

Al-5Mg 合金溶射と重防食塗装の重ね部の耐食性に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○劉 少博
九州大学大学院 学生会員 杜 錦軒

九州大学大学院	フェロー会員	貝沼 重信
(株)富士技建	正会員	武藤 和好
西日本高速道路(株)	正会員	宮田 弘和

1. はじめに 近年、橋梁等の塗装仕様の鋼構造物の防食性能を回復するために、凍結防止剤などの塩類に対する耐久性が高い Al-5Mg 合金溶射¹⁾が桁端部に適用される事例が増加している。桁端部に適用する際には、既存塗装と Al-5Mg 合金溶射の皮膜に重ね部が設けられる場合がある。先行研究では、JIS K5600 サイクル D による腐食促進試験が行われ、重ね部の耐食・防食特性について検討されている²⁾。しかし、様々な大気環境における特性については不明な点が多い。そこで、本研究では飛来海塩により高腐食環境に曝される暴露地点において、飛来海塩量と付着塩の雨洗作用の有無に着目することで、重ね部を模擬した試験体の大気暴露試験を行った。

2. 試験方法 試験体の鋼板には JIS G3106 SM490A 材 (150×70×6mm) を用いた。試験体には図-1 に示すように、Al-5Mg 溶射皮膜のみ領域 (以下、溶射部)、RC-I 塗装のみ部位 (以下、塗装部) および溶射と塗装を重ねた領域 (以下、重ね部) の 3 つの仕様の皮膜を試験体の長手方向を 3 等分して配置した。また、溶射皮膜のアクリルシリコン系樹脂塗料による 1 次封孔処理が溶射皮膜の耐食・防食性能に及ぼす影響を検討するために、未封孔の試験体 (以下、OVL 試験体) と封孔処理した試験体 (以下、OVL-S 試験体) の 2 種類を製作した。溶射皮膜の犠牲陽極防食の有効範囲を検討するために、試験体の表裏面に幅 0.2mm と 12mm の線・帯状の鋼素地露出部を機械加工により施した³⁾。試験体と鋼素地露出部の形状・寸法および皮膜の構成を図-1 に示す。大気暴露試験は、1) 沖縄本島の西側海岸線から約 30m に位置し、付着塩の雨洗効果が無い沖縄自動車道の高架橋下 (以下、許田) (Lat.26°32'N, Long.127°57'E)、2) 東側海岸線から約 2.9km、西側海岸線から約 5.3km に位置し、雨洗効果がある九州大学伊都キャンパス構内 (以下、九州大学) (Lat.33°35'N, Long.130°12'E)、および 3) 北海道苫小牧市内の南側の海岸から約 2m に位置する雨洗効果のある海岸線 (以下、苫小牧) (Lat.42°35'N, Long.141°27'E) の計 3 暴露地点で実施した。各暴露地点の温度 T、湿度 RH および飛来海塩量 w を表-1 に示す。試験体の設置角度は、水平方向に対して 45°として、対空面および対地面を評価対象とした。また、暴露期間は 2016 年 5 月から約 12 ヶ月間とした。試験終了後の試験体の膨れ性状を定量評価するために、構造化投影位相シフト法を使用した非接触式 3 次元計測装置 (測定ピッチ: 約 0.2mm, 分解能: 約 0.01mm, 画素数: 640×480 pixel) を用いて表面性状を測定した。さらに、鋼素地近傍の白色腐食生成物の元素成分分析を SEM-EDX により解析した。

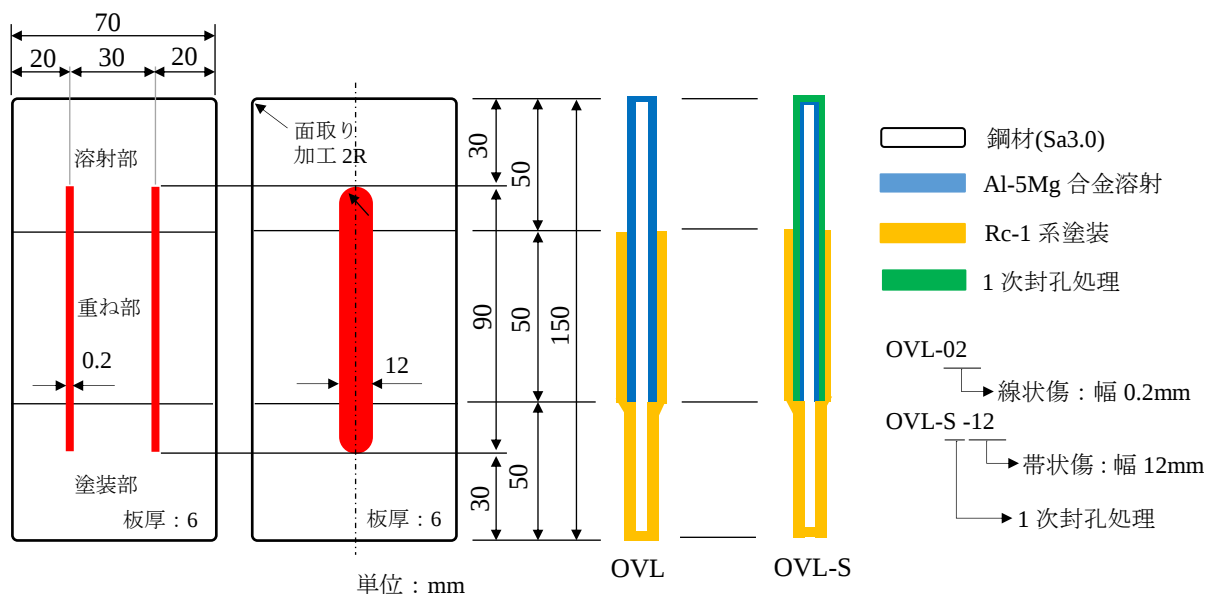


図-1 試験体、鋼素地露出部の形状寸法および塗膜の構成

表-1 各暴露地点の大気環境データ

暴露地点	温湿度測定期間	飛来塩測定期間	平均温度 T (°C)	平均湿度 RH (%)	平均飛来海塩量 w (mdd)
許田	2015/01-2017/01	2009/04-2010/05	23.0	83.5	0.8
九州大学	2016/01-2017/01	2014/05-2016/05	17.5	78.5	0.5
苫小牧	2014/11-2015/11	2014/11-2015/11	9.0	78.0	3.4

キーワード 腐食 防食 Al-Mg合金溶射 重防食塗装 重ね部

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1104 号室 TEL 092-802-3392

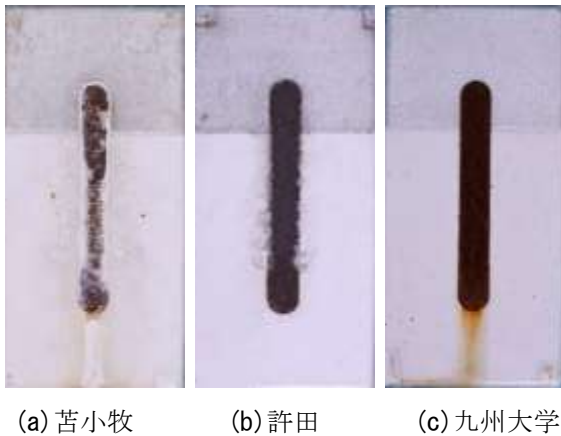


図-2 OVL 試験体の外観 (対空面)

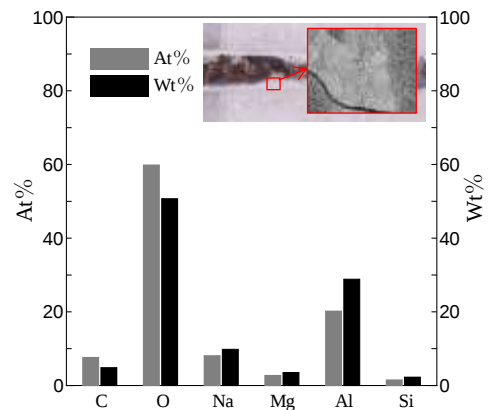
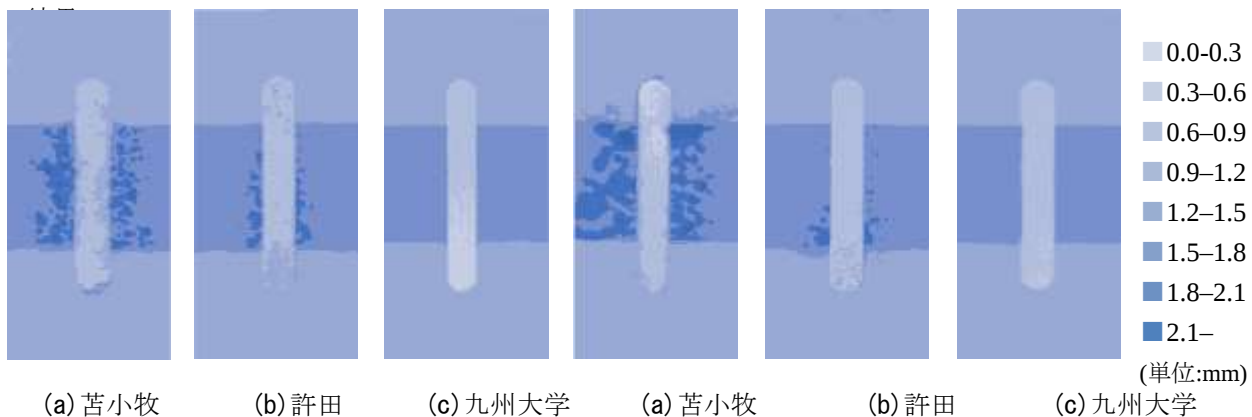


図-3 白色腐食生成物の SEM-EDX による元素分析



(a) 苫小牧 (b) 許田 (c) 九州大学

(a) 苫小牧 (b) 許田 (c) 九州大学

図-4 OVL 試験体の膨れ性状 (対空面)

図-5 OVL-S 試験体の膨れ性状 (対空面)

3. 試験結果 1年間暴露後の試験体の対空面の表面状態を図-2に示す。全暴露場の OVL 試験体と OVL-S 試験体の表面性状は同様な傾向を示している。苫小牧の OVL 試験体と OVL-S 試験体は、鋼素地露出部とその近傍に白色の腐食生成物が生じている。白色の腐食生成物の SEM-EDX 分析結果を図-3に示す。鋼素地近傍の腐食生成物には Fe が含有されておらず、Al 酸化物がリッチな状態になっている。したがって、溶射皮膜の劣化後の早期段階では、鋼素地の防食性能を有していると言える¹⁾。許田の OVL 試験体と OVL-S 試験体は、鋼素地露出部とその近傍に白色の腐食生成物が生じているが、苫小牧の試験体に比して白色の腐食生成物の生成量は少なくなっている。九州大学の OVL 試験体と OVL-S 試験体については、鋼素地露出部とその近傍に白色の腐食生成物が生じていない。試験体の膨れ性状を図-4および図-5に示す。苫小牧の OVL 試験体と OVL-S 試験体は、重ね部で皮膜が膨れており、溶射部と塗装部では膨れは生じていない。許田の OVL 試験体と OVL-S 試験体は、重ね部で皮膜の膨れが生じたが、苫小牧の試験体に比して皮膜膨れの高さや面積が少なくなっている。九州大学の OVL 試験体と OVL-S 試験体は、皮膜膨れは生じていないため、溶射部と塗装部も健全な状態であると言える。白色の腐食生成物は、Al-Mg 合金由来の酸化物や水酸化物と考えられ、溶射皮膜をアノード、鋼素地をカソードとした溶射皮膜の犠牲陽極作用により鋼素地露出部が防食されたと推察される。その緻密な析出物が腐食要因物質の侵入を抑制することで、鋼素地露出部が防食されたと考えられる。許田の飛来海塩量は、苫小牧に比して少ないため、犠牲陽極作用による防食反応量が少なく、Al-Mg 由来の腐食生成物量が少なくなったと考えられる。各暴露地点の試験体の白色の腐食生成物の発生量および膨れ性状は、暴露地点の飛来海塩量が大いほど大きくなる傾向にある。文献²⁾において、重ね部における溶射皮膜の耐食性を腐食促進試験 (JIS K5600 サイクル D) に基づき検討した。その結果、Al-5Mg 合金溶射と重防食塗装の重ね部の塗膜の膨れは、溶射皮膜の劣化に起因することが示されている。また、文献⁴⁾において、寒冷・飛来海塩環境の苫小牧は、裸鋼板の腐食生成物層の厚さと平均腐食深さは他の暴露地点に比して増加することが示されている。以上のことから、苫小牧の試験体は許田と九州大学に比して、鋼素地露出部における犠牲防食作用に多量の溶射皮膜が溶出し、重ね部の溶射皮膜の劣化が促進されたと考えられる。

4. まとめ 1) 腐食促進試験 (JIS K5600 サイクル D) と同様に、大気暴露試験についても溶射皮膜上に塗装を塗布した重ね部では溶射皮膜の早期劣化により塗膜の膨れが生じる。2) 飛来海塩量が多い環境 (飛来海塩量: 3.4mdd 以上) では、Al-5Mg 合金溶射皮膜の犠牲陽極作用による Al-Mg 由来の酸化物や水酸化物が鋼素地露出部に生成されることで、鋼素地露出部の腐食進行が抑制される。一方、飛来海塩量が少ない環境 (飛来海塩量: 0.5mdd 以下) については、鋼素地露出部に対する Al-5Mg 合金溶射の犠牲陽極作用はほとんど生じない。

参考文献 1) 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. 2) 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. 3) 貝沼重信, 八木孝介, 郭小竜, 小林淳二, 佐島隆生: 防食皮膜試験体導入するクロスカットの機械加工法に関する基礎的検討, 鋼構造年次論文報告集, Vol.24, No.107, pp.739-740, 2016. 4) 平尾みなみ, 貝沼重信, 八木孝介: 寒冷・飛来海塩環境における裸普通鋼板の腐食挙動に関する基礎的検討, 平成 27 年度西部支部研究発表会, I-036, 2016.