

乾湿繰り返し環境における近接塗膜傷間の鋼材腐食の電気化学特性

九州大学大学院 学生会員 ○樋口 亮

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信

1. はじめに 鋼桁橋の外桁の内面や内桁などでは、紫外線による光ラジカル反応による塗膜劣化が生じにくい。しかし、これらの部位は、飛来海塩環境では海塩が付着・蓄積する環境に曝されるため、ピンホールや顔料粒子との接触界面等に生じたホリデーを介して、進行性の高いマクロセルによる局部腐食が生じやすい。また、腐食は単体の塗膜傷からの進行に加え、複数の塗膜傷が相互干渉しながら進行する場合もある。著者らは先行研究¹⁾で乾湿繰り返し環境における近接する2つの塗膜傷部は双方の傷部から腐食が進行することを明らかにした。しかし、塗膜傷内における腐食特性は解明されていない。そこで、本研究では近接する塗膜傷が相互干渉する場合の塗膜傷内における電気化学特性を解明するため、塗膜傷を模擬した電極を分割したモデル試験体を製作し、その腐食電流を測定した。

2. 測定方法 試験体の電極は普通鋼板 (JIS G3106 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目的でエポキシ系樹脂を充填した。試験体の概略図と形状・寸法を図-1に示す。試験体の滞水対象領域については#240~2000のエメリー紙を用いて湿式研磨処理した。2つの電極の露出部分の外径は $\phi 10\text{mm}$ と 3mm の対とした。外径 $\phi 10\text{mm}$ の領域については、領域内の周縁部と中心部、および $\phi 3\text{mm}$ の領域に近い側と遠い側の間で流れている腐食電流を測定するために、図中に示すように OF, IF, IC, および OC の4つの領域に分割した。これら4つの領域の面積は全て等しく、縁端距離は $250\mu\text{m}$ とした。また電極間の縁端距離は 14mm とした。各分割電極間を試験体の裏側で導線を介して1点で接続することで、各領域間のマクロセル腐食電流を測定するための回路を形成した。また、試験体の滞水表面に 1° の勾配を設けることで水膜の乾燥方向を制御し、 $\phi 10\text{mm}$ の電極から乾燥する場合と $\phi 3\text{mm}$ の電極から乾燥する場合の2種類の条件で電流測定を行った。水膜はNaCl aq (水温: 22°C) とし、初期水膜厚は試験体が水平状態の場合に 1mm とした。様々な飛来海塩環境に曝される鋼道路橋の構造部位には、 $1\sim 10,000\text{mg}/\text{m}^2$ 程度の塩が付着しているとの報告がある^{2),3)}。本試験では付着塩分量が $10,000\text{mg}/\text{m}^2$ の環境を想定して、初期塩水濃度を $1\text{mass}\%$ として腐食電流を測定した。電流測定は室内環境で行い、電極間の腐食電流の測定を試験体が乾燥するまで 40sec .毎に継続して行った。また、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、ミクロセル腐食を各塗膜傷内で電子の授受される腐食と定義した。

3. 測定結果 各領域間を流れる腐食電流密度 i_{corr} の経時変化を図-3に示す。 i_{corr} は腐食電流を測定された領域の面積で除すことにより算出した。ここでは、アノード電流を正、カソード電流を負としている。また、 $\phi 3\text{mm}$ の電極の電流値において、正の場合は $\phi 3\text{mm}$ の電極がアノード、負の場合は $\phi 10\text{mm}$ の電極がアノードとなってマクロセル腐食が進行していることを意味する。 $\phi 3\text{mm}$ の電極から乾燥する場合、 $\phi 3\text{mm}$ の電極はカソードに固定されてマクロセル腐食が進行している。 $\phi 3\text{mm}$ 電極が $\phi 10\text{mm}$ 電極と短絡する場合は $\phi 10\text{mm}$ 電極のすべての領域で正の電流値が測定されている。一方、 $\phi 3\text{mm}$ 電極が乾燥し、 $\phi 10\text{mm}$ 電極と $\phi 3\text{mm}$ 電極が絶縁した直後は、 $\phi 10\text{mm}$ 電極の周縁部に相当する OF と OC 領域がカソード、中央部に相当する IF と IC 領域がアノードとなり腐食が進行している。したがって、 $\phi 3\text{mm}$ の電極から乾燥する場合、 $\phi 3\text{mm}$ 短絡時は、 $\phi 10\text{mm}$ 電極内のカソード反応が抑制されていると推察される。一方、 $\phi 10\text{mm}$ の電極から乾燥する場合、 $\phi 3\text{mm}$

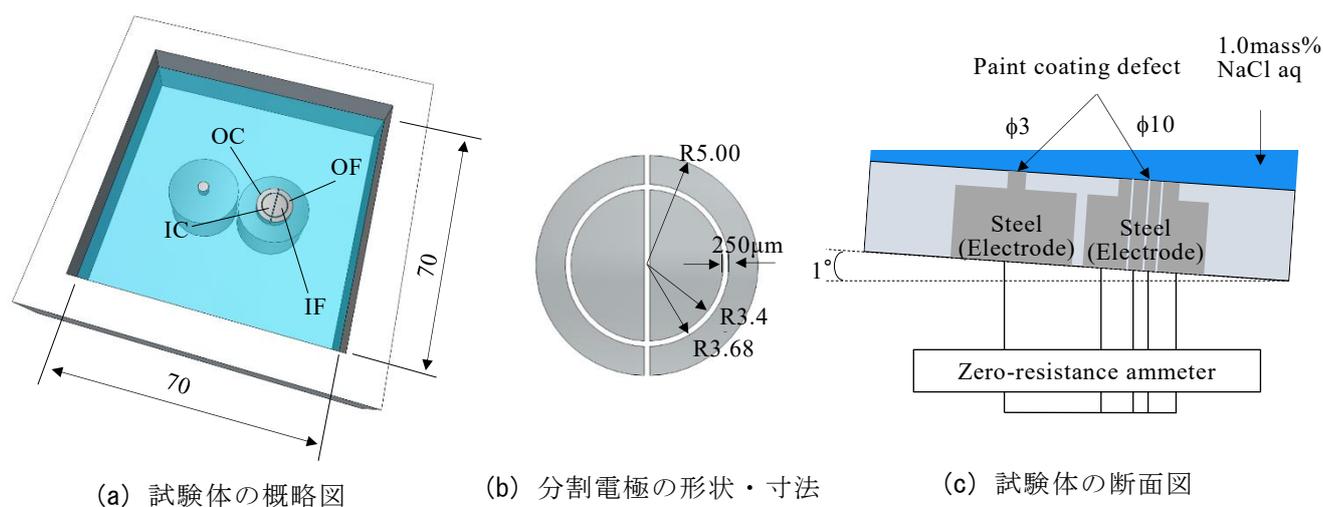


図-1 試験体の概略図と形状・寸法 (単位: mm)

キーワード 腐食, 塗膜傷, マクロセル腐食, 電気化学試験

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 九州大学 ウェスト 2 号館 1104 号室 TEL 092-802-3392

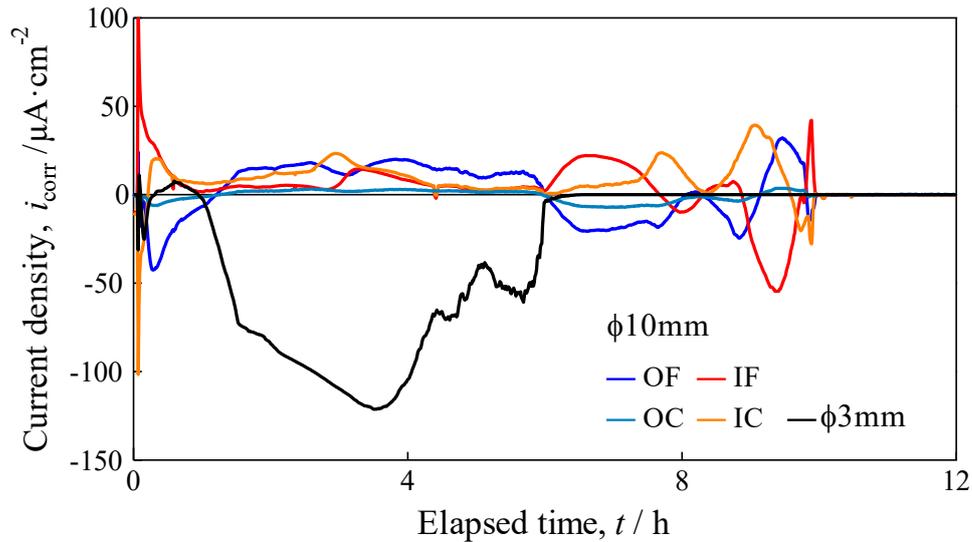
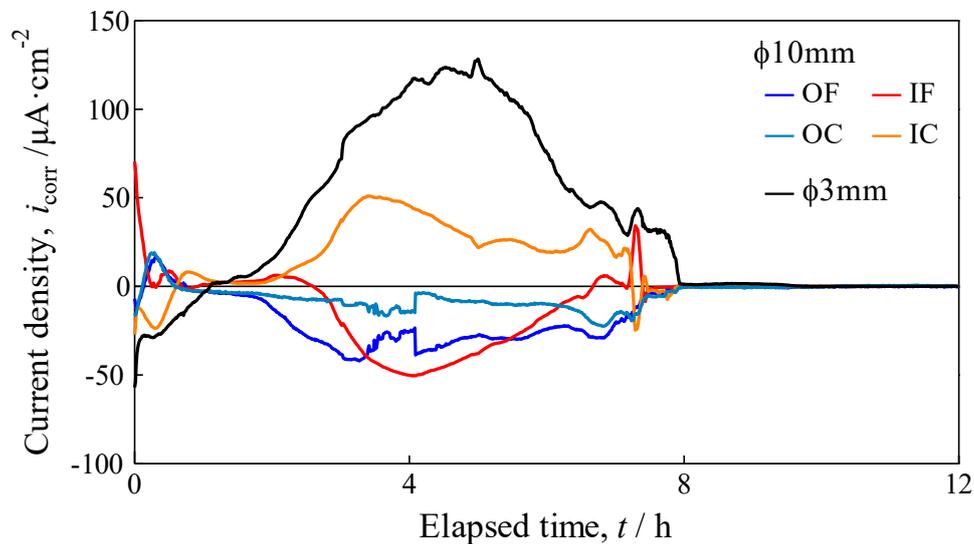
(a) 乾燥方向 : $\phi 3 \rightarrow 10\text{mm}$ (b) 乾燥方向 : $\phi 10 \rightarrow 3\text{mm}$

図-3 マクロセル電流密度の経時変化

の電極がアノードに固定されてマクロセル腐食が進行している。また、カソードとなる $\phi 10\text{mm}$ 電極内においても IC 領域がアノード、IF、OF および OC 領域がカソードとなり腐食が進行している。したがって、マクロセル腐食でカソードとなる $\phi 10\text{mm}$ 電極内においても、ミクロセルによる腐食が進行していると考えられる。また、いずれの乾燥方向においても、先に乾燥する電極がカソードとなりマクロセル腐食が進行している。これは先に乾燥する電極の水膜厚が後に乾燥する電極に比べて小さいことから、先に乾燥する電極への大気からの酸素供給量が後に乾燥する電極に比して多くなるためと考えられる。

4. まとめ 1) 乾燥方向によらず、先に乾燥する塗膜傷がカソードとなり、マクロセル腐食が進行する。2) $\phi 10\text{-}3\text{mm}$ 対の塗膜傷において、 $\phi 3\text{mm}$ の塗膜傷が先に乾燥する場合、 $\phi 10\text{mm}$ 塗膜傷内のカソード反応が抑制される。一方、 $\phi 10\text{mm}$ の塗膜傷が先に乾燥する場合、カソードとなる $\phi 10\text{mm}$ の塗膜傷内においても、ミクロセルによる腐食が進行する。

参考文献 1) 貝沼重信, 長谷川昂志, 楊沐野: 近接塗膜傷間におけるマクロセル腐食の電気化学特性に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A1, Vol.76, No.3, pp.467-480, 2020. 2) 小畑誠, 李国泰, 渡辺泰成, 後藤芳顯: 局所および広域解析を組み合わせた付着塩分量推定法に関する研究, 構造工学論文集, Vol.58A, pp.668-678, 2012. 3) 篠原正, 元田慎一, 押川渡: ACM センサによる環境腐食性評価, 材料と環境, Vol.54, No.8, pp.375-382, 2005.