

塗膜傷間の鋼材腐食に対するジンクリッチペイントの防食作用に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 ○鈴木 啓介

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信

1. はじめに 近年、鋼橋の塗装系には塗膜の高耐久性化の観点から、ジンクリッチペイントを用いた重防食塗装系が用いられるようになってきた。新設橋には厚膜形無機ジンクリッチペイント（以下、無機ジンク）、塗替え塗装時には厚膜形有機ジンクリッチペイント（以下、有機ジンク）が一般に適用されている。ジンクリッチペイントは亜鉛末を多量に含むことから、これが鋼素地と電氣的に短絡することで生じる犠牲防食作用により、鋼素地が防食されると言われている。しかし、有機ジンク塗料については、主なバインダー先がエポキシ樹脂であるため、無機ジンク塗料に一般に用いられるアルキルシリケートとは異なる。そのため、亜鉛末と鋼素地の電氣的短絡が阻害され、犠牲防食作用が期待できないことが指摘されている。本研究では、有機ジンクと無機ジンクの乾湿繰り返し環境における犠牲防食作用を定量的に評価することを目的として、塗膜傷を導入した試験体を用いて塗膜傷間のマクロセル腐食電流を測定した。

2. 測定方法 試験体の電極は、普通鋼（JIS G3106 SM490A）の鋼板（300×200×36mm）を機械加工することで製作した。試験体の各電極間には、絶縁と電極を固定するためにエポキシ系樹脂を充填した。試験体の概略図および回路図を図-1に示す。塗膜傷対は2-1mmとした。塗装においてジンクリッチペイントの膜厚は、Rc-IおよびC-5塗装系の防食下地の膜厚である75 μm 、エポキシ系樹脂の膜厚は120 μm を目標値として塗布した。水膜は0.5mass%NaClaq（水膜厚：10mm、水温：22 $^{\circ}\text{C}$ ）とし、傷径は2-1mm、塗膜傷間の縁端距離は14mmとした。試験体表面を水平状態で浸漬状態に相当する水膜厚にすること、および早期に試験体表面を乾燥させることに配慮して、2mmの水膜厚のNaClaq（水温：22 $^{\circ}\text{C}$ ）に浸漬した。次に、試験体表面に2 $^{\circ}$ の勾配を与えることで、水膜の乾燥方向を制御し、実飛来海塩環境を模擬するためNaClaqの濃度は0.5mass%とした。電極間のマクロセル腐食電流の測定は、試験体が乾燥するまで30秒毎に継続して行った。試験体が完全に乾燥した後、再度水膜厚が水平状態の場合に2mmとなるように純水を追加し、濃度0.5mass%を維持した。乾燥過程における電流の測定は10回目の乾燥まで繰り返し行い、水膜の乾燥方向は $\phi 2\text{mm}$ から $\phi 1\text{mm}$ 方向とした。本研究では、マクロセル腐食を塗膜傷間の電子の移動による腐食と定義し、マイクロセル腐食を各塗膜傷内で電子のやり取りが行われる全面的な自己腐食として定義した。また、マクロセル腐食において、 $\phi 2\text{mm}$ がアノードサイトとなるときに測定される電流を正として試験を行った。

3. 測定結果 本試験で得られた有機ジンクのマクロセル腐食電流密度 i_{corr} と外観写真をそれぞれ図-2と図-3に示す。有機ジンクでは7th cycleまでは i_{corr} が正となっており、 $\phi 2\text{mm}$ の傷部に全面的な腐食が確認された。 i_{corr} が正であることから、マクロセル反応による腐食であると考えられる。一方、 $\phi 1\text{mm}$ の傷部についても6th cycleまでに部分的な腐食が確認され、7th cycle時点では全面に腐食が生じた。これは有機ジンクに含まれる亜鉛末が消失したことで、マイクロセル反応によって腐食が進行したと推察される。無機ジンクの腐食電流密度 i_{corr} と外観写真をそれぞれ図-4と図-5に示す。無機ジンクの i_{corr} は、1st, 2nd cycleでは負の値になっている。一方、 $\phi 1\text{mm}$ の傷部では腐食は確認されない。したがって、測定された i_{corr} は、塗膜傷間の短絡による i_{corr} ではなく、亜鉛末による犠牲防食電流であると考えられる。また、3rd cycle以降では i_{corr} は0近傍に位置している。これは傷径の小さい側の塗膜傷部が亜鉛末由来の化合物 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ で保護されることで、塗膜傷間の電氣的短絡が抑制されたためと推察される。7th cycleでは $\phi 2\text{mm}$ の傷部に部分的な腐食が確認されたが、 i_{corr} は0程度になっている。この結果はマイクロセル反応により腐食が進行したことが原因であると考えられる。また、無機ジンクの $\phi 1\text{mm}$ の傷部において、10th cycleまでに外観上の腐食は確認されなかったため、無機ジンクによる犠牲防食反応は傷径が小さいほど発現しやすいと考えられる。以上の結果から、乾湿繰り返し環境下における無機ジンクの亜鉛末による犠牲防食作用は、有機ジンクに比して発現しやすいと言える。

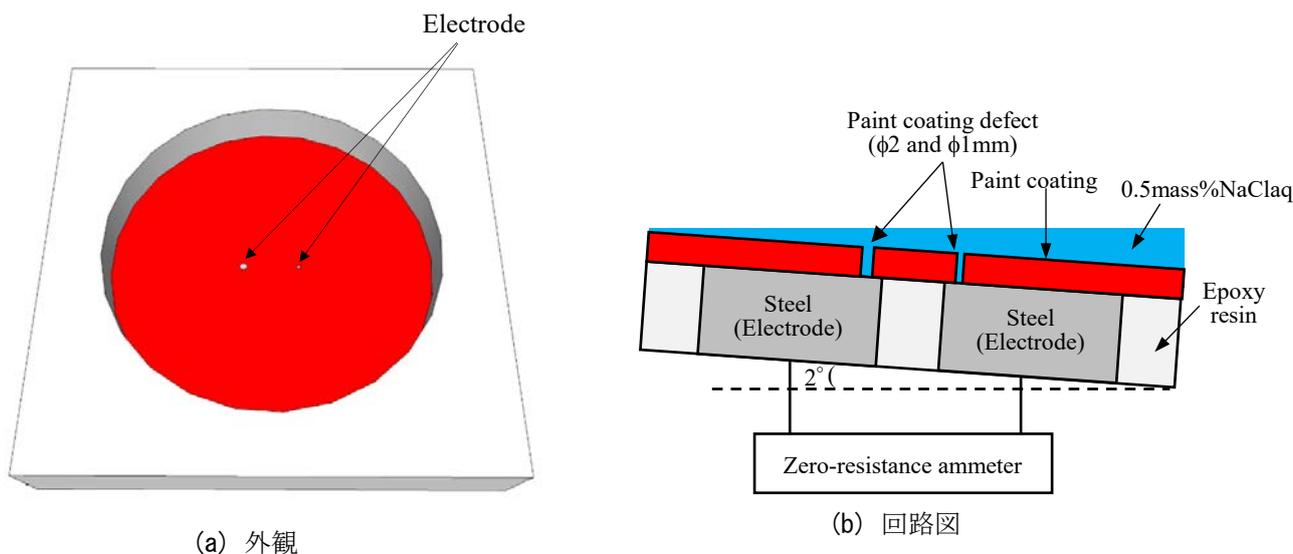


図-1 試験体の外観と回路図

キーワード 腐食, 塗装, ジンクリッチ塗料, 電気化学試験, マクロセル腐食, ミクロセル腐食

連絡先〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 TEL:092-802-3392

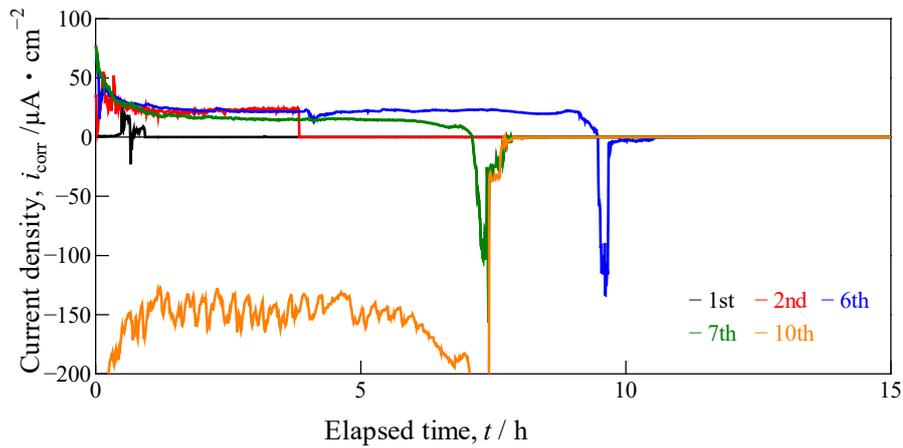


図-2 腐食電流密度の経時性(有機ジンク)

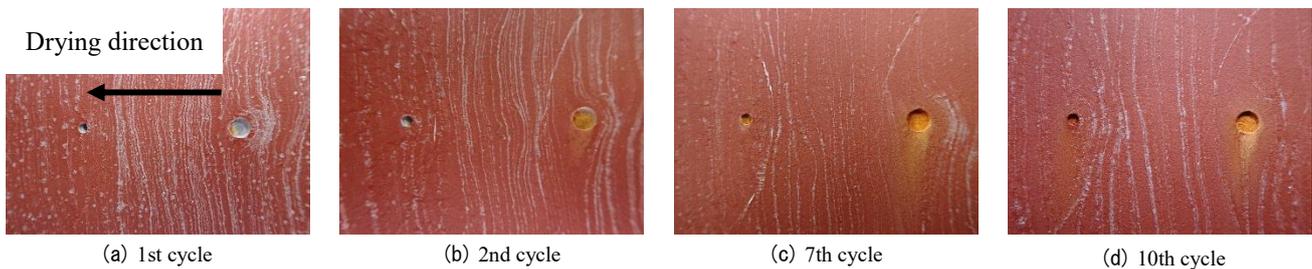


図-3 乾燥後の試験体の外観(有機ジンク)

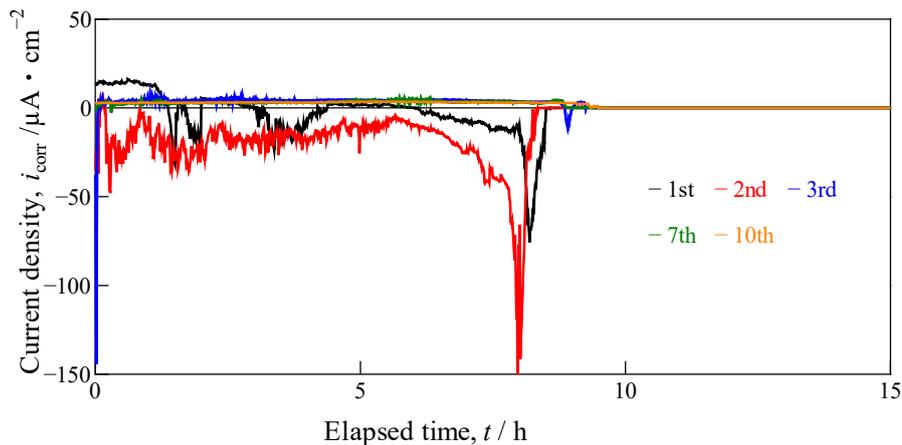


図-4 腐食電流密度の経時性(無機ジンク)

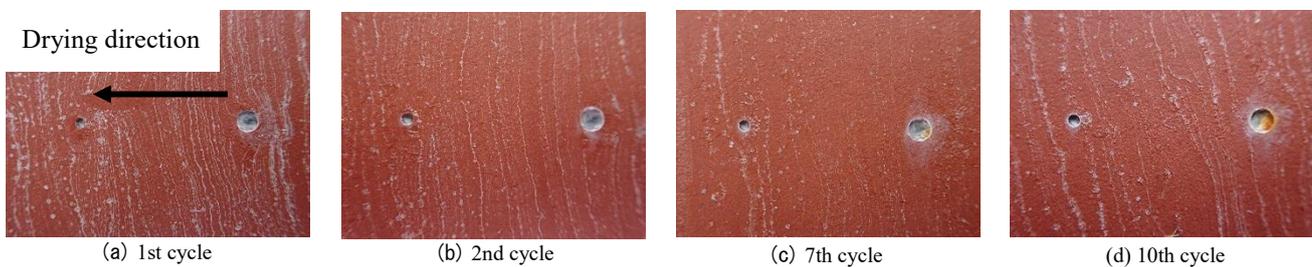


図-5 乾燥後の試験体の外観(無機ジンク)

4. まとめ

1)ジンクリッチ塗膜の2つの塗膜傷間における鋼素地が短絡する場合、乾湿繰り返し環境では傷径の大きい側の塗膜傷が先行して腐食する。2)有機ジンクリッチ塗膜は初期では傷径の小さい側の塗膜傷に対しておいて、2つのうち傷径の小さい側の塗膜傷に対して防食作用を発現するが、長期的な防食効果は期待できない。3)無機ジンクリッチ塗膜では、亜鉛末の犠牲防食作用により塗膜傷間の電氣的短絡が抑制されることによる防食性能が期待できる。

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.