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	フェロー会員	貝沼	重信
九州大学大学院	学生会員	杜	錦軒	㈱富士技建	正会員	武藤	和好
				西日本高速道路㈱	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, AI-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 pixcel)を用いて表面性状を測定した.

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および図-3に示す. 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. 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





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 <i>T</i> (℃)	平均湿度 <i>RH</i> (%)	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



図-4 OVL 試験体の膨れ性状(対空面)

(a) 占小牧 (b) 計田 (c) 九州ス 図−5 OVL-S 試験体の膨れ性状(対空面)

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.また,苫小牧の試験体は,海岸から約2mに 位置する海岸線に設置されたため、海水飛沫が鋼素地と溶射・塗膜の境界部に浸入・滞留しやすい、海水飛沫は弱 塩基性であるため OHを多量に含有しているため、Al(OH)3 が発生する.また、pH が一定の場合、Al(OH)3 溶液の電 離定数が一定となるため、鋼素地露出部とその近傍に Al(OH)3 が白色の生成物として析出する⁴⁾. さらに、試験体 表面の水分蒸発により試験体表面の水分が減少することも、Al(OH)3の析出にプラスな影響を及ぼす.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き 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 5)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Al, 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:防食皮膜試験体に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) 世利 修美,田 頭 孝介:腐食生成物としての水酸化アルミニウムの性質,軽金属,Vol.37, No.9, pp.603-609, 1987. 5) 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.