

各種金属溶射を用いた摩擦接合面におけるすべり試験

川田工業(株) 正会員 小笠原 照夫
 川田工業(株) 正会員 岩井 学
 (株)高速道路総合技術研究所 正会員 服部 雅史

1. 目的

金属溶射を防食法として選定した場合、高力ボルト摩擦接合継手のすべり面も同時に工場溶射することが効率的であるが、金属溶射したすべり面の挙動についての研究は少なく、設計の際に個別にすべり係数をすべり試験より求めなければいけないのが現状である。本検討は、4種類の溶線による金属溶射を高力ボルト摩擦接合継手の接合面にも用いた場合の挙動の把握を目的に、①亜鉛（以下、Zn）、②亜鉛・アルミニウム合金（以下、ZnAl）、③アルミニウム（以下、Al）、④アルミニウム・マグネシウム合金（以下、AlMg）の4種類と、溶射皮膜の目標膜厚を変えた2仕様についてのすべり挙動の差異の確認と、すべり係数を確認した。

2. 試験概要

すべり試験の試験体を図1に示す。形状は、文献1)に準じた。鋼板は、母板2枚と連結板2枚を組立てし、1試験体とした。使用材料は母板 SM490YB、連結板 SM490A、高力ボルト S10T、M22 とした。

接合面は除せいで Sa2・1/2 でブラスト処理し、表面粗さを 8μmRa 以上、50μmRzJIS 以上となるように実施した。その後、金属溶射は試験体側面を除く全面に実施した。封孔処理は行っていない。膜厚の違いを確認するために、溶射皮膜の目標膜厚を変えた2仕様を作成した。金属溶射の膜厚結果を表1に示す。金属溶射は溶線式ガスフレーム溶射で実施した。

高力ボルトは締め付け軸力の60%程度で予備締めを行い、その後、ピンテールが破断するまで本締めを行った。締め付けに先立ち行ったキャリブレーションでは、ボルト軸力が220~230kN（設計ボルト軸力の10%増し程度）であることを確認した。

すべり試験は文献1)に準じて軸力導入24時間後に実施した。試験は(株)東京試験機製の油圧万能試験機(機種名：YO-1000)により、载荷速度を250kN/minに制御し行った。また、試験体のすべりは、(株)東京測器研究所製のクリップ式ひずみゲージ(製品名；RA-5)を母材隙間にセットし隙間変位を測定した。

すべり係数は以下の式で算出した。

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N}$$

ここで、μ:すべり係数、P:すべり荷重(kN)、m:摩擦面数(本試験は2面)、n:ボルト本数(本試験は2本)、N:ボルト軸力(本試験では設計軸力205kN×安全率1.1=225.5kN)

すべり荷重は、すべり音が発生した場合はその荷重、すべり音が発生しない場合はピーク時の荷重と定義した。

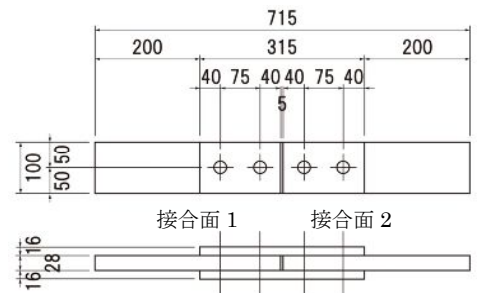


図1 すべり試験の試験体

表1 試験体の種類、名称、溶射膜厚

溶射の種類	溶線の組成	溶射方法	目標膜厚(μm)	試験片記号	平均膜厚	
					接合面1	接合面2
Zn	Zn99.99%	溶線式 ガスフレーム 溶射	100	Zn-100-1	119	126
				Zn-100-2	132	144
				Zn-100-3	148	159
			200	Zn-200-1	223	223
				Zn-200-2	229	245
				Zn-200-3	255	263
ZnAl	Zn84.85% Al15.14%		100	ZA-100-1	114	127
				ZA-100-2	136	141
				ZA-100-3	152	155
			200	ZA-200-1	210	226
				ZA-200-2	219	242
				ZA-200-3	234	250
Al	Al99.76%	100	Al-100-1	120	133	
			Al-100-2	124	130	
			Al-100-3	129	135	
		200	Al-200-1	221	227	
			Al-200-2	231	241	
			Al-200-3	245	253	
AlMg	Al94.85% Mg4.62%	100	AM-100-1	135	138	
			AM-100-2	150	157	
			AM-100-3	163	172	
		200	AM-200-1	196	213	
			AM-200-2	223	231	
			AM-200-3	243	251	

キーワード 金属溶射, 摩擦接合面, すべり試験

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 TEL042-791-1943

3. 試験結果および考察

すべり試験の結果, Zn, ZnAl の試験体は, すべり発生時に大きなすべり音を生じたが, Al, AlMg の試験体ではすべり音の発生は認められなかった。

すべり係数と溶射皮膜厚の関係を **図 2** に示す。Zn, ZnAl の試験体と Al, AlMg の試験体はすべり挙動が異なっていたが, **2** でのすべり荷重の定義に基づきすべり係数を整理し, 合わせて示している。全体的には膜厚が増加するにつれてすべり係数が減少傾向を示すが, Al に関しては逆に増加していた。膜厚が 100~300 μ m 程度であればすべり係数に膜厚の影響はほとんどないことが分かった。また, 各種金属溶射を比べると, Zn が最も小さく, AlMg が最も大きかったが, 平均値は 10% 程度の差である。なお, 本試験で実施した試験体は, すべて道路橋示方書の「接触面に無機ジンクリッチペイントを塗装する場合」のすべり係数 0.45 を 40% 以上上回っていた。

すべり試験の荷重と変位の関係を **図 3** に示す。**図 3** は比較のため荷重を各々の試験の最大荷重で無次元化し, 重ねて示している。凡例名称は **表 1** の試験片記号である。すべり発生時に大きなすべり音を生じた Zn, ZnAl と, すべり音の発生がない Al, AlMg の荷重と変位の関係は傾向が異なる。Zn, ZnAl は一般的な摩擦接合継手と同様な挙動をしているのに比べ, Al, AlMg は P/P_{max} が 0.6 あたりから非線形に挙動し, P_{max} 時の変位も大きい。 P_{max} 以降も荷重が下がらずにすべる挙動を示しており, 载荷速度等の影響を確認しておいた方が良いと思われる。

試験後に試験体を解体, 観察した際に溶射金属のはく離が見られたため, すべり係数と付着強さの関係を確認した (**図 4**)。付着試験はプルオフ法 (JIS K 5600-5-7) で摩擦接合面以外の箇所にて実施した。**図 4** のプロットは各試験体 3 体の平均値を示している。全体的には付着強さが増加するにつれてすべり係数が減少傾向を示すが, 膜厚や溶射金属の付着強さがすべり係数に及ぼす影響は小さい。なお, AlMg のみ他の溶射に比べて付着強さが小さいが, これは AlMg と他の溶射の破壊形態が異なったことが影響していると思われる。AlMg は溶射内で凝集破壊をし, 他の溶射は鋼素地の界面破壊であった。

4. まとめ

本試験の結果, 溶線が Zn, ZnAl, Al, AlMg の膜厚が 100~300 μ m 程度の溶線式ガスフレーム溶射はすべり係数 0.45 以上を確保することができることが分かった。ただし, Al, AlMg はすべり挙動が一般的な摩擦接合継手と異なるため, 設計には留意する必要があると思われる。

5. 今後の予定

今後, リラクゼーション, 载荷速度, 溶射金属の硬さや表面粗さを考慮して検討を実施していく予定である。

参考文献

1) 高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案), 土木学会, 2006.12

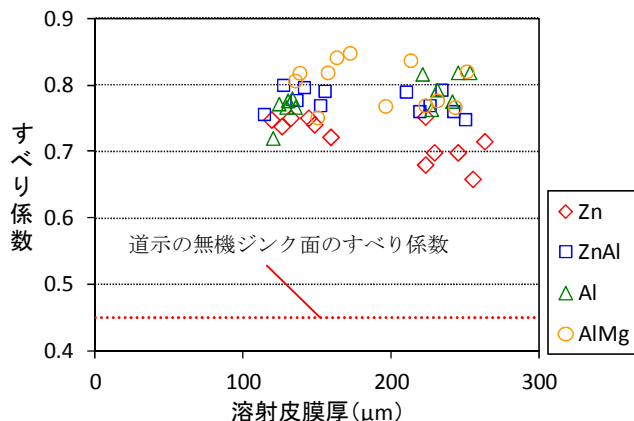


図 2 すべり係数と溶射皮膜厚の関係

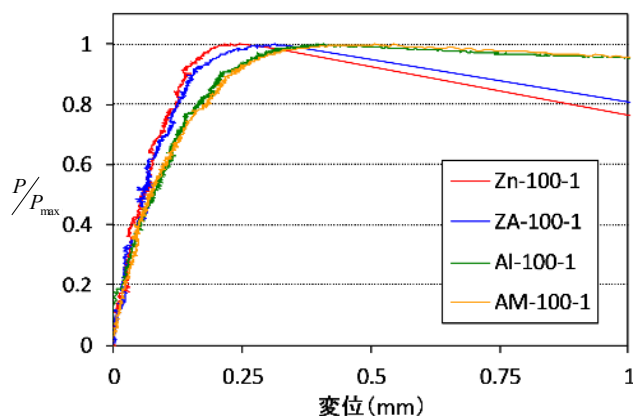


図 3 荷重と変位の関係

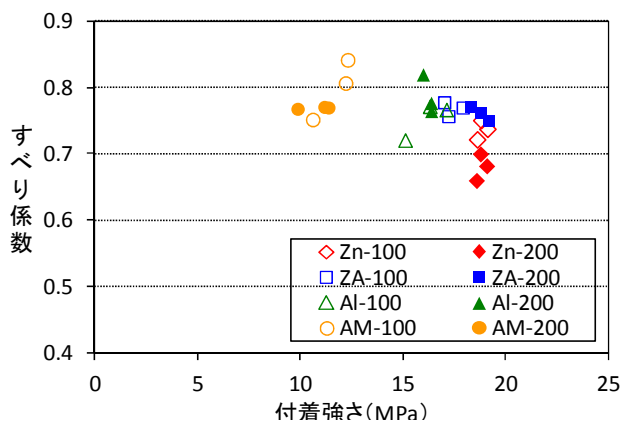


図 4 すべり係数と付着強さの関係