全て上面が摩擦面になるようにした。

（2）ボルト軸力

すべり側の高力ボルトの軸部には、ワイヤーストレインゲージを貼り付け、締付けの軸力を計測した。なお、固定側は、通常のトルシア形高力ボルトとした。

（3）試験方法

すべり試験は、日鉄ボルテン（株）所有の油圧式一軸試験機（島津製作所製／能力 1000kN）を用いた。なお、ボルト軸力のリラクセーションを考慮して、締付け完了後、92 時間経過後に試験した。

3．結果と考察

3.1 軸力減少率

表 4 に軸力減少率を示している。これは、初期導入ボルト軸力に対する載荷前（92 時間後）のボルト軸力の減少量の割合であり、式(1)により算出している。

軸力減少率は、未暴露試験体で約 10%、暴露試験体で約 5%であった。無機ジンクリッチペイントの塗膜は、塗料の性質上、多孔質であるため、軸力減少率が大きくなる傾向がある。

一方、暴露試験体は、塗膜内部に侵入した水分で亜鉛の腐食物質が生成し、空隙が充填されて緻密な状態になったため、軸力減少率が小さくなったと考えられる。

$$\text{軸力減少率}(\%)=\frac{\text{初期導入ボルト軸力(kN)}-\text{載荷前ボルト軸力(kN)}}{\text{初期導入ボルト軸力(kN)}}\times 100 \quad (1)$$

3.2 すべり係数

表 4 にすべり係数を示している。表中のすべり荷重は、すべり側の値である。これは、ボルト軸力を計測しているすべり側で、すべり挙動を正確に評価するためである。すべり係数は、式(2)により算出した。

暴露有りのすべり係数は、暴露無しと比較して、若干下がっているが、道路橋示方書で規定された 0.45 を十分に確保している。すべり係数が下がった理由は、塗膜表面に生成した亜鉛腐食物質が関係していると考えられ、これが滑沢剤的な役割を果たしたのではないかと推測される。

$$\mu=\frac{P}{m\cdot n\cdot N} \quad (2)$$

ここで、 μ：すべり係数　P：すべり荷重

m：接合面数　　n：ボルト本数　　N：ボルト軸力

3.3 すべり面の観察

すべり試験終了後、試験体を解体してすべり面の観察を行った結果を写真 1 および 2 に示している。暴露無しと垂直暴露は、すべりに伴う亜鉛の金属光沢が高力ボルト孔周辺に見られている。一方、水平暴露は、亜鉛の腐食生成物の影響により、亜鉛の金属光沢は見られなかった。

4．まとめ

3 年間の屋外暴露後の無機ジンクリッチペイントに関し、すべり係数に与える影響を調査した結果、道路橋示方書で規定された 0.45 を十分に確保できることが分かった。但し、さらに長期の暴露により、亜鉛腐食物質が大量に生成した場合には、すべり係数の確保は困難になると考えられる。

【参考文献】

1)日本道路協会：鋼道路橋防食便覧，2014 年

2)篠原洋司，西川和廣，田中良樹：無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手すべり耐力実験と塗装仕様案，土木技術資料 29-1，pp.37-42，1987 年

表 4　試験結果一覧

記号	暴露有無	区分		ボルト張力(kN) 本締め直後	初期導入軸力	載荷前(92時間後)	載荷前導入軸力	減少率(%) 個別値	平均値	すべり荷重(P)kN	すべり係数(μ) 個別値	平均値
A	無し	1	ε	2987		2666		—		576	0.634	0.602
			N kN	227		203		10.6				
		2	ε	—		—		—		536	0.580	
			N kN	231		—		—				
		3	ε	—		—		—		547	0.592	
			N kN	231		—		—				
B	有り（垂直）	1	ε	2934	231	2782	220	4.8	4.8	514	0.556	0.526
			N kN	232		220						
			ε	2907		2762						
			N kN	230		219						
		2	ε	2886	234	2747	223	4.7		484	0.517	
			N kN	229		218						
			ε	3017		2881						
			N kN	238		228						
C	有り（水平）	1	ε	2872	226	2754	215	4.9		473	0.523	
			N kN	228		218						
			ε	2819		2667						
			N kN	223		211						
		2	ε	2929	231	2774	220	4.8		470	0.509	
			N kN	232		220						
			ε	2899		2763						
			N kN	230		219						

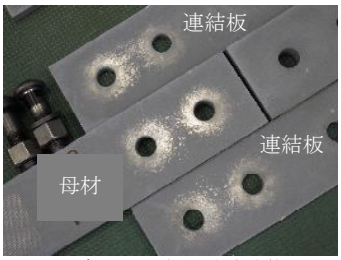


写真 1　垂直暴露試験体

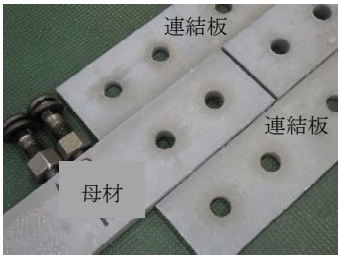


写真 2　水平暴露試験体

© Japan Society of Civil Engineers