

## 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 学生会員 井上 凌

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信  
九州大学大学院 正会員 楊 沐野

**1. はじめに** 橋梁など鋼構造物の塗装には、鋼素地に対する防食の観点から、ジンクリッチペイントが広く用いられている。新設橋には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り、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、乾湿繰り返し環境における有機ジンクと無機ジンクの犠牲防食効果を定量評価することを目的として、塗膜傷を導入したモデル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、板厚36mmの普通鋼板（JIS G3160 SM490A）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。試験体の概略図を図-1に示す。試験体の塗装は、ジンクリッチペイントを塗布し、変性エポキシ樹脂塗料を塗布することで行った。ジンクリッチペイントの膜厚は、Rc-IとC-5塗装系の防食下地の標準膜厚75 $\mu\text{m}$ とした。また、変性エポキシ樹脂塗料の膜厚は120 $\mu\text{m}$ を目標値として塗布した。傷径は $\phi 2\text{-}1\text{mm}$ 、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0.5 mass%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 sec.毎に行った。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%を保持した。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般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 $\phi 2\text{mm}$ 側がアノード部となるとときに生じ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 $i_{\text{corr}}$ 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7cyclesまでは正の $i_{\text{corr}}$ が生じており、 $\phi 2\text{mm}$ の塗膜傷に全面腐食が生じている。これは $i_{\text{corr}}$ 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、 $\phi 1\text{mm}$ の塗膜傷についても6cyclesまでに部分的な腐食が観察され、7cycles時点では全面腐食に変化している。これは塗膜傷の加工時に露出した有機ジンクの亜鉛が消失後に亜鉛末の溶解がバインダーにより阻害されたことで、マイクロセル反応により腐食が進行したためと推察される。無機ジンクの腐食電流密度 $i_{\text{corr}}$ と外観写真をそれぞれ図-4と図-5に示す。無機ジンクでは1と2cyclesで負の $i_{\text{corr}}$ となっている。一方、 $\phi 1\text{mm}$ の電極では腐食が観察されない。したがって、測定された電流密度は塗膜傷間の短絡による $i_{\text{corr}}$ ではなく、亜鉛の反応による犠牲防食電流であると考えられる。また、3cycles以降では $i_{\text{corr}}$ は0近傍に位置している。これは、小さい側の塗膜傷が亜鉛由来の酸化皮膜 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 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と考えられる。7cyclesにおいて $\phi 2\text{mm}$ の塗膜傷に部分的な腐食が確認された一方で、電流密度は0近傍に位置していることから、これはマイクロセル反応により腐食が進行したと考えられる。また、無機ジンク $\phi 1\text{mm}$ の塗膜傷において、10cycles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は傷径が小さいほど作用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いて、有機ジンクの犠牲防食作用は無機ジンクに比して期待できないと言える。

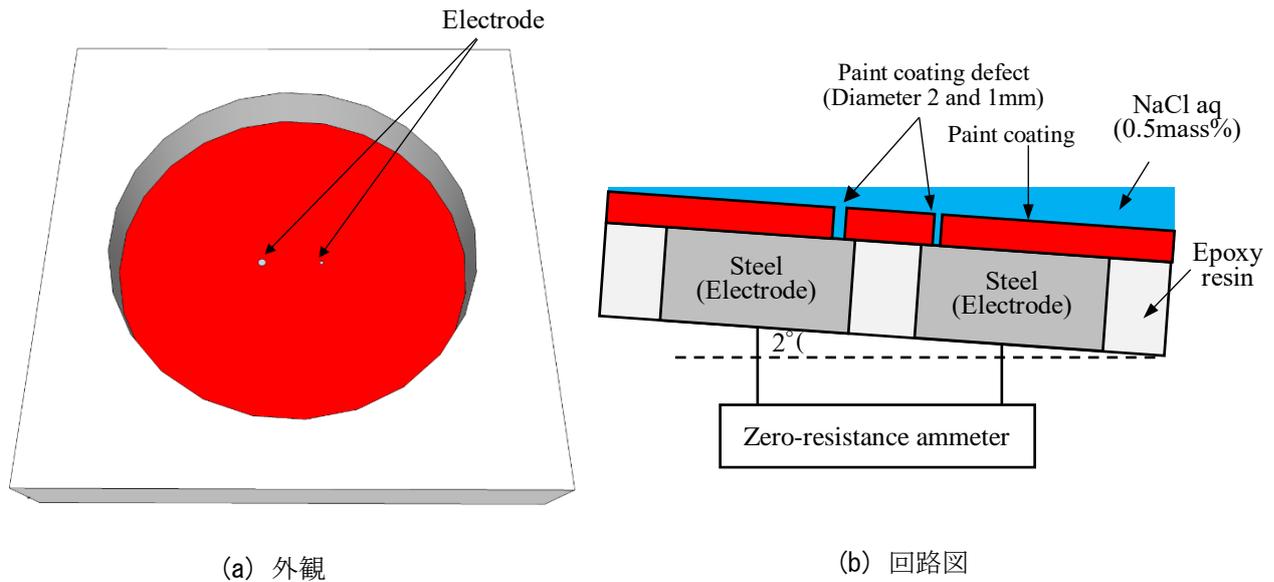


図-1 試験体の概略図

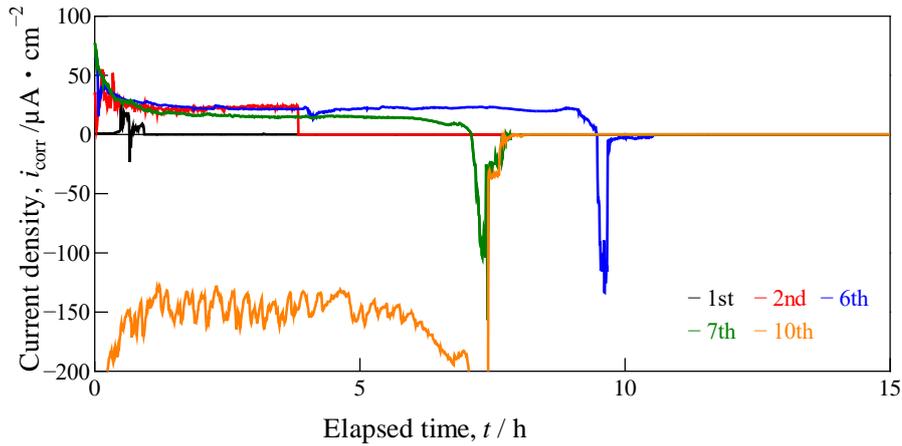


図-2 腐食電流密度の経時性(有機ジンク)

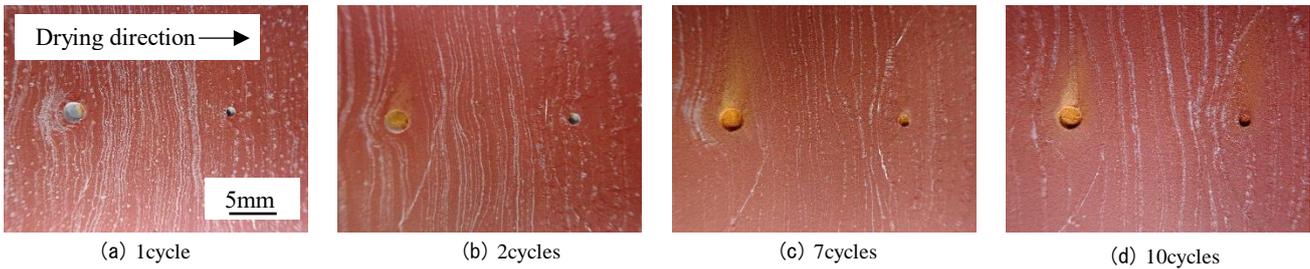


図-3 乾燥後の外観(有機ジンク)

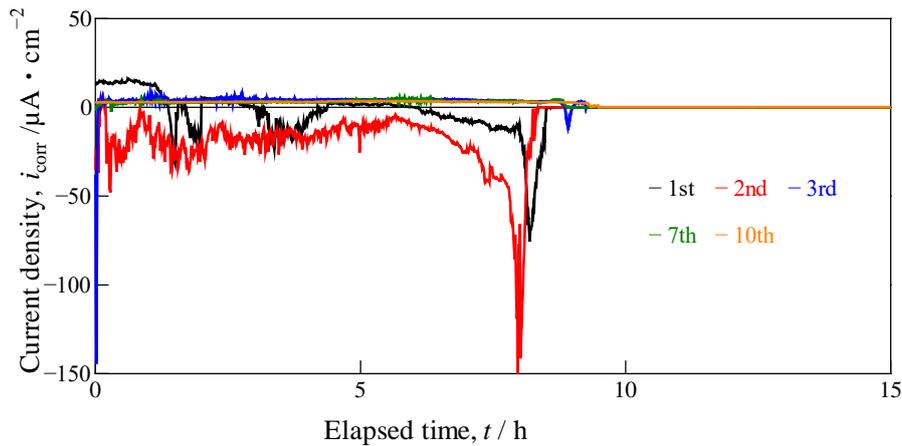


図-4 腐食電流密度の経時性(無機ジンク)

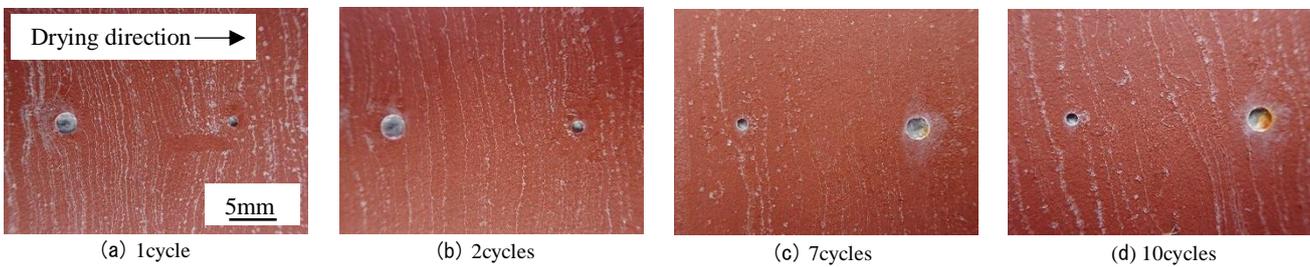


図-5 乾燥後の外観(無機ジンク)

4. まとめ

1)防食下地を有する塗装系の塗膜傷で鋼素地露出部が短絡する場合、乾湿繰り返し環境では2つのうち傷径の大きい側の塗膜傷部の腐食が先行して進行する。2)有機ジンクリッチペイントは初期段階では、2つのうち傷径の小さい塗膜傷に対して、塗膜傷の機械加工時に露出した亜鉛末により犠牲防食作用が生じる。しかし、長期的な犠牲防食作用は期待できない。3)無機ジンクリッチペイントでは亜鉛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ため、有機ジンクリッチペイントに比して高い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.