

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・防食特性に関する研究

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

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

1. はじめに 近年、塗装仕様の鋼構造物の腐食損傷部に対する防食性能回復や著しい腐食が生じやすい桁端部の予防保全を目的として、耐食性に優れた Al-5Mg 合金溶射¹⁾が採用され始めている。また、溶射が困難な狭隙部については、その周辺を溶射後に狭隙部が塗装されるため、溶射皮膜と塗装の重ね部を設けることになる。そこで、著者らは溶射皮膜や塗膜の単体皮膜に加えて、それらの重ね部などの耐食・防食特性を検討するために、線・帯状の鋼素地露出部を有する試験体の複合サイクル腐食促進試験を行った。しかし、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・防食特性については検討していない²⁾。本研究では Al-5Mg 合金溶射上に重防食塗装を塗布した重ね皮膜にクロスカットを機械加工で導入した試験体を用いて腐食促進試験を行った。

2. 試験方法 試験体には板厚 6mm の JIS G3106 SM490A 材を用いた。試験体として、Al-5Mg 溶射皮膜のみの試験体（以下、溶射試験体）、溶射後に Rc-I 塗装した試験体（以下、未封孔重ね試験体）および溶射後にアクリルシリコン系樹脂塗料により 1 次封孔処理して、Rc-I 塗装した試験体（以下、封孔重ね試験体）の計 3 種類を製作した。試験体とクロスカットの形状・寸法、および試験体の皮膜構成を図-1 に示す。クロスカットは図-1 に示すように、鋼素地露出部の幅が約 0.2mm になるように機械加工した³⁾。なお、クロスカットの位置は、カット下端から試験体下端までの距離を 30mm とした。また、皮膜のみの耐食特性を評価するために、試験体上面に加工を施さない一般部を設けた。複合サイクル腐食促進試験には JIS K5600-7-9 のサイクル D を適用した。試験体は JIS Z2371 に基づき鉛直方向に対して 15° 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。また、1000cycles 後に重ね試験体の劣化状態を比較するために、非接触式 3 次元計測装置（分解能：約 0.01mm、画素数：640×480pixel）を用いて 0.2mm ピッチで測定した。溶射に塗布した塗装劣化の状況の評価するために、皮膜の交流インピーダンス測定（以下、EIS 測定）を行った。また、溶射皮膜の腐食生成物による鋼素地露出部の腐食因子に対する保護性を評価するために、SEM-EDX による元素分析を行った。

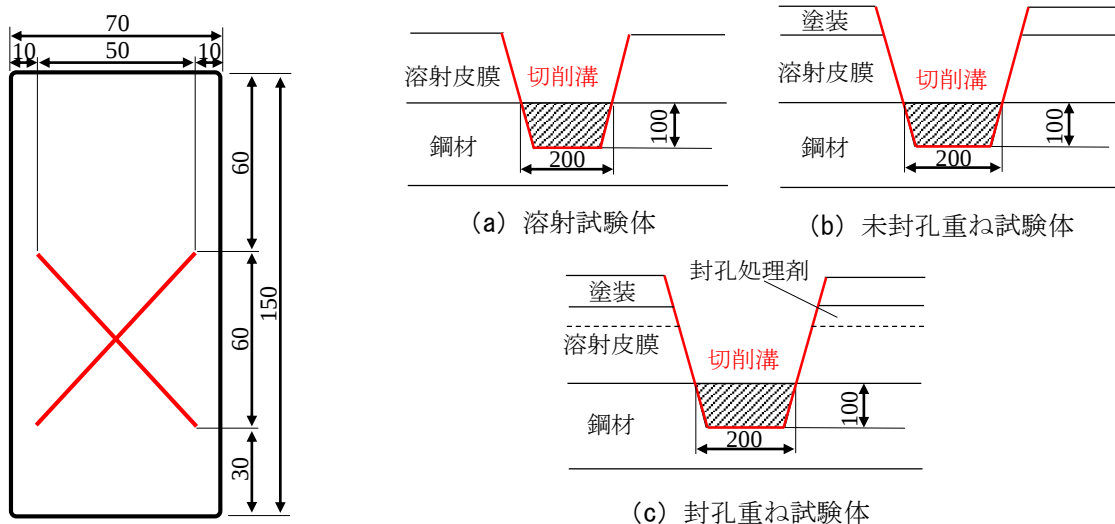


図-1 試験体とクロスカットの形状・寸法（単位：mm）および皮膜構成（単位：μm）

3. 試験結果 試験終了後の試験体の外観を図-2 に示す。溶射試験体については、2000 cycles 後からクロスカット部の一部で溶射皮膜の早期劣化が生じた。この劣化は 1000cycles 以降に著しく進行している。これは鋼板表面の初期不整が原因となっている。すなわち、鋼素地の加工深さの目標値 100μm に対して、劣化部においては傷の深さが 170μm 程度になっているため、鋼素地露出部のカソード領域面積が約 135%大きくなり、Al-5Mg のアノード反応が促進されたことが原因である。したがって、劣化部以外の溶射皮膜については、外観上ほとんど劣化していないと言える。一方、未封孔重ね試験体と封孔重ね試験体については、鋼素地露出部周辺の溶射皮膜には白色系の Al、Mg 由来の酸化物が生成されている。1000 cycles 後の未封孔重ね試験体と封孔重ね試験体の表面性状を図-3 に示す。封孔処理の有無によらず膨れが生じている。これは塗膜下で Al-5Mg 溶射皮膜がアノード反応することで、溶射皮膜の腐食生成物が体積膨張したためと観察される²⁾。また、封孔処理の有無による膨れ性状の差異については、封孔処理剤が腐食要因物質の侵入を抑制することで、溶射皮膜上部ではアノード反応が阻害されるため、溶射皮膜のアノード反応有効領域が未封孔の場合に比して小さくなる²⁾。この結果、封孔処理した場合は、しない場合に比して鋼素地露出部端部から試験体の幅方向により深く溶射皮膜のアノード反応による劣化が進行したと言える。試験体のインピーダンス Z の測定結果を図-4 に示す。腐食試験前後の Z が同程度になっている。この傾向は先行研究²⁾において 300cycles 程度（JIS サイクル D）では、塗膜はほとんど劣化しない結果と一致している。また、試験後における鋼素地露出部の腐食生成物の SEM-EDX による元素分析結果を図-5 に示す。封孔処理有の試験体に比して、封孔処理無の試験体は鋼材露出部の Fe の含有量が極めて少ない。一方、Al と O の含有量は多くなっている。これは溶射皮膜の溶解により Al(OH)₃ などの物質が鋼素地露出部表面に生成されたためと考えられる。また、Al(OH)₃ の析出は主に陽極反応領域の近傍で生じるため、鋼素地近傍で陽極反応が集中する未封孔重ね試験体は、封孔重ね試験

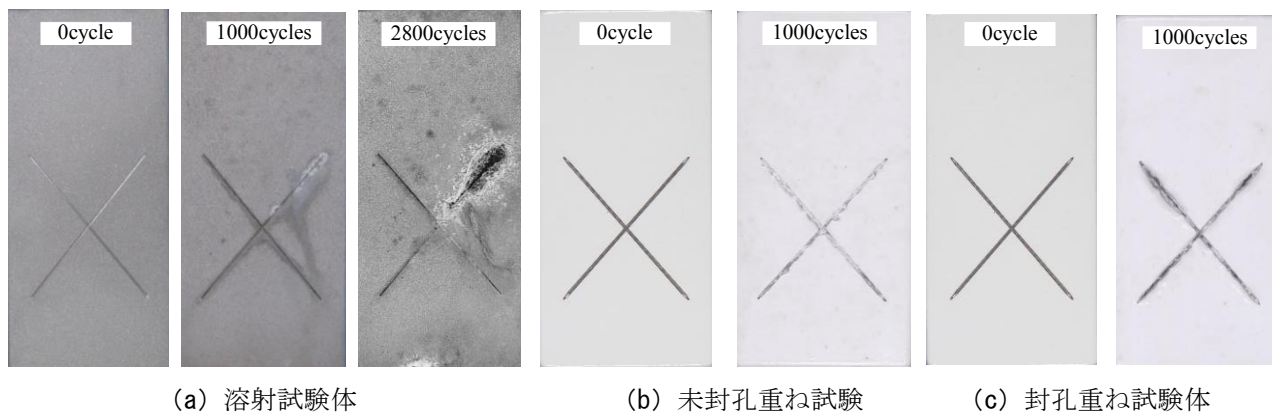
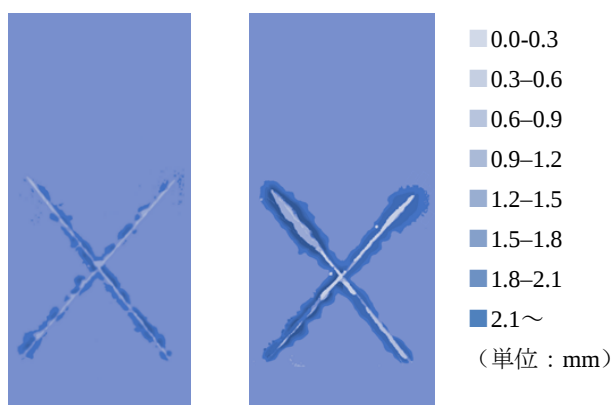


図-2 試験体の表面状態



(a) 未封孔重ね試験体 (b) 封孔重ね試験体

図-3 試験体の膨れ性状

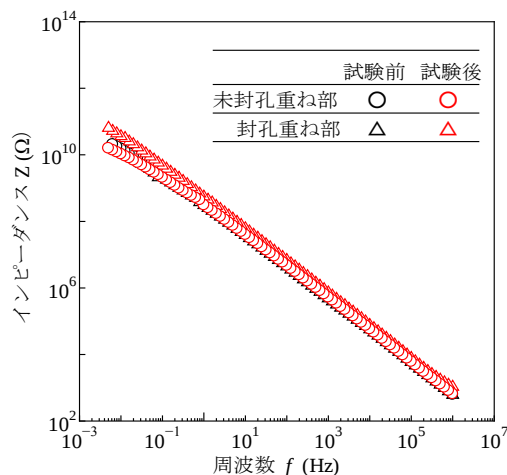
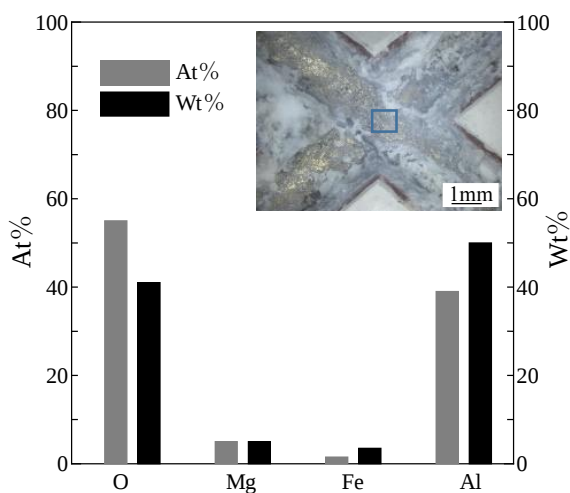
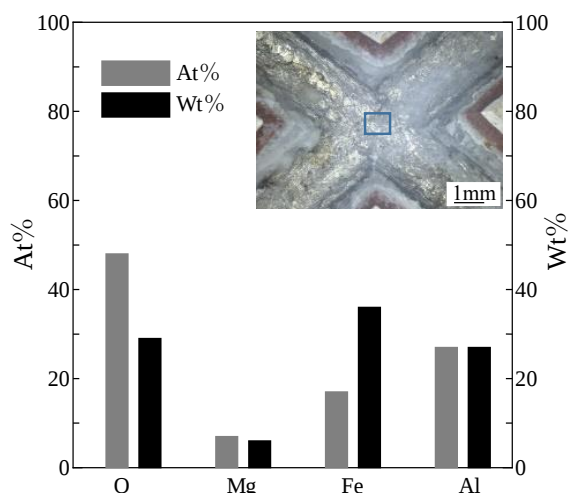


図-4 重ね部のインピーダンス特性



(a) 未封孔重ね試験体



(b) 封孔重ね試験体

図-5 SEM-EDX による元素分析

体に比して鋼素地露出部での析出物が多くなっている。また、析出した $\text{Al}(\text{OH})_3$ が鋼素地露出部の腐食進行を抑制したと考えられる¹⁾。

4. まとめ 1) 重ね部の Al-Mg 溶射皮膜の耐久性は、溶射や塗装が単膜のみの場合に比して著しく低くなる。2) 溶射皮膜に封孔処理した場合は、溶射皮膜のアノード反応有効領域が未封孔の場合に比して小さくなるため、鋼素地露出部端部から試験体の幅方向により深く溶射皮膜の劣化が進行する。3) 封孔処理しない場合は、した場合に比して、溶射の陽極反応領域の近傍で $\text{Al}(\text{OH})_3$ が多量に生成されるため、鋼素地露出部の腐食進行が抑制される。

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) 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.733-739, 2016.