

滞水環境における4つの塗膜傷間の鋼材腐食の電気化学機構に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 ○樋口 亮

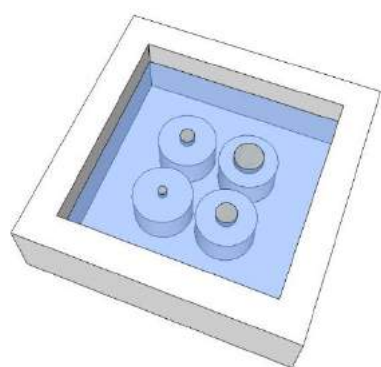
九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信

九州大学大学院 学生会員 長谷川 昂志

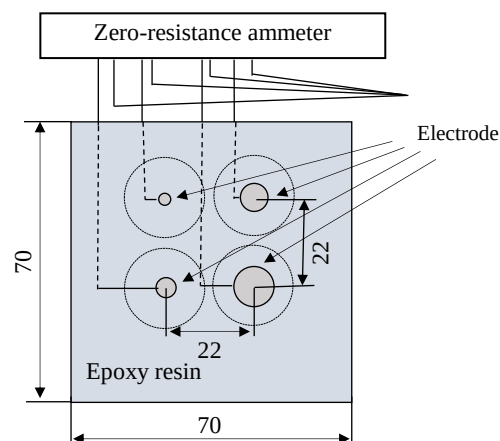
1. はじめに 飛来海塩環境における塗装鋼 I 桁橋の外桁の内面や内桁などは、紫外線による塗膜劣化が生じにくい。しかし、飛来海塩が付着・蓄積するため、ピンホールや顔料粒子との接触界面等に生じたホリデーを介して、進行性の高いマクロセルによる局部腐食が生じやすい。また、腐食は単体の塗膜傷からの進行に加え、複数の塗膜傷が相互干渉しながら進行・結合する場合もある。鋼橋においては、塩類が付着・蓄積する乾湿部位と雨水が滞水する部位などに、著しい腐食損傷が報告されている。そこで、著者らは先行研究¹⁾²⁾で滞水環境における近接する2つおよび3つの塗膜傷間の電気化学機構について検討した。本研究は径の異なる4つの塗膜傷間の滞水環境における鋼材腐食の電気化学機構を検討することを目的とした。そのために、このモデル試験体を製作して電極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、径20mmの丸鋼(JIS G 4051 S45C)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。試験体の滞水対象領域には図-1(a)に示すように、塗膜傷を模した径の異なる4つの電極を配置した。試験体の滞水表面は、240~2000番のエメリー紙を用いて湿式研磨処理した。試験体の裏側については、図-1(b)に示すように、導線を介して4つの電極を1点で接続することで、各電極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。電極の組み合わせは、径10-7-5-3mm, 10-8-6-4mmおよび10-10-8-8mmの計3種類とした。本測定では鋼構造物の滞水部位のように複数の塗膜傷が常時短絡する場合の電気化学的な相互干渉作用を定量的に把握するために3.5mass%NaClaq(水深:7mm, 水温:22℃)の浸漬環境とし、電極間のマクロセル腐食電流を水膜が完全に乾燥するまで1分毎に測定した。

3. 試験結果 著者らの先行研究¹⁾で得られた2電極間のマクロセル腐食電流密度 i_{corr} を図-2に示す。電極の径によらず電極間の電流値は安定しており、正の値となっている。これは面積の異なる塗膜傷が短絡する場合、面積が大きい塗膜傷がアノードに固定され腐食が進行していることを意味している。また、塗膜傷部の面積の差異が小さくなるほど i_{corr} は大きくなる。本測定で得られた4電極間のマクロセル腐食電流 I_{corr} の経時変化を図-3と図-4に示す。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。10-7-5-3mmで接続した場合、初期では図-3(a)に示すように、径10mmと7mmの電極がアノード、径5mmと3mmの電極がカソードとなり腐食が進行している。その後、約72h後に正負が交番して、径5mmと3mmの電極がアノード、径10mmと7mmの電極がカソードとなり腐食が進行している。径10-8-6-4mmの電極の組み合わせでも同様の傾向を示し、径の大きな2つの電極がアノードとなり、約72h後に正負が交番し腐食が進行している。10-10-8-8mmで接続した場合、試験初期には図-4(a)で示すように2つの径10mmの電極と1つの径8mmの電極がアノード、もう1つの径8mmの電極がカソードとなり腐食が進行している。その後、約60hで正負が交番し、1つの径10mmの電極とカソードだった径8mmの電極がアノードとなり腐食が進行している。また、一部の電極で測定されたマクロセル腐食電流値は小さいが、これはマイクロセル腐食主体で腐食が進行したためと考えられる。このように、マイクロセル腐食が主となる電極も存在するが、マクロセル腐食についてはアノードの面積に対するカソードの面積の比が1以下になるように各電極間の反応が決定される。この傾向は2電極、3電極の場合と同様である。



(a) 外観図



(b) 回路図

図-1 試験体の概略図 (単位: mm)

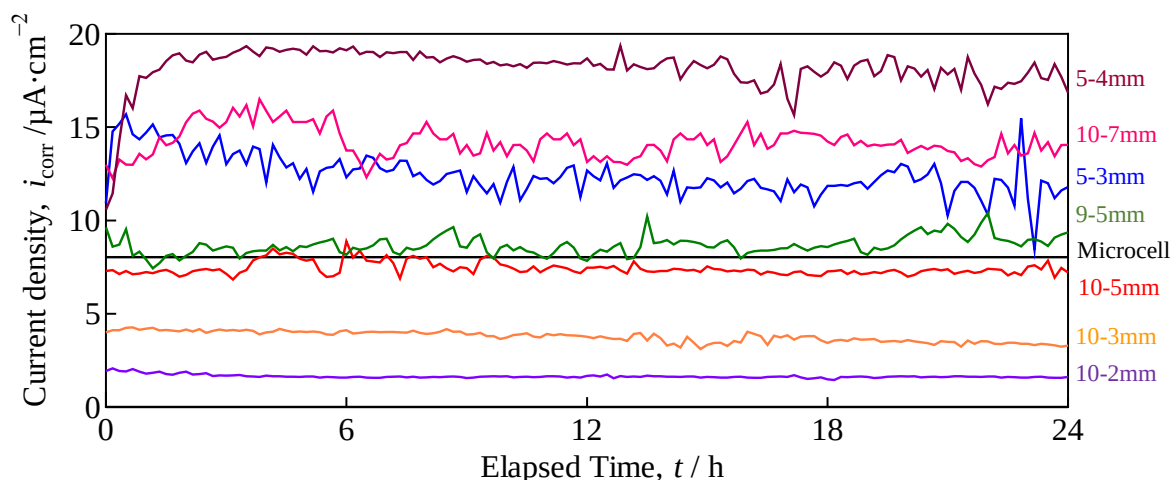


図-2 2 電極間の電流密度の経時変化

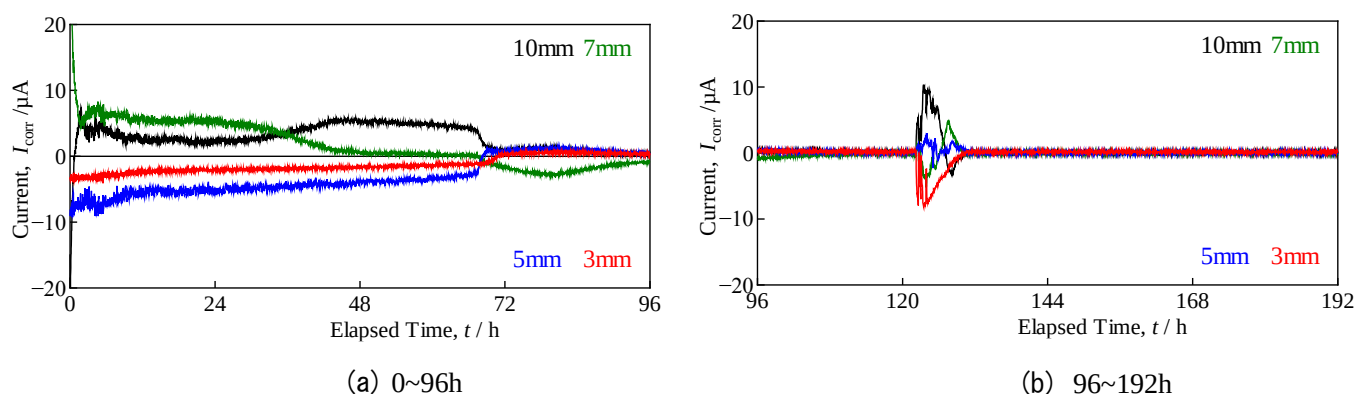


図-3 4 電極間の電流の経時変化 (φ10-7-5-3mm)

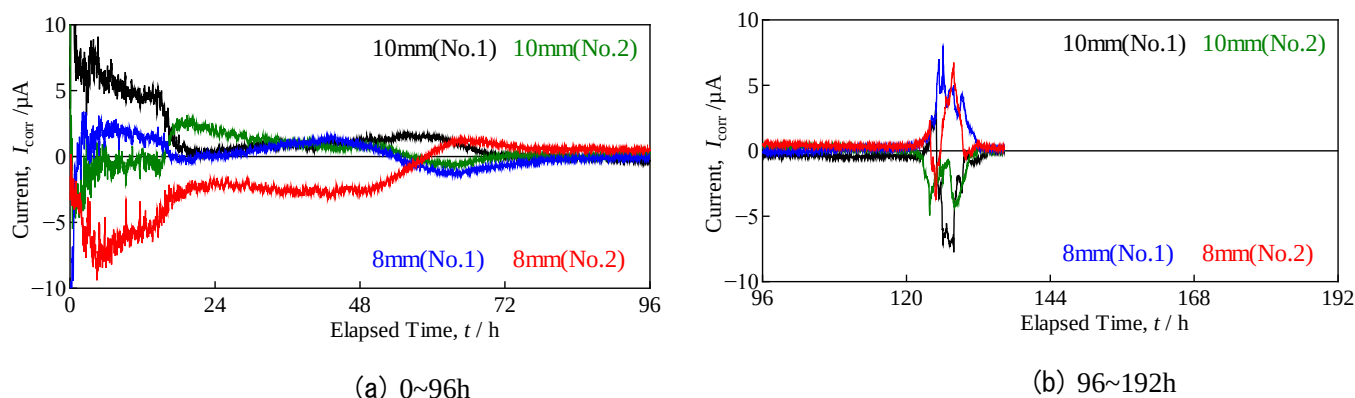


図-4 4 電極間の電流の経時変化 (φ10-10-8-8mm)

また、図-3(b)と図-4(b)で示すように、乾燥直前の電流値は、電極の組み合わせによらず大きくなっている。

4. まとめ 1) 複数の径の異なる塗膜傷が滞水環境で短絡すると、カソード/アノードの面積比が 1 以下になるように、一部の塗膜傷がアノードとなり腐食が進行する。2) 塗膜傷間の電流が正負交番しながら、全ての塗膜傷で腐食が進行する。3) 4 つ以上の近接する塗膜傷が短絡した場合、マイクロセル腐食が主となる塗膜傷も存在する。4) 電極の組み合わせによらず、乾燥直前のマクロセル腐食電流は大きくなる。

参考文献 1) 貝沼重信, 増本岳, 楊沐野, 佐島隆生: 近接する塗膜傷間における鋼材腐食の電気化学機構に関する基礎的研究, 材料と環境, Vol.67, No.11, pp.466-473, 2018. 2) 長谷川昂志, 貝沼重信, 増本岳, 佐島隆生: 滞水環境下における複数塗膜傷間の鋼材腐食の電気化学機構に関する基礎的研究, 材料と環境 2018, B-201, pp.147-150, 2018.