近接した塗膜傷間における鋼材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 〇増本 岳 九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信 九州大学大学院 非会員 佐島 隆生

1. はじめに 飛来海塩環境に架設された鋼 I 桁橋における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腐食が生じる場合がある.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⁾で滞水環境に着目して,同一径の近接する塗膜傷間の電気化学機構について検討した.本研究では径の異なる塗膜傷が短絡し,相互干渉する場合の腐食挙動を検討するため,このモデル試験体を用いて,塗膜傷間におけるマクロセル腐食電流を測定した.また,2電極の腐食センサを製作して,EIS測定を行い,その結果に基づきミクロセル腐食電流密度を算出した.

2. 試験方法 試験体およびセンサの電極は直径 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.試験体の概略図と断面図を図 -1 に示す. 図-1(a)に示すように,1つの試験体に塗膜傷を模した露出面積の異なる3つの電極を配置した.試験体 の裏面については,図-1(b)に示すように,導線を介して2つの電極を接続することで,マクロセル腐食電流を計測 するための回路を構築した.使用しない電極については,マスキングテープを用いて絶縁した.本研究では浸水環 境のような2つの塗膜傷が常時短絡する場合の電気的な相互干渉効果を定量的に把握するため,試験体を 3.5mass%NaCl aq(水深:5mm,室内温度:22℃)に浸漬させ,塗膜傷間で流れるマクロセル腐食電流を24時間計 測した.また,前述した試験と同環境でのミクロセル腐食電流密度を計測するため2電極のセンサを製作した.セ ンサの回路図を図-1(c)に示す.電極は直径3mmとし,電極間距離は10mmとした.EIS測定は2電極間の印加電 圧を10mVとし,周波数が5mHzおよび10kHzのときのインピーダンスを計測した.ミクロセル腐食電流密度は, Stern-Geary 定数²⁾(0.0209V)を分極抵抗で除すことで算出した.

3. 試験結果 試験により得られたマクロセルとミクロセルの腐食電流密度 *i*corr を図-2 に示す. 浸漬環境における ミクロセル腐食電流密度は,経時的な変化が微小であると考えられるため一定とした. すべての傷間において電流 値は安定し,正の値を示している. これは面積の異なる塗膜傷が短絡すると,図-3 に示すように,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. その際,傷部の面積の差が小さくなるほど, マクロセルの *i*corr は大きくなる. 図-4 に試験終了後の 10-3mm および 5-3mm で接続した試験体の外観を示す. 腐食 は面積の大きな傷部でのみ進行していることから,外観からも面積が大きい傷部がアノード,小さい傷部がカソー ドに固定され腐食が進行していると言える. また,ミクロセルの *i*corr とマクロセルの *i*corr を比較すると, 5-4mm の ペアについては,ミクロセルの *i*corr と比して,約3倍の電流密度が計測されている. このことから,アノードに固 定された傷部では単独の腐食に比して約3倍の速度で腐食が進行していると考えられる. 一方,10-2mm と 10-3mm のペアのマクロセルの *i*corr は,ミクロセルの *i*corr と比して小さな値となっているが,この場合,傷内でミクロセル腐 食が同時に進行していると考えられる. その際,マクロセル腐食によるカソード領域は,ペアとなる傷部が担うこ とにより,傷部のアノード領域は単独の腐食に比して大きくなる. したがって,この場合についても相互干渉する ことにより腐食速度が増大すると考えられる.



キーワード 腐食 塗膜傷 腐食電流 マクロセル腐食 ミクロセル腐食 EIS 測定 連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1104 号室 TEL 092-802-3392

-645-



ペアとなる塗膜傷の面積の比とマクロセル腐食電流密度の関係を図-5 に示す.面積比が増大するにしたがって, マクロセルの*i*corが線形的に増加し,高い相関係数を示している.一方,著者らの先行研究¹⁾の知見から,傷部の面 積が同一の場合(径が同じ場合)については,アノード部とカソード部の酸化・還元反応が経時的に交番しながら 腐食反応が進行するため,この線形関係が無くなると推察される.

4. まとめ 1) 径の異なる塗膜傷が短絡する場合,径が大きい側と小さい側の塗膜傷それぞれアノードとカソード に固定されることで,腐食が進行する.2) 塗膜傷部がアノードに固定されることで,ミクロセルに比してマクロセ ルによる腐食の進行速度が増大する.3) 近接する塗膜傷の面積比とマクロセル腐食電流密度には,線形の相関関係 がある.この関係を定式化した.

参考文献 1) 貝沼重信,小林淳二,宇都宮一浩,坂本達朗:塗膜欠陥の寸法・近接度が鋼材の腐食挙動に及ぼす影響に関する基礎的研究,土木学会論文集 A1, Vol.73, No.1, pp.84-97, 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.