

複合サイクル試験によるアルミニウム溶射の劣化要因に関する検討

宇部興産機械(株) 正会員○桑名弘暁
宇部興産機械(株) 非会員 清水征也
防食溶射協同組合 非会員 高木一生
山口大学大学院 正会員 麻生稔彦

1. はじめに

鋼橋の防食方法のうち、沿岸部など特に厳しい腐食環境下においては金属溶射が採用されることが多くなっている。アルミニウム溶射は厳しい塩分環境においても耐食性に優れることから日本でも多く適用されているが、近年アルミニウム溶射を施された鋼橋においても部分的な劣化が確認されるようになった¹⁾。アルミニウム溶射が鋼橋へ適用されてからの歴史は浅く、実橋での劣化要因には不明な点もあり、維持管理技術も十分に確立されていない。

本研究では、劣化したアルミニウム溶射の補修技術検討のための基礎データを得ることを目的とし、複合サイクル試験を実施して外観および密着力に着目し、アルミニウム溶射皮膜の劣化要因の検討を行った。

2. 試験内容

アーク溶射法によるアルミニウム溶射を対象として複合サイクル試験を実施した。

溶射劣化の要因として下記の4項目を想定し、24種類の試験片を作成した。

- ①アルミニウム溶射の被膜厚（50μm以下～200μm）
- ②アルミニウム溶射施工時の距離（標準の20cmと、付着力低下を想定した50cmとの比較）
- ③アルミニウム溶射施工時の素地調整程度（標準のブラストによるSa3仕様と、素地調整不良を再現するため不純物を想定した無機ジंकリッチプライマー15μmの上に動力工具にて粗面形成したSt3仕様との比較）
- ④溶射部材の形状（塩分の堆積を想定したリブの有無による比較）

ここで、④リブ有の試験片は中央に高さ10mmのリブを溶接した。また、リブ無の試験片には試験片下部にクロスカットを施した。なお、試験片はSS400材（150×70×4.5mm）とし、全ての試験片について封

孔処理は施していない。

複合サイクル試験はJIS H 8502（めっきの耐食性試験方法／中性塩水噴霧サイクル試験方法）に基づき、塩水噴霧（2時間）、乾燥（4時間）、湿潤（2時間）を1サイクルとし、183サイクル（1464時間）実施した。

目標膜厚	50μm以下	50μm	100μm	160μm	200μm
No.	1	2	3	4	
初期膜厚	29μm	48μm	94μm	182μm	
素地調整 Sa3 施工距離 20cm					
No.	5	6	7	8	9
初期膜厚	30μm	56μm	114μm	177μm	216μm
素地調整 Sa3 施工距離 50cm					
No.	10	11	12	13	14
初期膜厚	48μm	65μm	121μm	166μm	200μm
素地調整 St3 施工距離 20cm					
No.	15	16	17	18	19
初期膜厚	36μm	70μm	98μm	160μm	224μm
素地調整 St3 施工距離 50cm					
No.	20	21	22	23	24
初期膜厚	25μm	52μm	108μm	166μm	219μm
リブ有 素地調整 Sa3 施工距離 20cm					

図-1 複合サイクル試験後外観

キーワード アルミニウム溶射, 腐食, 複合サイクル試験
連絡先 〒755-8633 山口県宇部市大字小串字沖ノ山1980番地 宇部興産機械株式会社 TEL0836-22-6211

3. 試験結果

(1) 外観性状

複合サイクル試験後の外観写真を図-1 に示す。金属溶射被膜の劣化レベル²⁾にて評価すると、溶射目標被膜厚が 50μm 以下の試験片は全体に白さび化が進むレベルⅢから全面にわたり赤さびが発生するレベルⅣまで劣化が進行している。また、目標被膜厚が 50μm の試験片についても全ての試験片でレベルⅢまで劣化が進んでいる。素地調整程度に着目した場合、素地調整程度が動力工具処理 (St3) の試験片の方がブラスト処理 (Sa3) の試験片より劣化が小さい。これは、不純物を想定した無機ジンクリッチプライマーの防錆機能によるためと考えられる。目標被膜厚が 100μm の試験片は概ね健全な状態であったが、クロスカット付近に白さびの発生が確認できた。目標被膜厚が 160μm 以上については全ての試験片で健全な状態である。

溶射施工時の距離の着目では、外観に明確な差は見られなかった。リブの有無においては、被膜厚が小さい試験片においてはリブの溶接部付近から劣化が始まったため、一般部に比べて弱点になりやすい可能性がある。

(2) 密着力試験

複合サイクル試験後の試験片のうち、①～③に着目した試験片 (10 種類) に対し、プルオフ法にて密着力を計測した結果を表-1 に示す。なお複合サイクル試験前の密着力は、試験片を別途同じ条件で作成し、密着力試験を行ったものである。

複合サイクル試験前後で密着力を比較すると、外観の劣化レベルⅣに該当する試験片は赤さびが進行していたため複合サイクル試験後は計測不能もしくは大きく密着力が低下したが、その他のブラスト処理 (Sa3) の試験片についても全て密着力が低下していることが確認できる。これは溶射被膜内部に塩分が侵入し、表面付近に腐食生成物が生じて密着力が低下した可能性がある。

溶射被膜厚の差において被膜の厚さによって密着力に明確な差は見られず、今回の試験では被膜厚と密着力で相関性は認められない。施工距離の差においても密着力に明確な差はなく、アルミニウム溶射のアーク溶射法においては 50 cm離れた距離で施工しても十分な密着力を確保できる。

動力工具処理 (St3) の試験片は、ブラスト処理 (Sa3) の試験片に比べ密着力が全て小さい。これは複合サイクル試験前後で同様である。剥離面は溶射被膜内ではなく素地境界部であり、溶射施工時の密着が不十分であると考えられる。(図-2)

4. まとめ

アルミニウム溶射皮膜の劣化要因の解明を目的として複合サイクル試験を実施した結果、アーク溶射法においては被膜厚が 100μm を下回ると耐食性が低下することが判明した。

密着力について、被膜の厚さは密着力に影響しないことが確認できた。複合サイクル試験後は、表面付近に腐食性生物が生じることで密着力が低下する可能性がある。アーク溶射法においては、施工距離が大きくなっても密着力の低下は生じていない。しかし素地境界部に無機ジンクリッチプライマー等の不純物が残存して素地調整が不十分であった場合、密着力が低下することが確認できた。

参考文献

- 1) 土木学会：大気環境における鋼構造物の防食性能回復の課題と対策，pp. 289，2019.
- 2) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧，2014.

表-1 密着力

No.	仕様	被膜厚 (μm)	複合サイクル試験前		複合サイクル試験後	
			剥離位置	密着力 (N/mm ²)	剥離位置	密着力 (N/mm ²)
1	素地調整Sa3 施工距離20cm	50以下	被膜内	20.3	計測不能	-
2		50	被膜内	18.3	素地面	5.6
3		100	被膜内	18.5	被膜内	13.8
4		160	被膜内	16.8	被膜内	14.7
5	素地調整Sa3 施工距離50cm	50以下	被膜内	16.7	計測不能	-
8		160	被膜内	18.4	被膜内	8.8
10	素地調整St3 施工距離20cm	50以下	素地面	5.7	素地面	8.3
13		160	素地面	4.1	素地面	7.2
15	素地調整St3 施工距離50cm	50以下	素地面	8.2	素地面	5.6
18		160	素地面	2.9	素地面	4.7

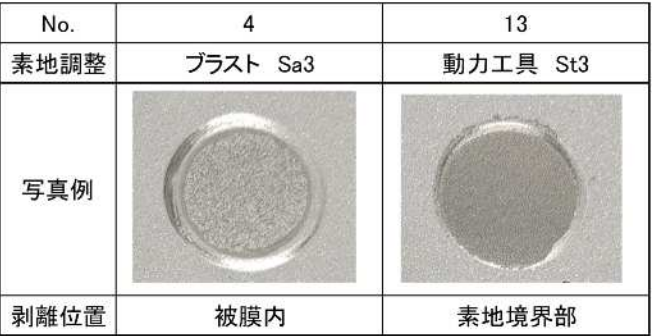


図-2 密着力試験-剥離位置例