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

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
九州大学大学院　学生会員　小林　淳二　九州大学大学院　学生会員　藤本　拓史
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，金属溶射が部分的に適用されることがある．この場合，塗装と金属溶射の皮膜に重ね部を設ける必要があるが，重ね部の防食特性には不明な点が多い．そこで，本研究では塩による高腐食性環境における金属溶射と塗装の重ね部の耐食・防食特性を検討するために，ウェザロ試験体を用いた複合サイクル腐食促進試験を行った．

2. 試験方法　試験体には JIS G3106 に規定される SM490A 材（150×70×6mm）を用いた．試験体の欠陥の形状および寸法を**図-1** に示す．線状欠陥幅は 0.2mm，帯状欠陥は 6mm および 12mm として機械加工を施した．試験体の皮膜種類を**図-2** に示す．溶射皮膜には Al-5Mg 合金溶射，塗装系は Rc-1 重防食塗装を採用し，同一試験体内に，Al-5Mg 合金溶射部，Al-5Mg/Rc-1 重ね部および Rc-1 部を設けた．また，封孔処理剤の有無の影響を評価するために，Al-5Mg 合金溶射皮膜に封孔処理を施した試験体も製作した．腐食促進試験には JIS K5600-7-9 に規定されるサイクル D を適用した．試験体は JIS Z2371 に基づき鉛直方向に対し 15 度に傾けて設置した．また，試験槽内における腐食性の差異の影響を極力低減させるために，1 週間（28cycles）毎に試験体の設置位置をローテーションした．繰返し回数は 100，200 および 300cycles とした．試験終了後の腐食表面性状は，レーザーフォーカス深度計（スポット径：30μm，分解能：±0.05μm）を用いて，0.2mm ピッチで測定した．また，このデータに基づき，各塗膜欠陥における塗膜の膨れ面積 b_A と平均膨れ高さ b_h を算出した．なお，b_A は Al-5Mg/Rc-1 重ね部の健全部における皮膜高さの上位 95%を閾値と設定し，この閾値に比して高い領域を抽出することで算出した．さらに，膨れ皮膜部における断面の元素は EPMA により分析した．

3. 試験結果　300cycles 促進試験した試験体の外観と断面写真を**図-3** に示す．ここでは，0.2mm と 6mm の試験体のみについて示す．線状欠陥を有する試験体は，溶射部と重ね部では腐食していないが，塗装部の鋼素地露出部については，腐食している．一方，帯状試験体については，欠陥部周辺の溶射皮膜に白色の腐食生成物が生じている．これはカソード領域における鋼素地の露出部が増加することで，アノードとしての Al-5Mg の反応が促進されたことを意味している．また，Al-5Mg/Rc-1 の重ね部については，封孔処理剤の有無によらず膨れが生じている．断面 B-B に示すように，Al-5Mg 層内で溶射皮膜が破壊され，膨れが生じている．300cycles 試験後における試験体の表面性状を**図-4** に示す．なお，Al-5Mg 合金溶射皮膜部の平均値を 0（基準面）とした．Al-5Mg/Rc-1 重ね部において皮膜が膨れているが，溶射部および塗装部は健全な状態である．本試験で採用した JIS K5600-7-9 のサイクル D は，湿潤時間が全サイクルの 1/3 程度で乾燥時間に比して短い．したがって，水分が Al-5Mg 皮膜および Rc-1 塗装の皮膜に十分に浸透する前に乾燥サイクルに移行するために，皮膜中の滞水時間が短いと推定される．その結果，Al-5Mg 皮膜および Rc-1 塗装部は 300cycles 後においても皮膜膨れが発生しなかったと考えられる．一方，Al-5Mg/Rc-1 の重ね部については，湿潤サイクル時に溶射皮膜の封孔処理剤の未充填部よりに水分が浸入し，乾燥サイクルに移行しても，塗膜により湿潤状態が保たれ，溶射皮膜内が常時，濡れの状態あったと考えられる．その結果，Al-5Mg/Rc-1 重ね部のみ膨れが発生したと考えられる．Al-5Mg/Rc-1 重ね部の皮膜の膨れ面積 b_A と平均膨れ高さ b_h を**図-5** に示

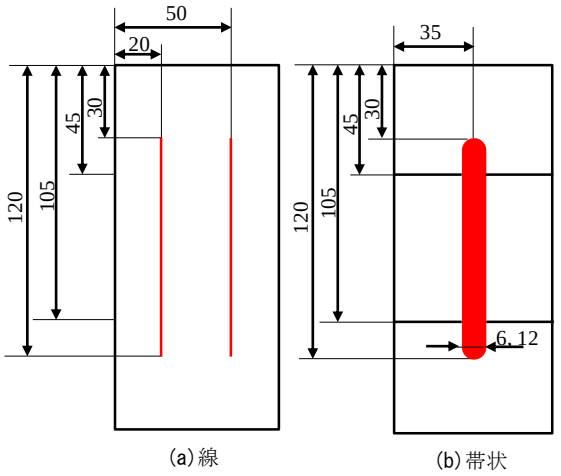


図-1　試験体と欠陥の形状・寸法(単位：mm)

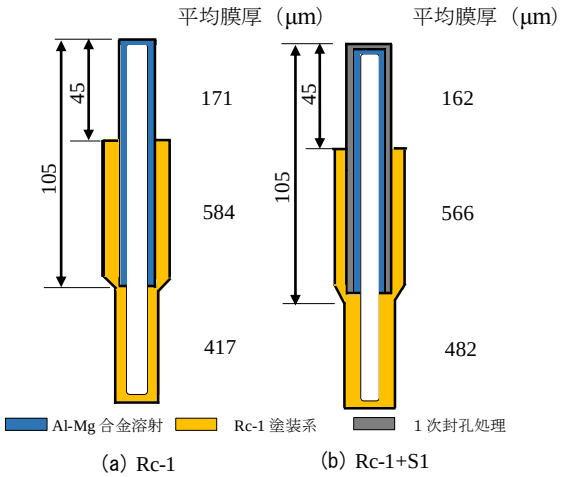
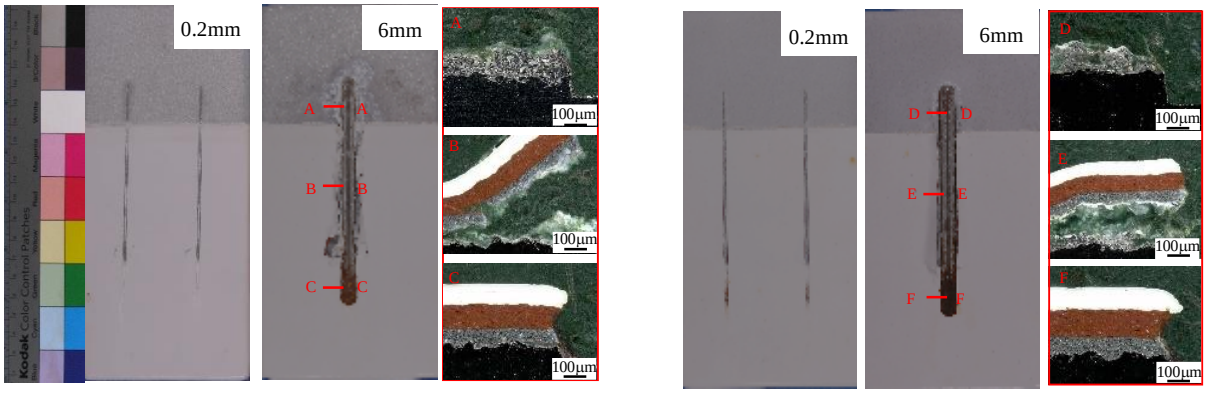


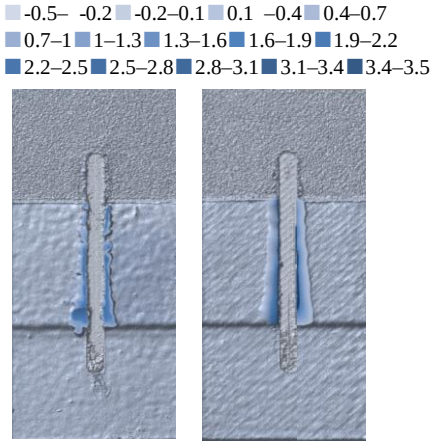
図-2　試験体(単位：mm)

キーワード　防食特性　腐食促進試験　Al/Mg合金溶射と重防食塗装　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



(a) Rc-1　　(b) Rc-1+S1

図-3　試験終了後の試験体外観と断面写真（300cycles 試験後）



(a) Rc-1 試験体　(b) Rc-1+S1 試験体

図-4　試験終了後における試験体の表面性状の例（300cycles）

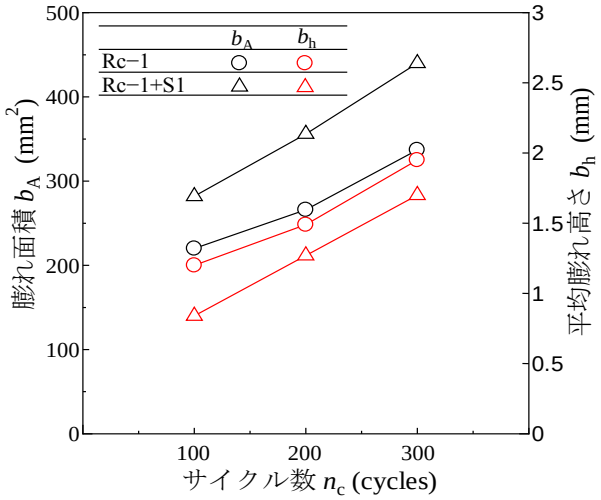


図-5　膨れ面積 b_A と平均膨れ高さ b_h

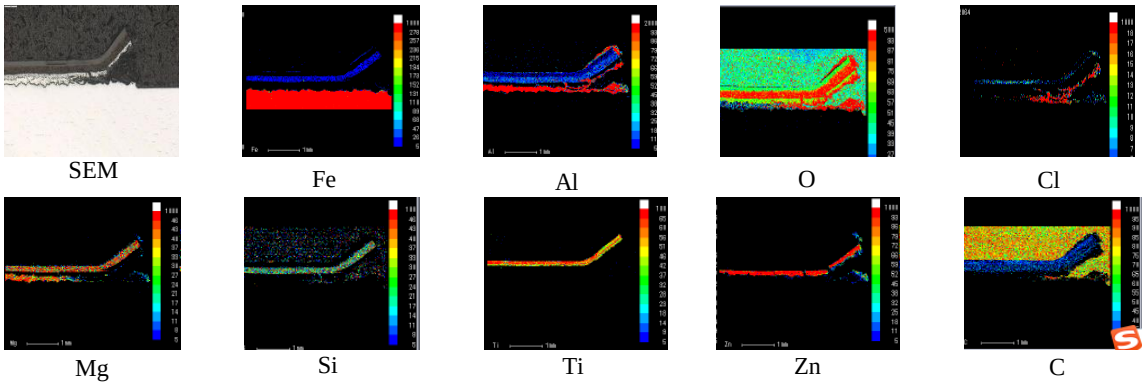


図-6　EPMA の分析結果（Rc-1 試験体）

す．サイクル数の増加にしたがって，b_A と b_h が線形的に増加している．Rc-1+S1 試験体の b_A は，Rc-1 試験体に比して大きくなっている．一方，Rc-1 試験体の b_h は，Rc-1+S1 試験体に比べて大きくなっている．**図-3** および**図-5** で示したように，封孔処理剤の有無により重ね部の膨れ性状が異なり，封孔処理することで広範囲に皮膜膨れが新古することが懸念される．腐食断面の EPMA の分析結果を**図-6** に示す．ここでは，Rc-1 試験体の結果のみについて示す．皮膜膨れ部の**図-6 (a)** の結果から，重ね部の劣化は，カット部の小アノードとなる Al-5Mg 合金溶射皮膜端面から溶射皮膜が腐食劣化することで進行する．これは，前述したように，溶射皮膜内の水分が常時，濡れ状態になったため，溶射皮膜の腐食が促進されたためと考えられる．また，腐食生成物の**図-6 (b)** の結果から，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．

4. まとめ　1）Al-5Mg 合金溶射と Rc-1 重防食塗装の重ね部は，カット部の小アノードとなる溶射皮膜端面から皮膜層内に腐食進行することで劣化する．また，この進行性は封孔処理しない場合に比べて，処理する場合が高くなる．2）溶射皮膜と重防食塗膜の重ね部の防食性能は，これらが単体の皮膜の場合に比して著しく低下する．