

金属溶射皮膜と重防食塗膜の重ね部の耐久・防食特性に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 井上 拓海 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 楊 昊軒 九州大学大学院 学生会員 鈴木 啓介
西日本高速道路(株) 正会員 豊田 雄介

1. はじめに 近年、腐食性の高い飛来海塩環境下の鋼構造物の防食性能を回復あるいは向上を目的として、Al、Mg および Zn などを用いた金属溶射が用いられる。先行研究^{1,2)}において、NaCl が介在する高腐食性環境における Al-5Mg 合金溶射の耐食・防食特性について検討されている。しかし、Zn および Al 金属溶射の耐食・防食特性には不明な点が多い。本研究では Zn と Al 金属溶射皮膜と重防食塗膜の重ね皮膜にクロスカットを施した試験体（以下、ZT と AT 試験体）の複合サイクル腐食試験を実施することで、それらの耐久・防食特性を検討した。

2. 試験方法 試験体には板厚 6mm の JIS G3106 SM490A 材を用いた。試験体として溶射後に Rc-I 塗装した試験体（以下、ZT-NS と AT-NS）および溶射後にアクリルシリコン系樹脂塗料により 1 次封孔処理を行い、Rc-I 塗装を施した重ね試験体（以下、ZT-S と AT-S）の計 4 種類を製作した。試験体の寸法と皮膜構成およびクロスカットの形状・寸法をそれぞれ図-1 および図-2 に示す。クロスカットは鋼素地面から深さ 100 μm 、鋼素地面で幅 520 μm 程度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部から試験体下端までの距離を 30mm とした。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。試験体表面の膨れ性状は構造化投影位相シフト法を用いた非接触式 3 次元計測装置（測定ピッチ:約 0.2mm, 分解能:約 0.01mm, 画素数:640×480pixel）を用いて測定した。Rc-I 塗装の光沢度の測定について、測定点は試験体表面に導入したクロスカットが劣化特性に及ぼす影響がほとんど無い領域の 2 点とした。光沢度の平均値は各測定点に対して 11 回測定した平均値とした。

3. 測定結果 ZT と AT 試験体の 1,000cycles 後の試験体の表面状態を図-3 に示す。ZT, AT 試験体ともにクロスカット部付近の白色系の腐食生成物が経時的に増加している。この腐食生成物により鋼素地の腐食が抑制されたと考えられる⁴⁾。ZT 試験体はクロスカット部で 500cycles 後ではほとんど観察されなかった腐食生成物が 1,000cycles では多量に確認される。一方、AT 試験体については、クロスカット部における白色系の腐食生成物はほぼ見られない。ZT 試験体は封孔処理の有無によらず、外観に大きな差異は観察されない。一方、AT-NS 試験体の外観は膨れ部が著しく欠損している。AT-S ではわずかに欠損が観察される。ZT 試験体と比して封孔処理の有無で外観が大きく異なっている。これは封孔処理したことで、金属溶射皮膜が酸素や塩分などの外部の腐食因子との接触面積が小さくなった結果、犠牲陽極部の反応面積が小さくなったためと考えられる⁵⁾。1000cycles 後の試験体の膨れ性状を図-4 に示す。ZT 試験体では、封孔処理の有無によらずクロスカット部で発生した腐食生成物に起因する体積膨張による膨れが観察された。また、AT 試験体はクロスカット近傍部にて塗膜下で発生した腐食生成物に起因する膨れが観察された。これは Zn 由来の腐食性生物がクロスカット部で発生するためであり、Al 由来の腐食性生物は塗膜下で反応したためであると推察される。Rc-I 塗装の光沢度保持率を図-5 に示す。塗膜は 1,000cycles 終了時も光沢度保持率 85%以上を保持していることから、ほとんど劣化が生じていないと言える。以上の結果から、クロスカット部近傍における塗膜膨れは重防食塗装の劣化に起因するのではなく、鋼素地露出部の溶射金属の腐食反応により生じたものと考えられる。Zn 溶射塗装重ね皮膜においてクロスカット部に白色系の腐食生成物が発生しており、鋼素地の腐食が抑制されるため、Zn 溶射塗装重ね皮膜の耐久・防食特性は、Al 溶射塗装重ね皮膜に比して、優れていると言える。

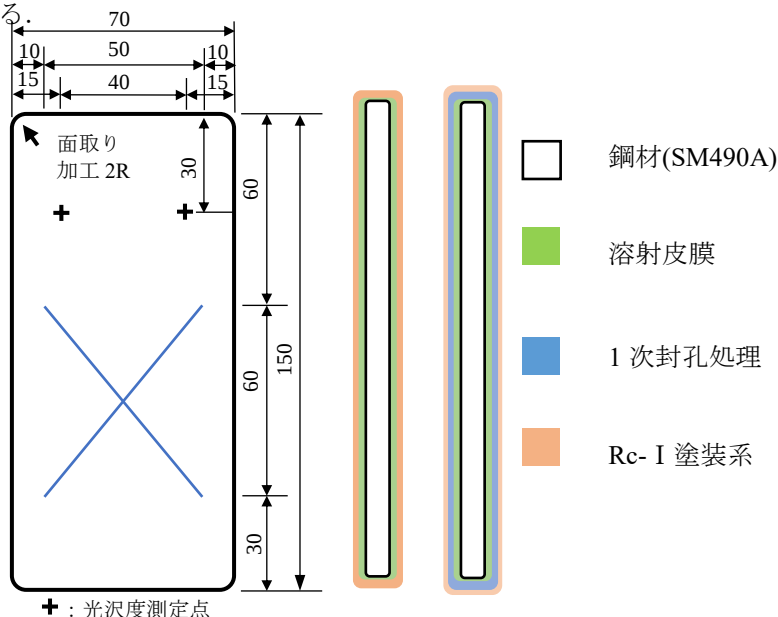


図-1 試験体の寸法と皮膜構成（単位：mm）

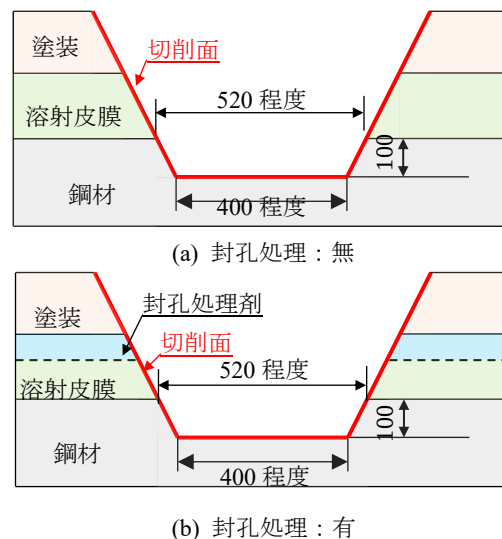


図-2 クロスカットの形状・寸法（単位： μm ）



図-3 1,000cycles 後の試験体の表面状態

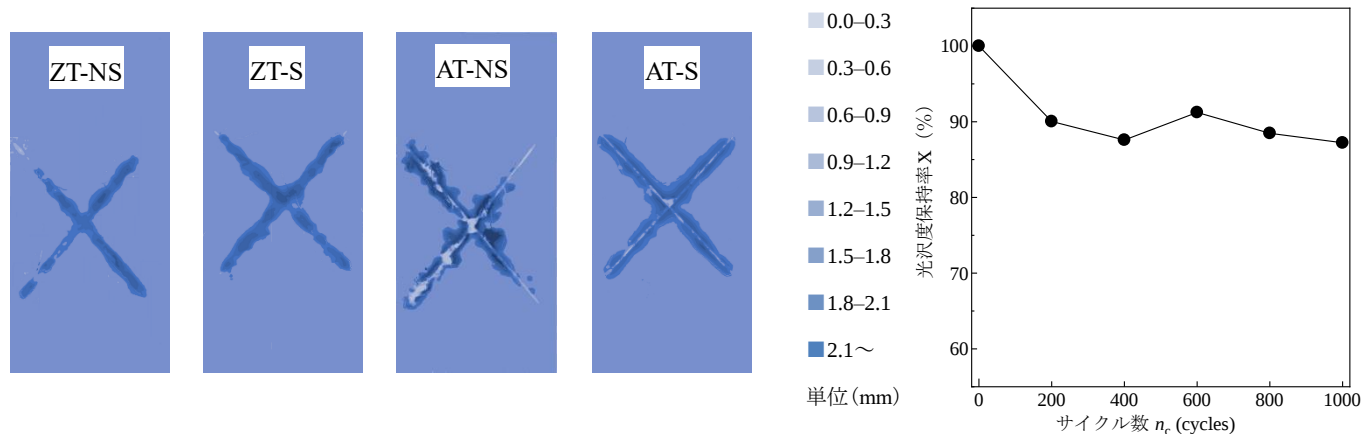


図-4 1,000cycles 後の試験体の膨れ性状

図-5 Rc-I塗装系の光沢度保持率

4. まとめ 1,000cycles 程度のサイクル D (JIS K 5600-7-9) に相当する腐食環境における各溶射皮膜と重防食塗装の重ね皮膜の耐久・防食特性について、本研究で得られた主な知見を以下に示す。1) Zn 金属溶射皮膜に重防食塗装した重ね皮膜の耐久性は、封孔処理の有無によらず同程度である。また、Al 金属溶射皮膜に重防食塗装した重ね皮膜に比して劣化しにくい。2) Al 金属溶射と塗装の重ね皮膜の劣化は、未封孔の場合は封孔処理の場合と比べて、溶射皮膜が劣化しやすい。3) Zn 溶射塗装重ね皮膜は、クロスカット部に発生した白色系の腐食生成物により、鋼素地の腐食が抑制されるため、その防食性能は Al 溶射塗装重ね皮膜に比して高い。

参考文献 1) 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 A1, Vol.75, No.3, pp.280-292, 2019. 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.