

滞水環境における近接塗膜傷間の鋼材腐食の電気化学特性に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○長谷川 昂志
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
九州大学大学院 非会員 佐島 隆生

1. はじめに 飛来海塩環境における鋼 I 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、飛来海塩が付着・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⁾で滞水環境における近接する2つの塗膜傷のうち小さい塗膜傷がカソードとなる一方、大きい塗膜傷内ではアノードとカソードの領域が混在することを明らかにした。本研究では近接する塗膜傷が相互干渉する場合の電気化学特性を解明するため、塗膜傷内における電流についても測定した。また、近接塗膜傷の存在の有無による塗膜傷の腐食速度の差異についても検討した。

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。試験体の概略図を図-1 に示す。試験体の形状は1辺70mmの矩形とした。試験体の滞水対象領域については240~2000番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1mmとした。試験体の断面図を図-2 に示す。試験体の裏側で導線を介して各領域間を1点で接続することにより、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、 $\phi 3\text{mm}$ の電極を接続する場合と接続しない場合それぞれについて測定を行い、近接塗膜傷の有無による腐食挙動の差異について検討した。 $\phi 3\text{mm}$ の電極を接続しない場合、使用しない $\phi 3\text{mm}$ の電極は塩化ビニル系のマスキングテープで防水処理することで絶縁した。本測定では滞水環境を想定し、試験体を3.5mass%のNaClaq (水温22°C, 水深7mm) に浸漬した。マクロセル腐食電流は室内環境で、2分間隔で継続して測定した。本測定では試験開始初期における電流の乱れが大きく、電流値が安定するまでに時間を要する場合がある。そこで本測定では試験体が安定するまで測定を継続した。

3. 測定結果 各領域間を流れる腐食電流 I の経時変化を図-3 に示す。ここでは正の電流値をアノード電流、負の電流値をカソード電流と定義した。試験開始直後は腐食電流が乱れているが、試験開始から12時間が経過した後は電流値が安定した。 $\phi 3\text{mm}$ の電極を接続した場合 $\phi 3\text{mm}$ の電極とOC領域がカソードとなり、欠陥の中央部にあたるIFおよびIC領域がアノードとなった。OF領域もアノードとなっているが、電流値はIFおよびIC領域よりも小さくなった。 $\phi 3\text{mm}$ の電極を接続しない場合、接続する場合と同様に欠陥の周縁部にあたるOC領域がカソード、中央部にあたるIFおよびIC領域がカソードになった。OF領域については、12時間経過以降の電流値が0になっているが、これは電流値の初期乱れの影響でOF領域上に腐食生成物が生成し、以降のカソード反応の進行が阻害されたためであると考えられる。12時間経過以降のOF, IF, IC, およびOC領域の I と電流密度 i_{corr} の平均値を表-1 に示す。 $\phi 3\text{mm}$ の電極を接続した場合、4領域を合計した電流と面積から算出した電流密度の値は $5.31\mu\text{A}/\text{cm}^2$ となっている。これは先行研究¹⁾の結果と同様になっている。アノードとなったIFおよびIC領域の電流密度は、 $\phi 3\text{mm}$ の電極を接続した場合は、接続しない場合に比して約1.5倍大きくなっている。したがって、近接する塗膜傷が相互干渉することにより腐食は促進されると言える。一方、カソードとなっているOC領域の電流密度は $\phi 3\text{mm}$ の電極を接続した場合、接続しない場合の約2/3となった。したがって、近接する塗膜傷のうち大きい塗膜傷では、カソード反応に起因する塗膜劣化の進行が抑制されると推察される。

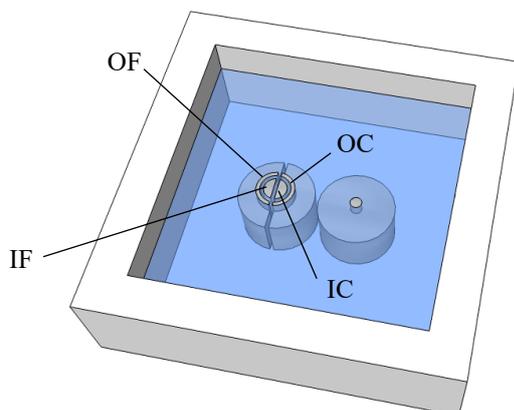


図-1 試験体の概略図

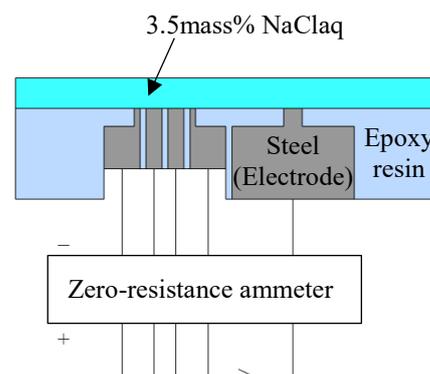
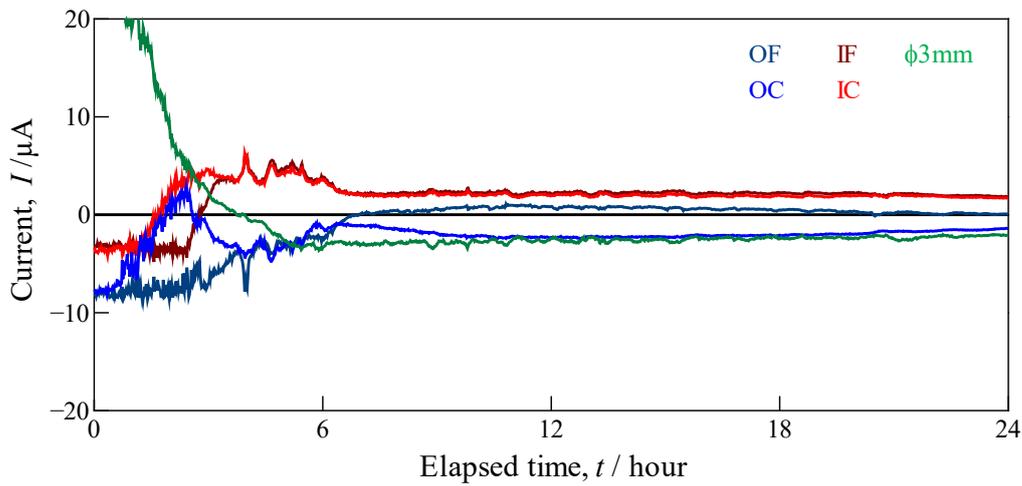
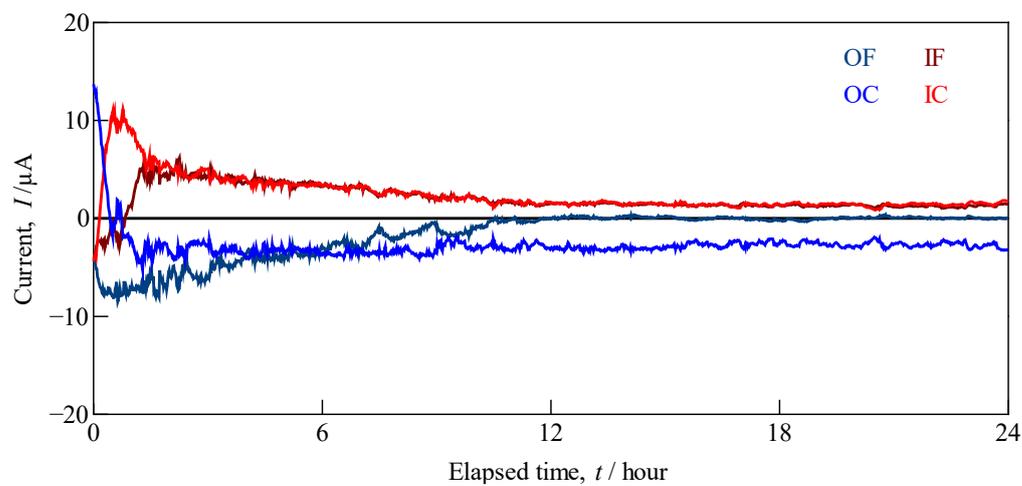


図-2 試験体の断面図



(a) φ3mm の電極を接続する場合



(b) φ3mm の電極を接続しない場合

図-3 腐食電流 I の経時変化表-1 腐食電流密度 i_{corr} の安定後の平均値

(a) φ3mm の電極を接続する場合

	OF	IF	IC	OC	Total
Current, $I / \mu\text{A}$	0.451	2.16	1.92	-1.99	2.54
Electrode area, S / mm^2	12.0	12.0	12.0	12.0	47.9
Current density, $i_{corr} / \mu\text{A}/\text{cm}^2$	3.77	18.0	16.0	-16.7	5.31

(b) φ3mm の電極を接続しない場合

	OF	IF	IC	OC	Total
Current, $I / \mu\text{A}$	2.67×10^{-2}	1.34	1.44	-2.77	4.59×10^{-2}
Electrode area, S / mm^2	12.0	12.0	12.0	12.0	47.9
Current density, $i_{corr} / \mu\text{A}/\text{cm}^2$	0.223	11.2	12.0	-23.2	8.95×10^{-2}

4. まとめ 1) 近接する塗膜傷の有無によらず、塗膜傷の中央部がアノード、周縁部がカソード領域となることで、腐食が進行する。2) 近接する2つの塗膜傷が電氣的に短絡する場合、2つのうち径の大きい塗膜傷において腐食が促進される。また、2つのうち大きい塗膜傷においてカソード反応に起因する塗膜劣化の進行が抑制される。

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.