

Al-5Mg 合金溶射と重防食塗装の重ね皮膜部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、高塩分環境で耐久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、溶射が困難な狭隙部では、溶射施工ができない領域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腐食試験を実施することで、重ね皮膜部の耐久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¹⁾。また、この劣化機構に対して重ね皮膜部の耐久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に生じる熱が塗膜の耐候性に及ぼす影響を明らかにするために、紫外線蛍光ランプウェザー試験 (QUV) およびフッ素樹脂塗料内の酸化チタン光触媒作用を促進する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。

2. 試験方法 HP-Xe 試験の試験体の基材には、フッ素樹脂のみを対象としたため、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。HP-Xe 試験の試験体の形状・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)、標準耐候フッ素 F2 (Si により被覆)) 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、両者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 7362 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剥離した。その後、F1 試験体は 200 時間以降も溶射皮膜が初期の状態を維持していた。一方、F2 試験体は約 50 時間で溶射皮膜が剥離し、200 時間で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、塗装皮膜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 の量が多くなっている。

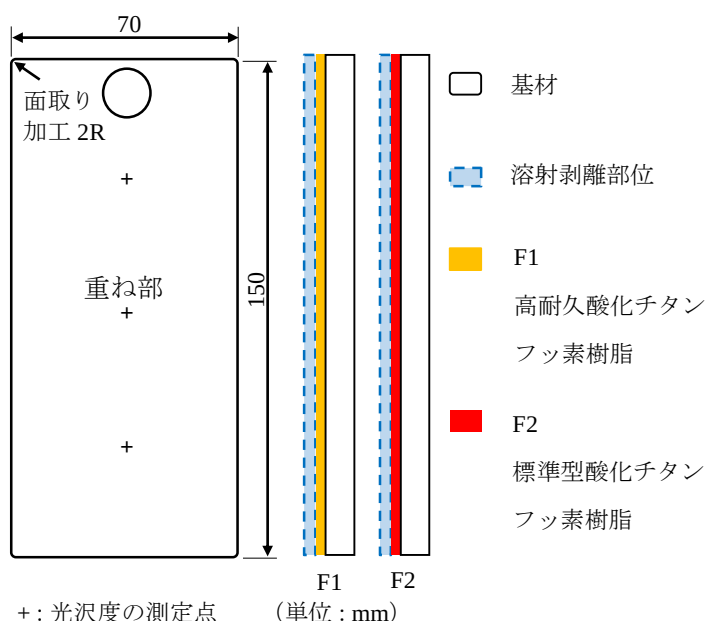


図-1 試験体の形状・寸法、および塗膜の構成

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		

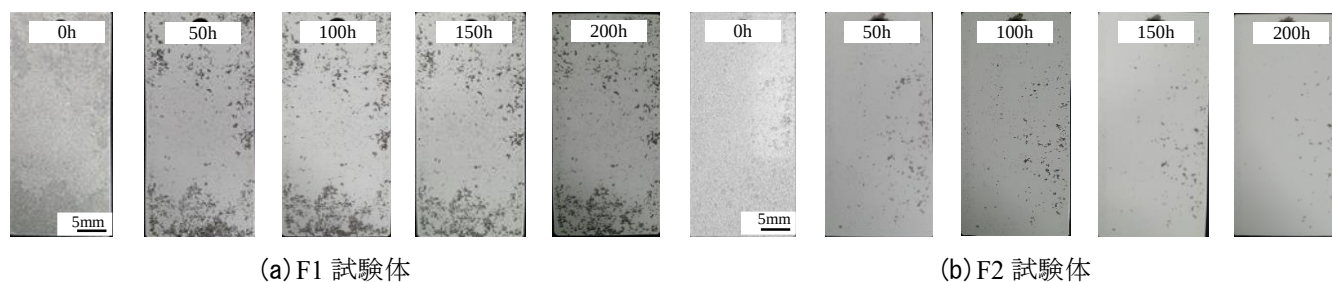


図-2 試験体外観の経時変化

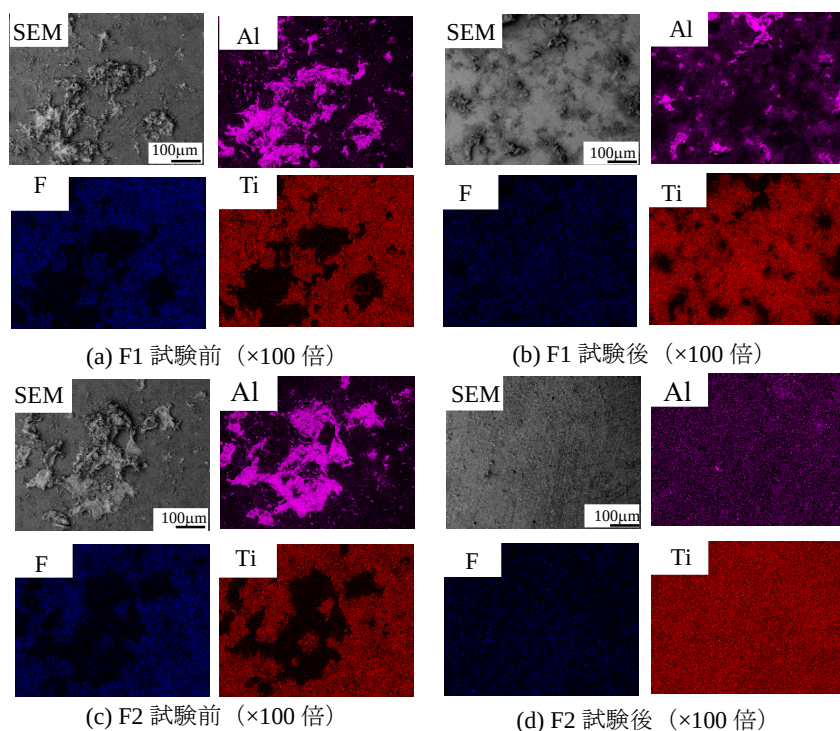


図-3 試験体の SEM-EDX 分析結果

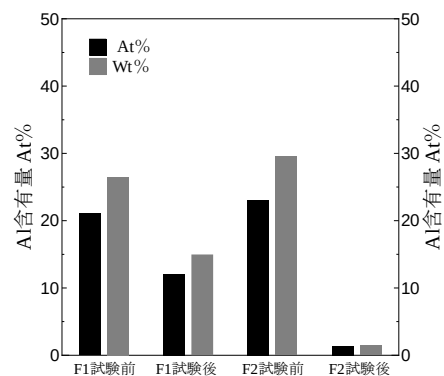


図-4 試験体の表面 Al 含有量

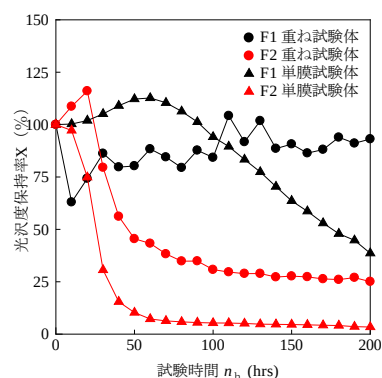


図-5 光沢度保持率

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る。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。さらに、QUV 試験の結果から、溶射を塗膜上に施しても、1000 サイクル後の X は 80% 以上を維持していたため、溶射施工時に生じた熱が塗膜に及ぼす影響はほとんどないと言える。

4. まとめ 1) 重防食塗装の上塗り塗膜上に溶射を施工した場合、溶射の熱などが塗膜の耐候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) を塗膜上に施した場合の耐候性は、標準耐候フッ素 (Si により被覆を含有) に溶射を施した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久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.