

鋼部材地際部を対象とした腐食速度評価センサの実用性に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 ○山縣 芙美
九州大学大学院 学生会員 藤本 拓史

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信

1. はじめに 鋼構造物において、雨水や凍結防止剤が鋼部材コンクリート地際部に長時間滞留することで塗膜が早期劣化し、著しい局部腐食が発生する事例が多数報告されている。この腐食損傷は地際部でアノード部とカソード部が固定されることで発生するマクロセル腐食により生じる。このマクロセル腐食は進行が早いいため、その発生の有無や進行性を把握することは、鋼構造物を経済的に維持管理する上で重要となる。そこで、著者らは鋼部材の地際近傍におけるマクロセル腐食の電流をモニタリングし、鋼部材の腐食速度を評価するための地際腐食速度評価センサ¹⁾を開発した。本研究では塩水と標準砂の模擬腐食環境で電気化学測定を実施し、その結果に基づき腐食深さを推定した。また、室内暴露試験を同腐食環境で行い、腐食量の推定値と実測値を比較することで、本センサの実用性を検討した。

2. 地際腐食速度評価センサ 本センサの電気回路は、計測時間を短縮するなどを目的として、腐食速度を評価する位置に配置される基準極と、その基準極に対して1本の鋼材を模擬した対極で構成されている。本センサを用いることで、各基準極が腐食する際に、対極と短絡して発生するマクロセルの腐食電流を計測し、各基準位置の電流分布を把握できる。センサの構造、およびセンサの電気回路図を図-1に示す。センサの基板には、ガラス繊維にエポキシ樹脂を含浸させたガラスエポキシ基板を採用した。マクロセルの腐食電流を高さに評価するため、基準極にはFeめっきを32個用いて、それらを1mm間隔で並行配置した。また、対極には長さ63mmのFeめっきを基準極の横に配置した。各基準極に接続した導線を電流計の+端子に、対極の導線を-端子に接続することで、対極のFeめっきに対して、各基準極がアノードとなる。

本センサの基本性能を把握するために、模擬腐食環境で腐食電流を測定した。模擬腐食環境は0.1wt%NaClaq.とした。測定には無抵抗電流計（電流レンジ：0.1nA～100mA）を用い、10分毎に電流値を測定・記録した。試験時間は電流値が安定した値で推移するため、72時間とした。また、試験中に各模擬腐食環境を極力一定に維持するために、24時間毎に蒸留水を給水した。電極内のマイクロセル腐食電流密度は、Stern-Geary定数²⁾を分極抵抗で除すことで算出した。なお、この定数は金属の種類や環境条件によって決定するが、本研究では工学的検討で一般に用いられる値0.0209Vを用いた。分極抵抗は交流インピーダンス法により求められる低周波側5mHzの抵抗値と、高周波側100kHzの抵抗値の差から算出した³⁾。

センサから推定した腐食速度と腐食量の妥当性を検証するために、同環境下で鋼材の室内暴露試験を行った。鋼材には裸普通鋼材（JIS G SM490A材、200×40×5mm）を用い、その表面はISO 8501-1 Sa2.5に基づきブラスト処理した。試験中に液面を極力一定に維持するために、蒸発水量と同量の蒸留水を約24時間毎に給水した。試験期間は200日間とした。試験後に塩酸系洗浄剤を用いて、鋼材表面の腐食生成物を除去し、試験体表面をレーザーフォーカス深度計（スポット径：30μm、分解能：0.05μm）により計測した。計測された表面性状から、未腐食領域を基準面に鋼材の腐食深さを算出し、鋼材の腐食深さとセンサから推定した腐食深さの比較を行った。

3. 試験結果 0.1wt%NaClaq.環境における72時間後のマクロセル電流値から算出した200日後の腐食深さ d_{mean} を図-2(a)に示す。気液界面から12～14mmの位置で最も電流が大きくなっており、気液界面から8mmの位置まではカソード反応となっている。これは気液界面では水深が深い位置に比して、溶存酸素濃度が大きいいため、カソード固定されやすいためと考えられる。また、センサの計測値は48hrs.以降で大きな変動はなく、安定した値となっている。水溶液などの腐食環境が大きく変化しない一定の環境であれば、48hrs.以上の計測で

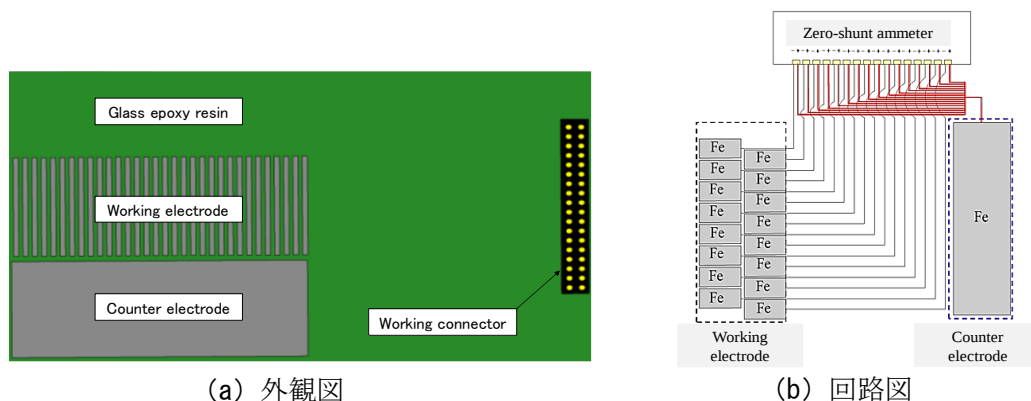


図-1 地際センサ

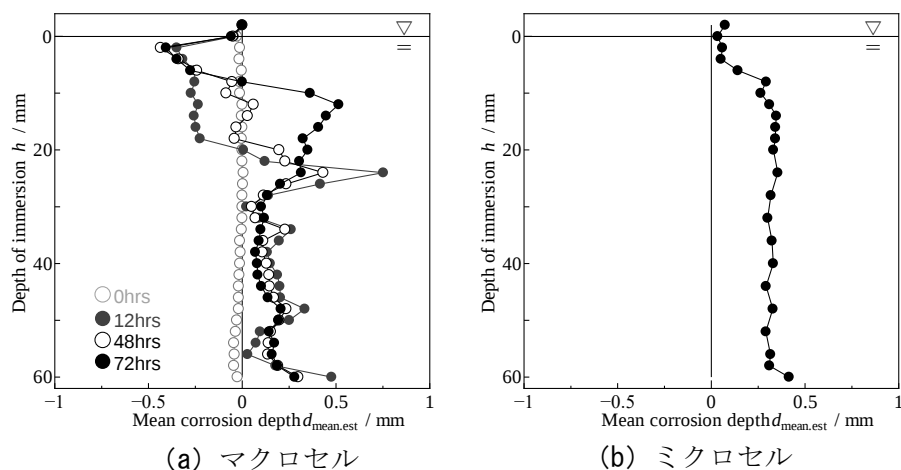


図-2 腐食深さの推定値

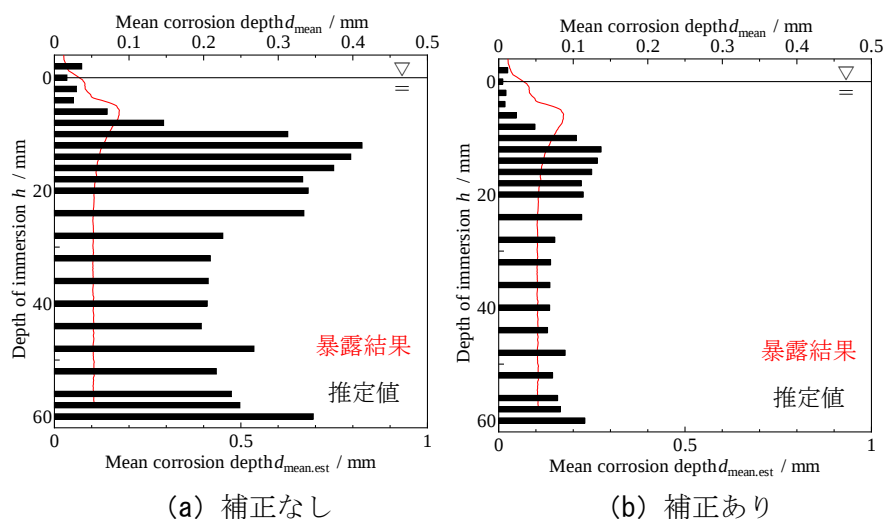


図-3 腐食深さと平均腐食深さ

各基準位置における腐食電流を把握できると考えられる。マイクロセル電流値から算出した 200 日後の腐食深さ d_{mean} を図-2 (b) に示す。マイクロセル腐食はマクロセル腐食に比して、深さによる影響が小さいと考えられる。地際センサのマクロセル、マイクロセル電流値から算出した腐食深さの和を 200 日後の腐食深さ d_{mean} の推定値とした。センサによる腐食深さ d_{mean} と暴露試験による平均腐食深さ d_{mean} を図-3 (a) に示す。推定値と実測値の d_{mean} は、いずれも水面近傍で最も大きくなっている。また、それ以降の水深では一様な腐食深さとなっている。これらの結果から、水溶液環境では水面近傍で最も腐食が著しく生じると考えられる。また、推定値は実測値に比して大きくなっている。これは 72 時間後の電流値が 200 日間継続して流れるという仮定から、センサの推定値を算出しているためである。ここで、鋼材表面の腐食生成物による保護性により腐食速度が減少していく経時腐食挙動を考慮して、推定値に 1/3 を乗じることで、実測値と比較した。補正した推定値と実測値を図-3 (b) に示す。浸漬深さ 6mm~16mm の d_{mean} が大きくなっている。また、推定値の分布形状は、実測値とほぼ同様であることから、本センサにより鋼材の高さ毎の腐食速度を推定できると考えられる。

4. まとめ 地際腐食速度評価センサを用いることで、地際部に位置する鋼部材の平均腐食さの経時性を推定できると考えられる。

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, 山本悠哉, 伊藤義浩, 林秀幸, 押川渡: 腐食生成物層の厚さを用いた無塗装普通鋼材の腐食深さとその経時性の評価方法, 材料と環境, Vol.61, No.7, pp.483-494, 2012. 3)青木敬雄, 島田実: 現場における塗膜のインピーダンス簡易測定法について, 防蝕技術, Vol.10, No.6, pp.241-244, 1961.