

[I-28] Al-5Mg合金溶射と重防食塗装の重ね皮膜の耐候性向上に関する基礎的研究

Fundamental study on weather resistance of overlapping layers between Al-5Mg alloy thermal spraying coating and heavy-duty paint coating

○楊 昊軒¹、貝沼 重信¹、武藤 和好²、宮田 弘和³ (1.九州大学大学院、2.株式会社富士技建、3.西日本高速道路株式会社)

○Haoxuan Yang¹, Shigenobu Kainuma¹, Kazuyoshi Muto², Hirokazu Miyata³ (1.KYUSHU UNIVERSITY, 2.Fujigiken Co.,Ltd., 3.West Nippon Expressway Company Ltd.)

キーワード：腐食、Al-5Mg合金溶射、耐候性、光触媒作用

corrosion, Al-5Mg alloy thermal spray, weather resistance, Photocatalysis

鋼橋の桁端部など塩類に起因する腐食性の高い部位に対して、高塩分環境で耐候性や防食性能に優れるAl-5Mg合金溶射が適用されている。溶射が困難な狭隘部では、溶射施工できない部位については重防食塗装が溶射皮膜上に重ねて部分的に塗布される場合がある。著者らは鋼素地露出部を有するAl-5Mg合金溶射と重防食塗装の重ね皮膜部の複合サイクルを用いた腐食促進試験を実施した。その結果、重ね皮膜部の耐候性は、溶射皮膜部や重防食皮膜部に比して著しく低いことを明らかにした上で、その劣化機構を解明した。この劣化に対して重ね皮膜部の耐候性を向上させるために、塗膜上にAl-5Mg合金を部分的に溶射する施工方法を考案した。

Al-5Mg 合金溶射と重防食塗装の重ね皮膜の耐候性向上に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○楊 昊軒
株式会社富士技建 正会員 武藤 和好

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
西日本高速道路株式会社 正会員 宮田 弘和

1. はじめに 近年、鋼橋の桁端部など塩類に起因する腐食性の高い部位に対して、高塩分環境で耐候性や防食性能に優れる Al-5Mg 合金溶射¹⁾³⁾が適用されている。また、溶射が困難な狭隘部では、溶射施工できない部位については重防食塗装が溶射皮膜上に重ねて部分的に塗布される場合がある。そこで、著者らは鋼素地露出部を有する Al-5Mg 合金溶射と重防食塗装の重ね皮膜部の複合サイクルを用いた腐食促進試験を実施した。その結果、重ね皮膜部の耐候性は、溶射皮膜部や重防食皮膜部に比して著しく低いことを明らかにした上で、その劣化機構を解明したり、著者らは、この劣化に対して重ね皮膜部の耐候性を向上させるために、塗膜上に Al-5Mg 合金を部分的に溶射する施工方法を考案した。本研究では溶射施工時の熱が塗膜の耐候性に及ぼす影響を明らかにするために、塗膜の紫外線劣化、および塗装顔料に用いられる酸化チタンによる塗膜の光触媒劣化について検討した。これらの検討では、それぞれ紫外線蛍光ランプ式耐候性試験（以下、QUV 試験）と過酸化水素水スプレー型促進耐候性試験（以下、HP-Xe 試験）⁴⁾⁵⁾を行った。本稿では、HP-Xe 試験について述べる。

2. 試験方法 フッ素樹脂塗料のみを検討対象としたため、HP-Xe 試験の試験体の基材には、母材の腐食などが塗膜劣化に影響を及ぼさないようにアルミニウム板（150×70×2mm）を用いた。試験体の形状・寸法、および塗膜の構成を図-1 に示す。塗装には重防食塗装の上塗りに一般に用いられるフッ素樹脂と光触媒作用が異なる 2 種類の TiO₂（高耐候フッ素 F1（Si 処理に加え、Al キレートによる被覆した酸化チタンを含有）、標準耐候フッ素 F2（Si 処理による被覆した酸化チタンを含有））を用いた。本研究では塗装を塗布・乾燥後に、その塗膜上に Al-5Mg 合金を溶射することで、双方を重ね皮膜部を施工した。高耐候フッ素 F1 塗膜および標準耐候フッ素 F2 塗膜上に溶射皮膜が重なる試験体（以下、F1 試験体、F2 試験体）では、塗膜上の溶射皮膜は塗膜と付着性が著しく低いため、溶射皮膜が部分的に剥離した。HP-Xe 試験の劣化環境条件を表-1 に示す。過酸化水素水の濃度は 1.0mass% とし、過酸化水素水スプレー噴霧時のチャンバー温度は 35℃ とした。また、試験片の劣化程度評価は JIS K 5600-4-7 にしたがって、光沢度計（測定角度：60°、測定面積：9×15mm、測定時間：0.5sec/角度）を用いて、重ね試験体の表面光沢度を測定した。さらに、重ね試験体の皮膜表面の付着物の元素分析を SEM-EDX により行った。

3. 試験結果 試験開始 200 時間後の F1 試験体と F2 試験体の表面状態の経時性を図-2 に示す。試験体はいずれも早期に溶射皮膜が部分的に塗膜界面から剥離した。F1 試験体については、200 時間以降も溶射皮膜が初期状態から変化しなかった。一方、F2 試験体は約 50 時間で溶射皮膜が剥離して、200 時間後には溶射皮膜がほぼ全面で剥離した。これは F2 試験体では光触媒作用により、フッ素樹脂に含まれる有機物が分解され、付着強度が低下したためであると考えられる。重ね試験体の皮膜表面の元素分布と Al 含有量を図-3 と図-4 に示す。試験後の Al の含有量は、試験前に比して減少しているが、Ti は増加している。これは前述のように、試験中に溶射皮膜が剥離したことで、

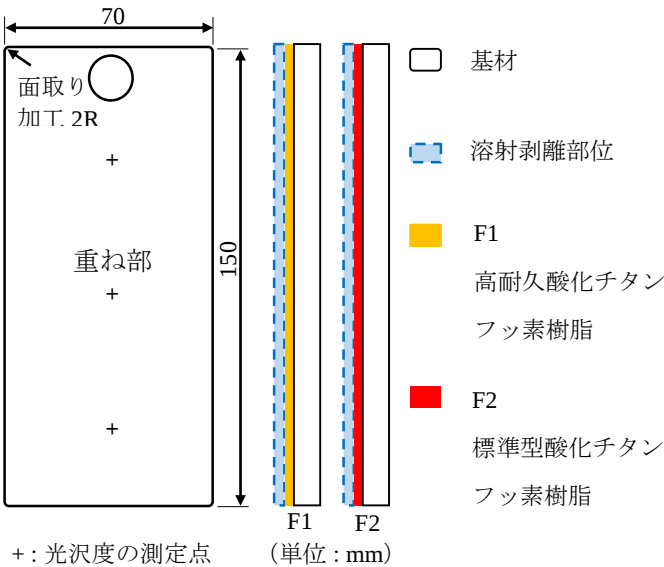


図-1 試験体の形状・寸法、および塗膜の構成

表-1 HP-Xe 試験条件
(a) 設定条件

試験条件	設定条件
光源	キセノンアークランプ
放射照度(300-400nm)	80W/m ²
光源フィルタ	デイルイト
試験槽空気温度	35℃
ブラックパネル温度	50℃

(b) H₂O₂ 水スプレーと Xenon 照射時間

スプレーおよび照射のインターバル		
(a+b)×24 回繰り返す		120 分
Step 1	a.H ₂ O ₂ スプレー (照射)	3 分
	b. H ₂ O ₂ スプレー休止 (照射)	2 分
Step 2	純水スプレー洗浄 (暗黒)	30 分
以上を 4 回繰り返す. (1+2)×4=計 600 分		

キーワード 腐食, Al-5Mg 合金溶射, 重防食塗装, 耐候性, 光触媒作用, 酸化チタン
連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744番地 九州大学 ウェスト2号館 1104号室 TEL 092-802-3392

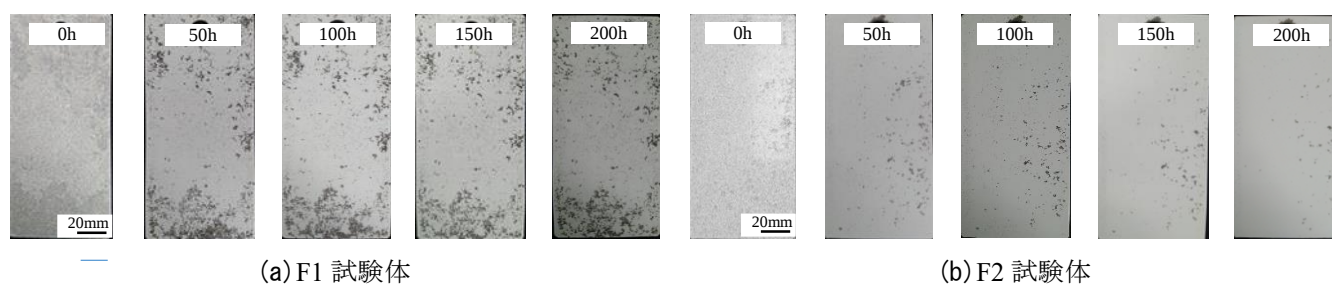


図-2 試験体外観の経時変化

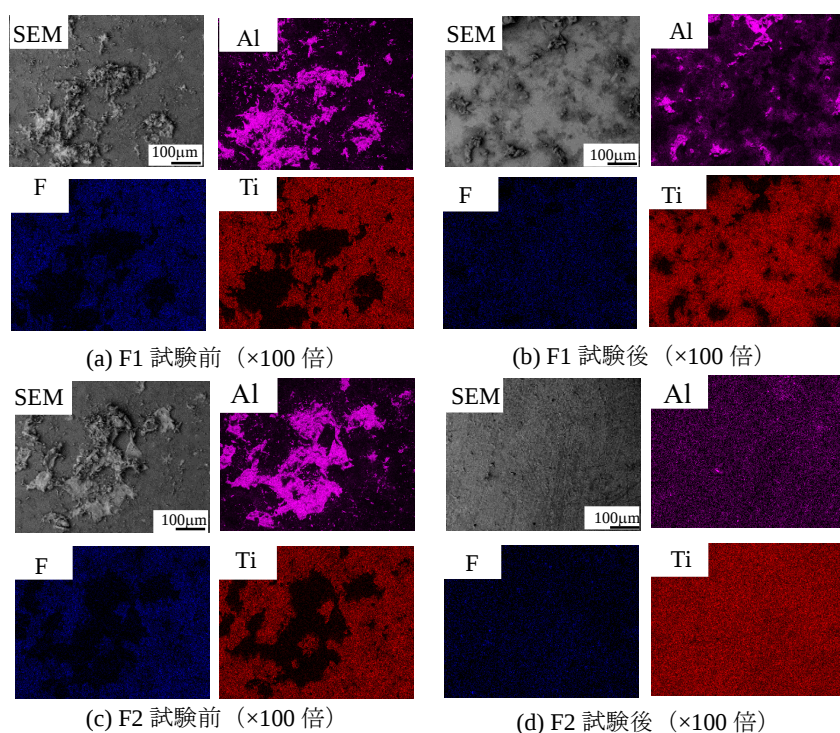


図-3 試験体の SEM-EDX 分析結果

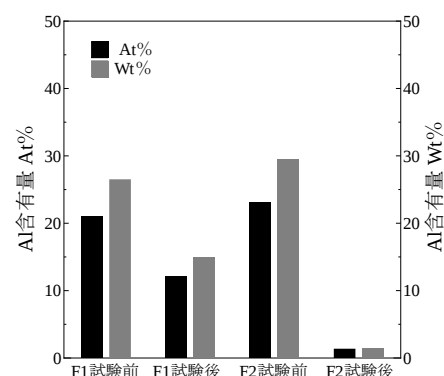


図-4 試験体の表面 Al 含有量

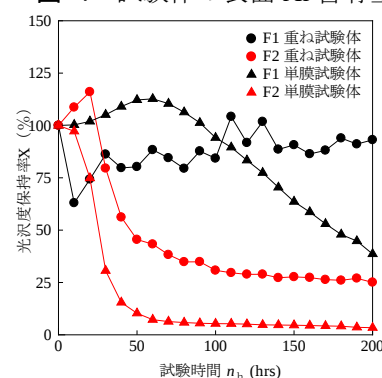


図-5 光沢度保持率

塗膜との境界部が露出したためと考えられる。また、図-3 (b) と図-3 (d) から、F2 試験体に比して、F1 試験体の表面塗膜に残留した Al の量は、F2 試験体に比して多くなっている。これは溶射皮膜により紫外線が遮断され、塗膜の光触媒作用を抑制したためと推察される。重ね試験体と塗装単膜の試験体の光沢度保持率 X の経時性を図-5 に示す。酸化チタンの種類によらず、塗装単膜試験体に比して重ね試験体は 200 時間後の X が高い。特に、F1 試験体は X が 90% 程度を維持している。また、 n_h が増加しても、F1 試験体の X はほとんど減少していないため、塗膜はほとんど劣化していないと推察される。また、 n_h の増加にしたがって、F2 試験体の X は著しく低下しているが、50 時間以降は、ほぼ一定の値になっている。この傾向は F2 単膜試験体と同様の傾向であった。したがって、塗膜上に溶射を施した場合、塗膜はほとんど劣化しないと言える。

4. まとめ 1) 重防食塗装の上塗り塗膜上に溶射施工した場合、溶射時の熱が塗膜の耐久性に及ぼす影響はほとんど無い。2) 溶射を高耐候フッ素 (Si 処理に加え、Al キレートによる被覆した酸化チタンを含有) の塗膜上に施した場合の耐候性は、標準耐候フッ素 (Si による被覆した酸化チタンを含有) の場合に比して高くなる。3) 塗膜上に Al-5Mg 合金を部分的に溶射する施工方法は、早期劣化しやすい重ね皮膜部の耐候性を向上させる上で有用である。

参考文献 1) 貝沼重信, 郭小竜, 小林淳二, 武藤和好, 宮田弘和: NaCl による高腐食性環境における Al-5Mg 合金溶射皮膜の耐食・防食特性に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A, Vol.72, No.3, pp.440-452, 2016. 2) 貝沼重信, 藤本拓史, 杜錦軒, 楊沐野, 武藤和好, 宮田弘和: Al-5Mg 合金溶射と重防食塗装の取合部における耐食・防食特性に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A1, Vol.73, No.2, pp.496-511, 2017. 3) 武藤和好, 貝沼重信, 杜錦軒, 劉少博, 楊沐野, 宮田弘和: クロスカットを有する Al-5Mg 合金溶射と重防食塗装の重ね部の耐食・防食特性に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A, Vol.75, No.3, pp.280-292, 2019. 4) 森寛爾, 成田猛, 館和幸, 梅村晋: 塗膜の高速耐候性試験法の開発, マテリアルライフ学会誌, Vol.13, No.4, pp.180-184, 2001. 5) 尾知修平, 高柳敬志, 大塚健太, 白土雅裕, 市場幹之, 貝沼重信: 過酸化水素水スプレー型促進耐候性試験 (HP-Xe 試験) の検討 2, 材料と環境 2018, B-115, pp.141-142, 2018.