

鋼部材地際部に対するマクロセル腐食環境センサに関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○松尾 和哉
九州大学大学院 学生会員 木下 優

九州大学大学院 正会員 貝沼 重信
三井造船株式会社 正会員 石原 修二

1. はじめに 鋼構造物において、鋼部材とコンクリートとの地際部に雨水や凍結防止剤が長時間滞水することで、塗膜が加水分解などにより早期劣化し、著しい局部腐食が発生する事例が多数報告されている。この損傷は地際部の塗膜劣化後に、鋼部材のアノード部とカソード部が電氣的に短絡することで生じるマクロセル腐食により発生する。マクロセル腐食は他の形態の腐食に比して進行が早いため、その発生の有無や進行性を早期に把握することは、鋼構造物を適切に維持管理する上で重要となる。本研究では鋼部材の地際部に対するマクロセル腐食環境を電気化学的に定量評価するための実用性の高いセンサを開発することを目的として、プロトタイプセンサを製作し、模擬腐食環境下における電流測定を実施することで、センサ構造の実用性を検証した。また、プロトタイプセンサの構造を参考にして、実構造に適用可能な薄型センサ(以下、実構造用センサ)を設計・開発し、その基本性能をプロトタイプセンサと同様の試験環境で評価した。

2. 腐食環境センサ 腐食環境センサは鋼材と対極材の組み合わせで生じるガルバニック電流を測定するための電気回路で構成されている。プロトタイプセンサおよび実構造用センサの構造をそれぞれ図1および図2に示す。プロトタイプセンサはアクリル製のホルダーに鋼材(JIS G3106 SM490A 材(30×5×1.5mm))を嵌め込み、ブチルゴムで鋼材に対極材(15×5×0.2mm)を接着することで製作した。電流測定に用いる導線は、鋼材および対極材の裏面にスポット溶接で接合し、接合部をエポキシ樹脂で被覆した。各鋼材の間隔は2mmとし、片面に鋼材と対極材を各8個配置した。また、測定分解能の向上を目的として、対面に設置位置を3.5mm交互にずらして配置することで、計16組の鋼材と対極材を用いた。本センサの対極材には、腐食環境中での安定性を考慮しAgおよびNiを選定した。対極材の材質による影響を同時に比較・検討するため、アクリル製ホルダーの表裏面に対して、それぞれAgおよびNiに対極材として配置した。

実構造用センサでは、SUS430(100×60×0.8mm)を基板とした。基板は測定に使用する面のみを露出させ、表面に絶縁ペーを印刷後、焼成硬化させた。露出させるSUS材の面積は20×1.0mmであり、高さ方向に16ヶ所とした。また、コネクタ取り付けのためにプリント基板(50×60×0.8mm)を用い、このプリント基板とSUS材はガラスエポキシ樹脂(150×60×0.8mm)により接着することで一体化した。さらに、AgペーストでSUS材とプリント基板を跨ぐようにパターン印刷し、焼成硬化させた。最後に、カーボンペーストを端面の絶縁ペーの上に印刷し、測定領域以外をレジスト印刷することで製作した。

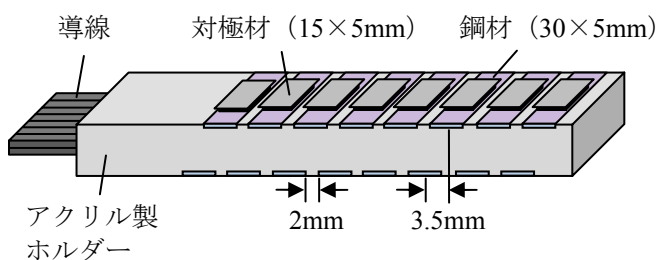


図1 プロトタイプセンサ

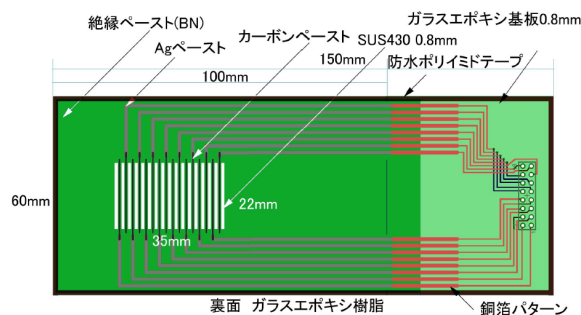


図2 実構造用センサ

3. 腐食電流の測定 センサの基本性能を評価するため、気液界面および土壌地際を模擬した環境において、電流測定を実施した。測定環境は 1) 0.1wt%NaClaq, 2) 26.4wt%NaClaq, 3) 豊浦標準砂+0.1wt%NaClaq, 4) 豊浦標準砂+26.4wt%NaClaq の計4種とした。3)および4)は土壌が電解液で飽和された状態で測定した。

本測定システムを図3に示す。測定には無抵抗電流計(電流レンジ:0.1nA~100mA)を用い、プロトタイプセンサは10分毎、実構造用センサは3分毎に電流を測定・記録した。また、プロトタイプセンサは60分間、実構造用センサは12時間を測定期間とした。プロトセンサの対極にAgを用いた場合の電流の経時変化を図4に示す。測定環境は0.1wt%NaClaqである。

キーワード：鋼部材、腐食、地際、マクロセル、腐食環境評価、センサ、腐食電流

〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 九州大学ウエスト 2 号館 1104 号室 TEL:092-802-3392

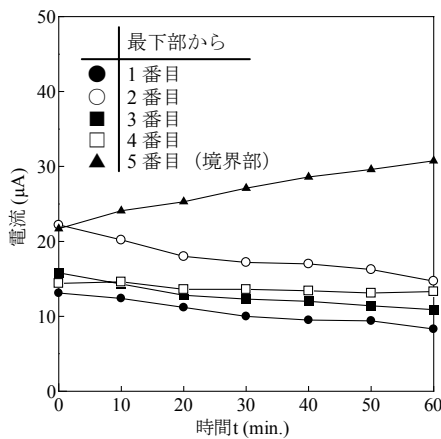
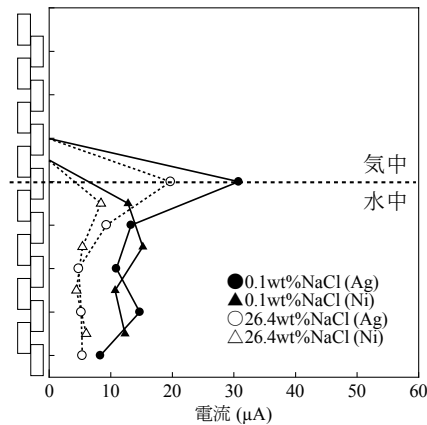
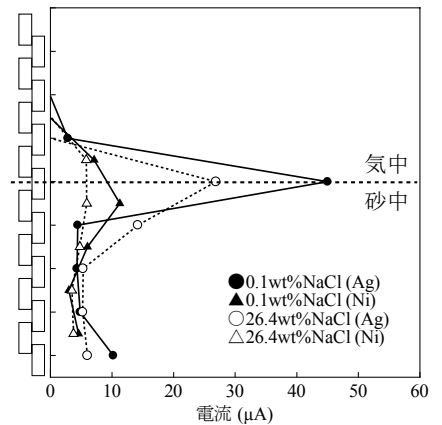


図4 電流の経時変化の例



(a) 気液界面



(b) 土壌地際

図5 プロトタイプセンサの腐食電流分布

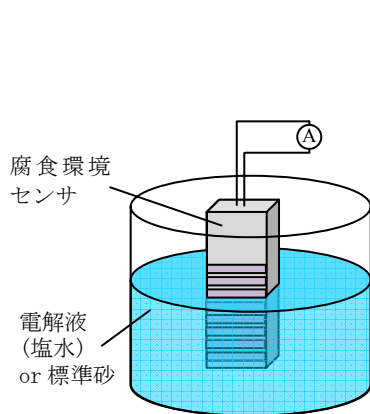
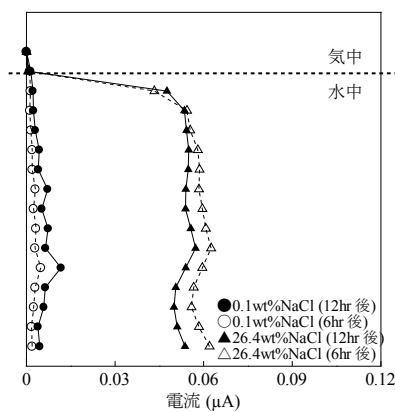
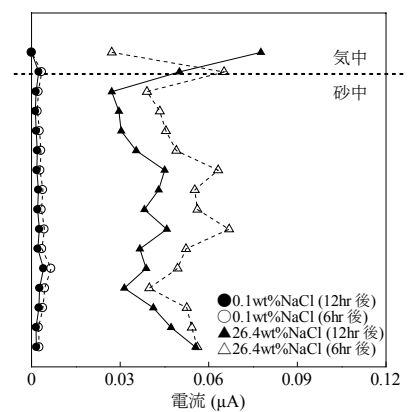


図3 試験システム



(a) 気液界面



(b) 土壌地際

図6 実構造用センサの腐食電流分布

気相との境界部における電流値は増加しているが、それ以外の領域では低下している。これは、気相との境界部では大気からの酸素の供給により電極表面に到達する溶存酸素濃度が常に保たれるのに対し、水中では拡散による電極表面への溶存酸素の供給量が徐々に低下することを示している。つまり、本センサにより、溶存酸素量の変動に伴う腐食環境の変化を位置別に評価することが可能であると言える。

プロトタイプセンサの各腐食環境における腐食電流分布を図5に示す。電流分布には測定開始から60分後のデータを用いた。各腐食環境において、境界部で電流値が最大となっている。これは前述した酸素濃度の差異によるものと考えられる。したがって、本センサを用いることで、腐食環境の差異を電流値で評価できると言える。また、対極材 Ag と Ni では材質によらず、同様の傾向を示していた。しかし、対極材としての長期安定性を重視する場合、pH 依存性の無い Ag が対極材として望ましいと考えられる。

実構造用センサの電流分布を図6に示す。電流分布には、6時間および12時間経過後のデータを用いた。実構造用センサの電流は、プロトタイプと比して小さくなっている。これは、センサの分解能向上を目的として、実構造用センサの電極の表面積をプロトタイプに比して小さくしたためと考えられる。また電解液濃度の増加に伴い、電流値が増加している。この原因は腐食因子である塩化物イオンが不動態皮膜を破壊するためと考えられる。

4. まとめ 鋼部材の地際部におけるマクロセル腐食を電気化学的に定量評価するため、地際腐食環境センサのプロトタイプを製作し、センサ構造の実用性を確認した。また、プロトタイプセンサの構造に基づき、実構造物に適用可能な薄型センサを設計・開発し、その基本性能を評価することで、実構造物の地際近傍における腐食環境評価の実現が期待できることを示した。今後は、様々な腐食環境下における電流測定を実施することで、センサの性能を詳細に把握する予定である。