

地際腐食センサの露出部と浸漬部の面積比が 気液界面近傍のマクロセル腐食に及ぼす影響

九州大学大学院 学生会員 ○孫 曉彤

九州大学大学院 正会員 楊 沐野

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信

1. はじめに 近年、橋梁などの鋼構造部材において、地際部に凍結防止剤を含む雨水などが長時間滞留することで、著しい局部腐食が発生・進行し、部材破断に至った事例が報告されている。そこで、先行研究¹⁾では地際部のマクロセル腐食電流とマイクロセル交流インピーダンスをモニタリングすることで、マクロセルとマイクロセルの双方を考慮して、腐食性を定量評価できる地際腐食センサ（Near-ground Corrosion Monitoring Sensor）（以下、NCM センサ）を開発した。気液界面近傍のマクロセル腐食状況を精度良く把握するためには、センサのマクロセル腐食の有効反応領域を明らかにする必要がある。先行研究では NCM 腐食センサの作用極の 1 チャンネルのみを水位線より上側に露出させて大気、気液界面および溶液中における鋼材の腐食性を検討した。本研究では水位線より上側に露出する作用極のチャンネル数が増加させることで、センサの露出部と浸漬の面積比を変化させ、マクロセル腐食電流を測定することで、センサの気液界面近傍のマクロセル腐食の有効反応範囲を検討した。

2. 試験方法 NCM 腐食センサの外観と寸法を図-1 に示す。様々な腐食環境における鋼部材のマクロセルおよびマイクロセル腐食の発生の有無や進行性を電気化学的に評価するために、本センサは各電極位置における腐食状況に着目する複数の電極と、作用極を模擬するための 1 本の対極で構成している。作用極は幅 20mm の Fe めっきを 1mm 間隔で 32 個並行配置した。対極では 63×20mm の Fe めっきを作用極の右側に配置した。本センサでは各作用極と対極と短絡させることで、各作用極と対極の電位差により生じるマクロセル腐食電流を短時間で測定できる²⁾。

センサの設置状況を図-2 に示す。測定は 25℃の室内環境で行い、センサは 3.5 mass%NaClaq に浸漬した。水位線より上側に露出させたチャンネル（Exposure Channel（以下、EC））数は、1, 3, 5, および 7 の計 4 種類とした。これらを作用極の各露出条件として、それぞれ EC(1), EC(3), EC(5)および EC(7)と呼ぶ。測定中のセンサの浸漬深度を一定に保持するために、24 時間毎に蒸発した量のイオン交換水を補給した。水位線は露出するチャンネルと浸漬するチャンネルの間に設置した。マクロセル腐食電流の測定は、無抵抗電流計（電流レンジ：-100～100μA、分解能：0.1μA）を用いて、10 分毎に電流値を測定・記録した。なお、試験期間は 72 時間とした。

3. 試験結果 水面からの距離 h と 12 時間毎のマクロセル腐食電流 I の関係を図-3 に示す。 I が正の場合はアノード、負の場合はカソードであることを意味する。鋼材の気液界面近傍がカソードに固定されている。これは溶存酸素濃度が高いためと考えられる。EC(1)の試験結果を図-3 (a) に示す。電流は時間に伴い減少する傾向が現れており、60hrs で分布形状がほぼ安定している。気液界面近傍においてカソード方向に比較的大きな電流が生じている。この部位では溶液の蒸発により表面に水膜が生成されるが、この水膜の酸素濃度が高いため、カソード反応（ $O_2 + 4e^- + 2H_2O = 4OH^-$ ）の活性が高くなると考えられる。EC(7)の試験結果を図-3 (b) に示す。水位線より上の面積が EC(1)に比して大きいため、気液界面近傍のカソード反応領域が拡大し、カソード電流の最大値の近傍においても比較的大きな電流が生じている。測定後の EC(1)と EC(7)の表面状態を図-4 に示す。赤い線は水位線を示している。対極では未腐食領域が明瞭に観察される。水面からの距離 h と 72 hrs のマクロセル電流に基づき算出した 200 日の平均腐食深さ d の関係を図-5 に示す。なお、各電極における気液界面近傍のマクロセル腐食深さを比較するため、水位線 h を 0 と定義した。

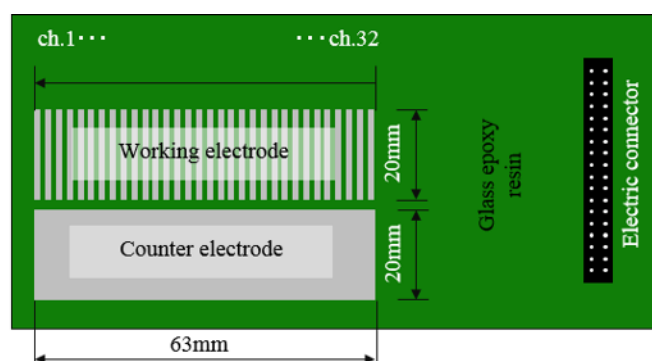


図-1 NCM 腐食センサの外観図

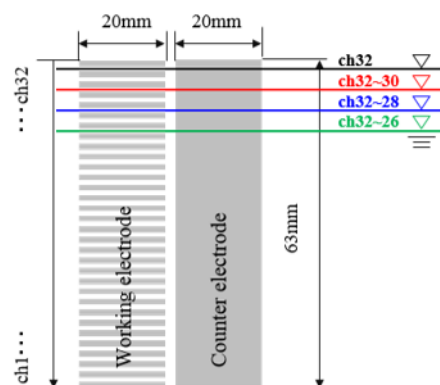
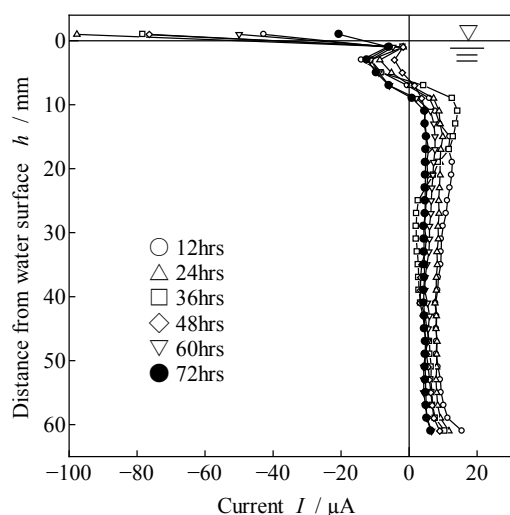


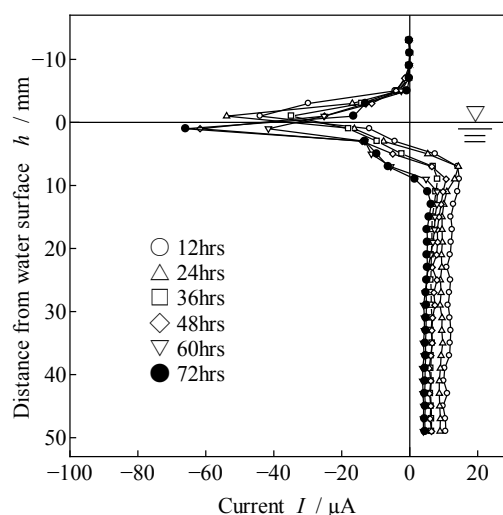
図-2 試験体の設置状況

キーワード 腐食, センサ, マクロセル電流, 電気化学試験

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 TEL 092-802-3392

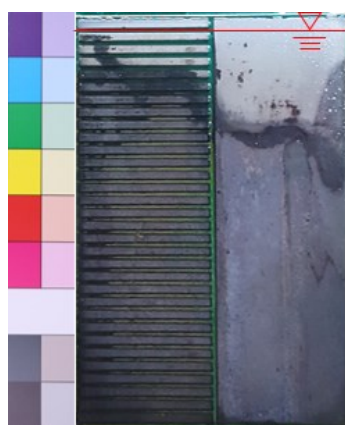


(a) EC(1)

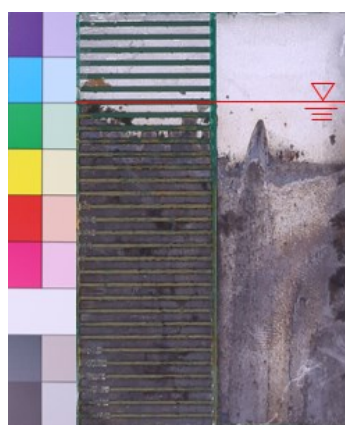


(b) EC(7)

図-3 水面からの距離とマクロセル腐食電流の関係

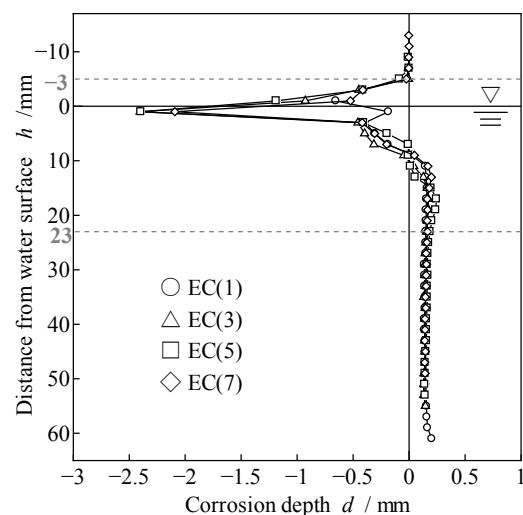


(a) EC(1)



(b) EC(7)

図-4 試験後のセンサの表面状態

図-5 200 日後のマクロセル腐食深さの
推定結果

EC(1)以外の試験体については、水位線上において平均腐食深さがほぼ 0 になる領域がある。この領域は EC(3), EC(5)および EC(7)で、それぞれ-5~-7mm, -5~-9mm および-5~-13mm になるが、この領域はマクロセル腐食反応に寄与していない。したがって、水位線上のマクロセル腐食有効範囲は、-3mm 以上であると考えられる。カソード反応領域の平均腐食深さは、カソード電流の最大値を除き、その分布形状は同様になっている。各試験体のカソード部のチャンネル数はほぼ同程度となっており、先端の反応に寄与しないチャンネルを除いて、EC(1), EC(3), EC(5)および EC(7)のカソード部の領域は、それぞれ 5 ch, 7ch, 7ch および 6ch となった。浸漬深さが 23mm 以上の場合の平均腐食深さは、0.148mm になっている。これは水面からの距離が離れているため、露出部と浸漬部の面積比の変化がこの領域に影響を及ぼさないためと推察される。したがって、水位線下のマクロセル腐食有効範囲は、23mm 以下であると考えられる。以上の結果から、水位線の位置がマクロセル腐食に影響を及ぼす有効反応範囲は、浸漬深さ-3~23mm の領域と考えられる。

4. まとめ 1) NCM 腐食センサを 3.5mass%の NaClaq に浸漬した場合、水位線の位置がマクロセル腐食に影響を及ぼす領域は、浸漬深さ-3~23mm の領域となる。2) 露出部と浸漬部の面積比が NCM 腐食センサにより推定される腐食深さの分布形状に及ぼす影響はほとんどない。

参考文献 1) 土橋洋平, 貝沼重信, 石原修二: 鋼部材の地際部における腐食速度評価センサの開発に関する研究, 第 62 回材料と環境討論会, C-112, pp.239-242, 2015. 2) 貝沼重信, 楊沐野, 石原修二: 鋼部材の地際部における腐食性評価センサに関する基礎的研究, 材料と環境, Vol.67, No.10, pp.404-415, 2018.