

大阪市立大学工学部 学生員 黒野 佳秀 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 阪神高速道路(株) 正会員 金治 英貞 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 小坂 崇 三菱重工鉄構エンジニアリング(株) 正会員 山根 茂春

1. 研究背景および目的

鋼橋の部材連結に用いられる高力ボルト摩擦接合継手では、すべり耐力の向上により継手部の高力ボルト本数の低減が可能となり、構造や施工の合理化が可能となる。すべり耐力はボルト軸力と接合面のすべり係数の積をもとに算出されることから、すべり耐力の向上にはすべり係数の向上が重要である。鋼橋における一般的な接合面処理には、防錆上の観点から無機ジंकクリッチペイント(以下、無機ジंकという)が塗布されることが多く、その膜厚が 65 μm 以上の場合すべり係数は 0.45 以上であるとされている。一方、新たな接合面処理として、金属溶射法があり、表面が硬く粗くなることから高いすべり係数が期待できる¹⁾。しかし、金属溶射の施工には手間がかかるため、連結板と母板の両方に金属溶射を施すのではなく、連結板側の接合面には金属溶射を、母板側の接合面には無機ジंकを塗装すれば、施工性の改善とすべり耐力の向上に繋がります。摩擦接合継手の一層の合理化が期待できる。このような継手の研究事例はないことから、本研究では、片面に金属溶射を用いた摩擦接合継手のすべり挙動とリラクゼーション挙動を実験的に明らかにしている。

2. すべり試験およびリラクゼーション試験

2.1 すべり試験

すべり試験は、土木学会の高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工維持管理指針(案)²⁾に示されている標準すべり試験に従って実施した。連結板側の接合面は、既往の研究により高いすべり係数が得られた、溶射材料を Al-Mg、膜厚を 150 μm 、溶射方法をアーク法とする金属溶射を施す。本実験では溶射施工業者と母板に塗布する無機ジंक膜厚をパラメータとし、表-1 に示す計 22 体の供試体を用意した。図-1 に溶射および塗装箇所を示す。すべり係数 μ を算出するため、すべり荷重とボルト軸力を計測した。ボルト軸力はボルト軸平行部に 2 枚のひずみゲージを貼り、そのひずみ出力をキャリブレーション結果に基づき算出している。載荷

実験終了後、接合面の観察を行った。

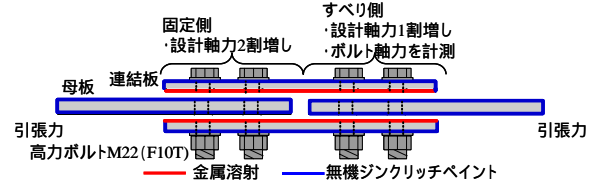


図-1 溶射および塗装箇所

表-1 供試体(すべり試験)

供試体名	連結板			母板			供試体数
	目標膜厚(μm)	実測値(μm)	溶射業者	目標膜厚(μm)	実測値(μm)	塗料メーカー	
A-75a	150	183	A	75	81	a	2
A-75b		157	A	75	65	b	3
B-30b		138	B	30	34	b	3
B-75a		219	B	75	122	a	5
B-75b		144	B	75	63	b	3
B-100b		171	B	100	99	b	3
C-75b		168	C	75	53	b	3

供試体名
 A-75a (A: 溶射業者 75: 無機ジंक膜厚(μm) a: 塗料メーカー)

2.2 リラクゼーション試験

表-2 に示すように、母板と連結板の接合面処理膜厚、および溶射方法をパラメータとした計 15 体の実験供試体を用意した。締め付け軸力は、M22(F10T)の設計軸力 205kN の 10% 増しである 226kN とし、締め付け完了後から軸力の測定を行う。計測期間は 1 年間を予定している。

表-2 供試体(リラクゼーション試験)

供試体名	連結板			母板		
	防錆	膜厚(μm)	溶射方法	防錆	膜厚(μm)	溶射方法
A	無機ジंक	75		無機ジंक	75	
A-b	ブラスト			ブラスト		
B-50		50		無機ジंक	75	
B-150				ブラスト		
B-150-b	Al-Mg溶射	150	ガスフレーム	Al-Mg溶射	150	ガスフレーム
B-150-c				無機ジंक	75	
B-300		300		無機ジंक	75	
C-150	Al-Mg溶射	150	アーク	無機ジंक	75	
C-300		300		無機ジंक	75	
D-150	Zn-Al溶射	150	ガスフレーム	無機ジंक	75	
D-300		300		無機ジंक	75	
E-150				無機ジंक	75	
E-150-b	Zn-Al溶射	150	アーク	ブラスト		
E-150-c				Zn-Al溶射	150	アーク
E-300		300		無機ジंक	75	

3. 試験結果

3.1 すべり試験

図-2 にすべり係数の算出結果を示す。すべり係数は試験前軸力を用いて算出した μ_1 と、シリーズごとのすべり係数の平均値も示した。図-3 にはすべり係数と金属溶射および無機ジंक膜厚(実測)の関係を示す。さらに、図-4 に B-30b と B-100b のすべり後の接合面の観察結果を示す。

図-2 より、連結板に金属溶射を用いることですべり

係数は0.5以上となり、最も高いもので0.67となった。片面の無機ジंक膜厚が100 μm であるB-100bではすべり係数は0.61となった。無機ジंक膜厚が75 μm の溶射施工業者が異なるものでは、施工業者A(A-75b)と施工業者B(B-75b)に比べ、施工業者C(C-75b)では20%以上高いすべり係数が得られた。

図-3(a)より、すべり係数は溶射膜厚に依存せずおよそ0.50~0.60の範囲にある。図-3(b)より、施工業者CのC-75bを除けば、無機ジंक膜厚が60 μm までは、膜厚が大きくなるほどすべり係数が大きくなる傾向にあるが、膜厚が60 μm 以上かつ100 μm 以下では、すべり係数がほぼ一定となり、膜厚が100 μm 以上では、すべり係数は低下する傾向にある。

図-4より、無機ジंकが金属溶射側に付着しており、すべり発生時の破壊は、無機ジंक層内で生じていると考えられる。また、無機ジंक膜厚が大きいほど、すべり後の溶射面に無機ジंकの付着が顕著である。

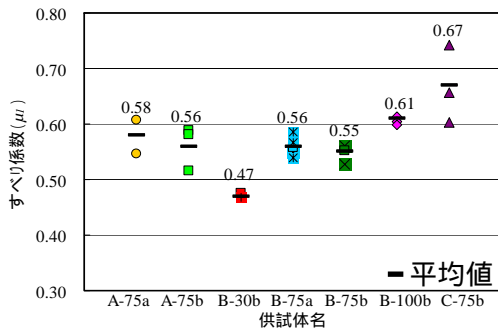
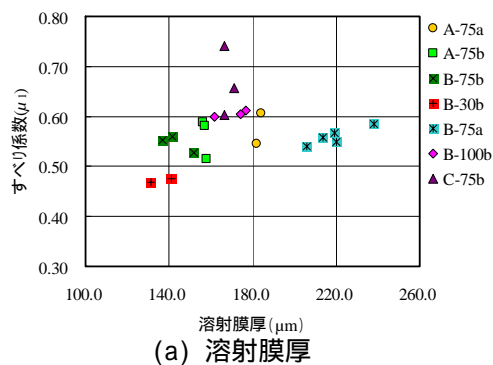
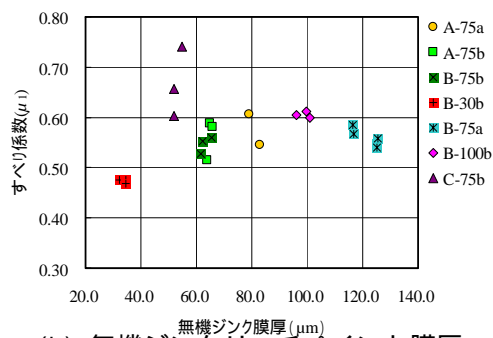


図-2 すべり係数(試験前軸力)の比較



(a) 溶射膜厚



(b) 無機ジंकリッチペイント膜厚
図-3 すべり係数と膜厚の関係



(a) B-30b(膜厚 30 μm) (b) B-100b(膜厚 100 μm)
図-4 すべり後の接合面

3.2 リラクゼーション試験

図-5に締付け9ヶ月後のボルト軸力減衰率を示す。溶射材料 Al-Mg は、軸力減衰率は溶射膜厚に依存せず10%以下となる。一方、溶射材料 Zn-Al は、軸力減衰率は溶射膜厚が大きくなるほど高くなる傾向にあり、10%以上となる。

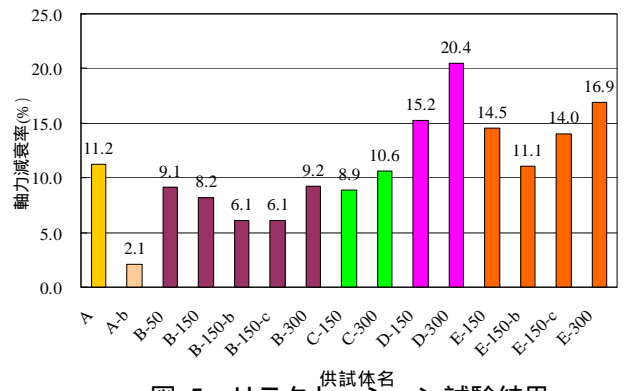


図-5 リラクゼーション試験結果

4. まとめ

本研究では、片面に金属溶射を用いた摩擦接合継手のすべり係数とリラクゼーション特性について実験的に検討した。得られた主な成果は、以下のものである。

- 1) 母板と連結板の接合面を無機ジंकで塗装するより、連結板を金属溶射とすることで高いすべり係数が確保できる。ただし、母板の無機ジंक膜厚が60 μm 以下かつ100 μm 以上になるとすべり係数は低下する。
- 2) 溶射施工業者の違いによって異なるすべり係数が得られた。今後は、金属溶射がすべり係数に与える影響の要因と一定の高いすべり係数を得る品質保証法について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 高田・東・松尾・井上：添板にアルミ溶射を施した高力ボルト接合部のすべり試験, 日本建築学会近畿支部研究報告集, pp.409-412, 2008.5
- 2) 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