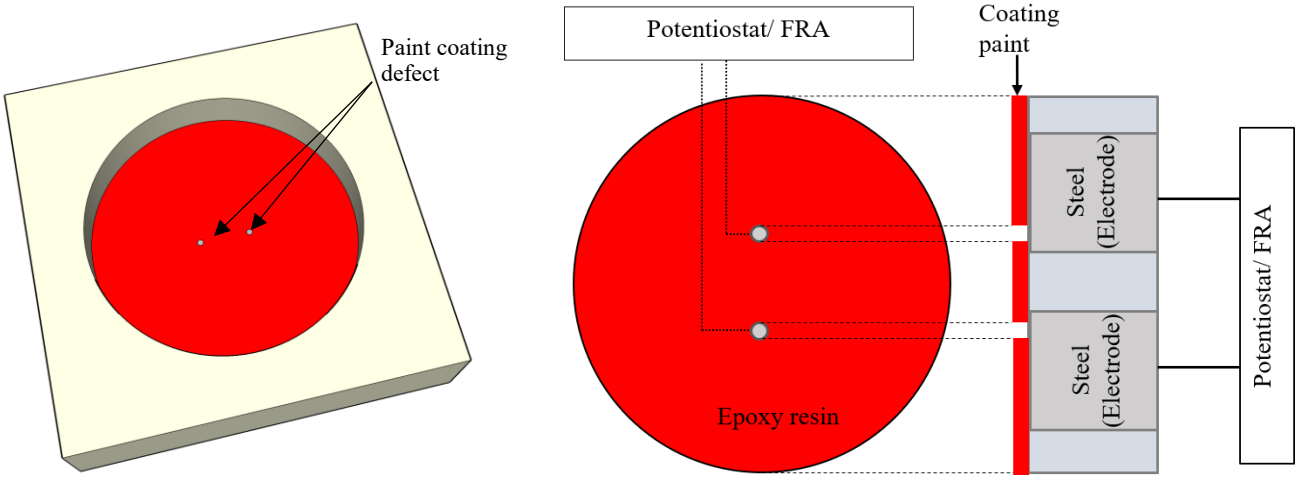
ジンクリッチ塗膜の傷における鋼材腐食の電気化学機構に関する基礎的研究

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　学生会員　宮崎　泰樹　　九州大学大学院　非会員　佐島 隆生

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，これが鋼素地と電気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レケートとは異なり，亜鉛末と鋼素地の電気的短絡が阻害され，犠牲防食作用が期待できないことが指摘されている [1]．本研究では，有機ジンクと無機ジンクの犠牲防食効果を定量的に評価することを目的として，2 電極を有する塗膜傷のモデル試験体を用いて塗膜傷のミクロセル腐食を定量評価するため，試験体の EIS 測定を実施した．

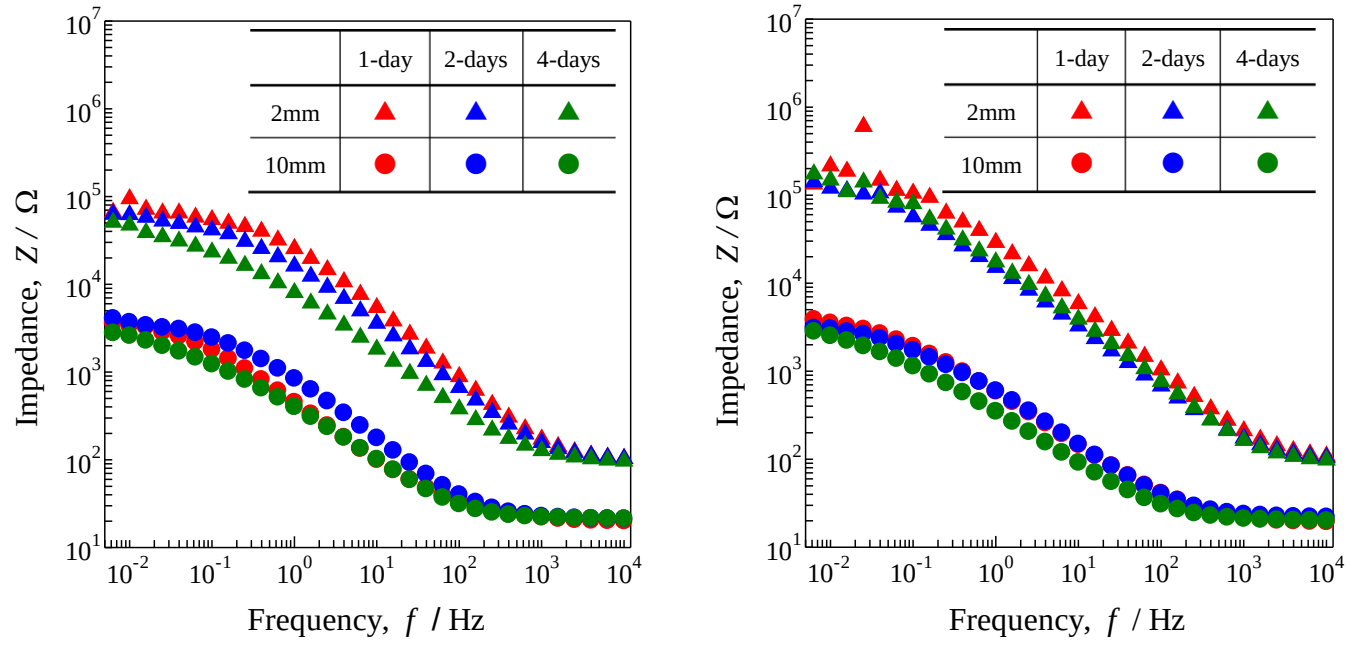
２．測定方法　試験体の電極は，普通鋼（JIS G3106 SM490A）の鋼板（300×200×36mm）を機械加工することで製作した．試験体の各電極間には，絶縁と電極を固定するためにエポキシ系樹脂を充填した．試験体の概略図および回路図を**図-1** に示す．塗膜傷対は 2-2mm と 10-10mm とした．塗装は樹脂部のみにプライマー0.1μm を 1 層塗布した後，ジンクリッチペイントとエポキシ系樹脂を塗布した．ジンクリッチペイントの膜厚は，Rc-I と C-5 塗装系の防食下地の膜厚である 75μm，エポキシ系樹脂の膜厚は 120μm とした．また，ジンクリッチペイントによる犠牲防食効果の有無を検討するため，塗膜傷をエポキシ樹脂と電極の突起で模擬した試験体（以下，エポキシ）も制作した．水膜は 3.5mass%NaClaq（水膜厚：10mm，水温：22℃）とし，経時変化を確認するため，試験開始後，1，2 および 4 日の時点で EIS 測定した．EIS 測定は 2 電極間の印加電圧を 10mV とし，5mHz から 10kHz までの周波数について実施した．分極抵抗は低周波側の 5mHz の抵抗値と高周波側の 10kHz の抵抗値の差分に電極の表面積を乗じることで算出した．また，ミクロセル腐食の電流密度は，Stern-Geary 定数 [2]を分極抵抗で除すことで算出した．この定数には，工学的検討で一般に用いられる値である 0.0209V とした．

３．測定結果　本測定で得られたインピーダンス特性を**図-2** に示す．高周波側と低周波側において，有機ジンク，無機ジンクともに一定値を示している．また，いずれの場合も，位相差が-45°を超える領域が確認されたため，均一な電流分布が得られている．この結果から，分極抵抗に基づきミクロセル腐食電流密度を適切に算出できると言える．算出したミクロセル腐食電流密度 i_{corr} を**図-3** に示す．図中にエポキシの結果も併記する．防食下地と塗膜傷径によらず，i_{coor} は犠牲防食作用によりエポキシと比して小さくなっている．塗膜傷径 2mm において，無機ジンクは経時的に i_{corr} が減少している．これは水酸化亜鉛が付着することで鋼材露出部の抵抗が増加したためと考えられる．また，4 日後については，無機ジンクの i_{corr} は有機ジンクの i_{corr} に対して約 0.29 倍となっており，無機ジンクの犠牲防食効果は有機ジンクと比して大きくなっている．一方，塗膜傷径 10mm については，防食下地による i_{corr} の



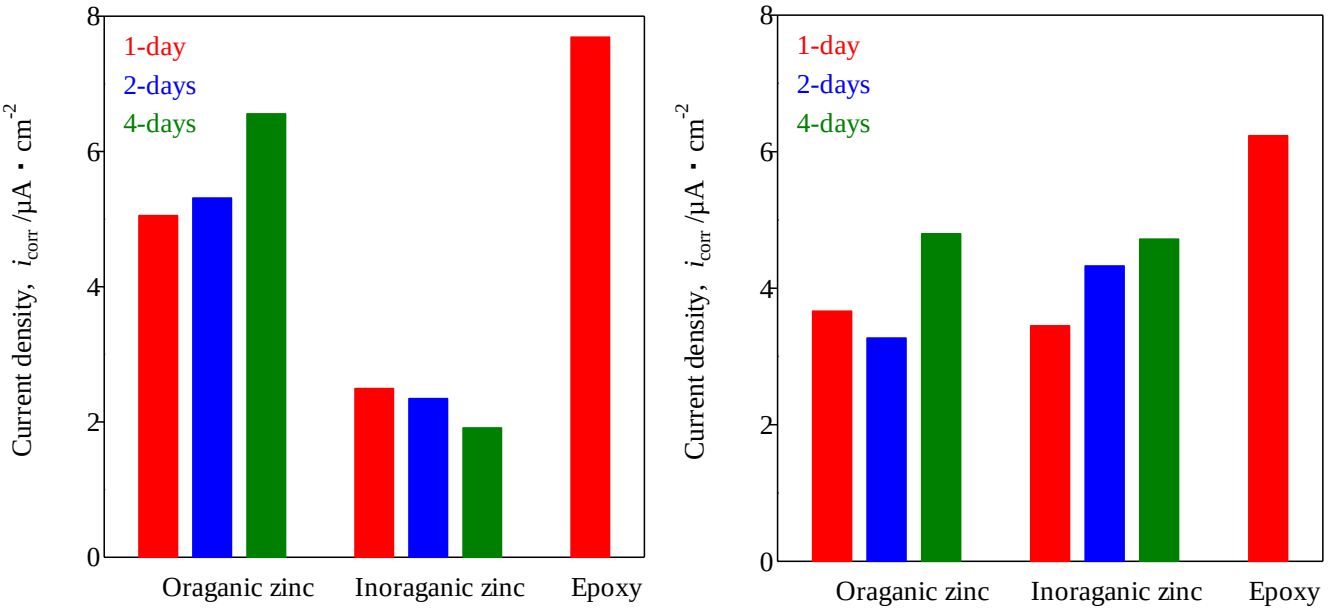
(a) 外観図　　(b) 回路図

図-1 試験体の概要



（a）有機ジンクリッチペイント　　（b）無機ジンクリッチペイント

図-2 インピーダンス特性



（a）塗膜径 2mm　　（b）塗膜傷径 10mm

図-3 ミクロセル腐食電流密度の経時変化

差異はほとんど無い．これは防食下地の露出面積に対する鋼材の露出面積が大きいことや，ジンクリッチペイントと鋼材の距離が大きくなるためと推察される．

4．まとめ　1）傷径が 2mm の場合，無機ジンクリッチペイント塗料による防食効果は有機ジンクリッチペイントに比して大きい．2）傷径が 10mm の場合，有機ジンクリッチペイントと無機ジンクリッチペイントによる犠牲防食効果は発揮されるが，差異はほとんど無い．

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（構造・地震工学）Vol.73, No.2, pp.496-511, 2017.
2) M. Stern and A. L. Geary：Electrochemical Polarization: I. A Theoretical Analysis of the Shape of Polarization Curves, Journal of the Electrochemical Society, Vol.104, No1, pp.56-63, 1957.