

鋼部材の地際部におけるマクロセル腐食環境センサの開発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 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 塗装鋼部材のコンクリート地際部に雨水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、著しい局部腐食が生じる事例が多数報告されている。この損傷は地際部の塗膜が劣化した後に、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。マクロセル腐食は進行性が速いため、その発生の有無や腐食速度を早期に把握することは、鋼構造物を安全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近傍における腐食環境を電気化学的に相対評価および絶対評価するための2種のセンサを開発することを最終目的とする。この基礎的研究の位置づけで、マクロセル腐食環境センサの基本性能と実用性を検討するために、センサのプロトタイプを製作した。また、このセンサを用いて、気液界面と土壌地際を模した腐食環境を評価するための腐食電流測定を行った。

2. 腐食環境評価センサ 本試験には腐食環境の相対評価を目的とした Type A センサ、および腐食速度の絶対評価を目的とした Type B のセンサを用いた。各センサの構造を図-1 に示す。センサの試料極の材料には、鋼構造物に一般的に用いられる JIS G3106 SM490A 材(30×5×1.5mm)を用いた。

Type A センサは試料極として、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ため、高感度に腐食環境を評価することが期待される。本センサはアクリル製のホルダーに鋼材を嵌め込み、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設置した。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 を対極材として配置した。

Type B センサは腐食速度を評価する位置を基準極とし、その基準極に対する各対極の腐食電流を測定することで、基準極が腐食する際のマクロセルの電流分布を把握できると考えられる。Type B センサの電気回路図を図-2 に示す。鋼材の腐食速度は、得られた電流がすべて基準極の腐食で消費されるものと考え、その腐食電流から得られる試験期間中の総電気量(C)と、Fe の溶出反応に基づき算出した。本センサはアクリル製のホルダーに鋼材を嵌め込むことで製作しており、鋼材への導線の接続は Type A と同様とした。各鋼材の間隔は2mm であり、計8個の鋼材を片面のみに設置した。

3. 試験方法 各センサの基本性能と実用性を検証するため、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

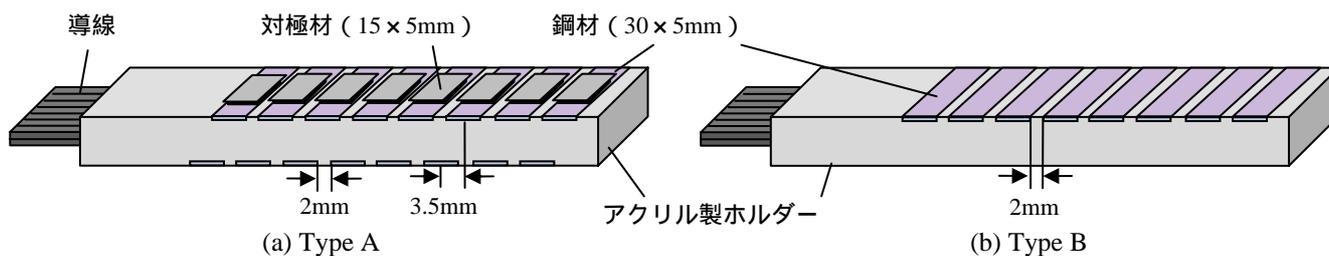


図-1 各種センサの構造

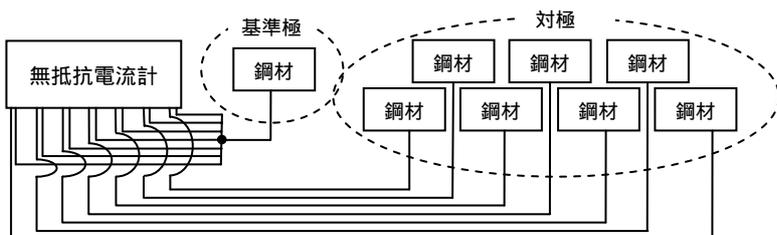


図-2 Type B センサの電気回路図

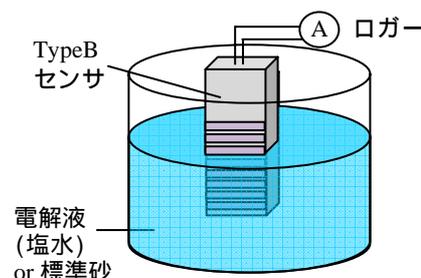


図-3 試験システム

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

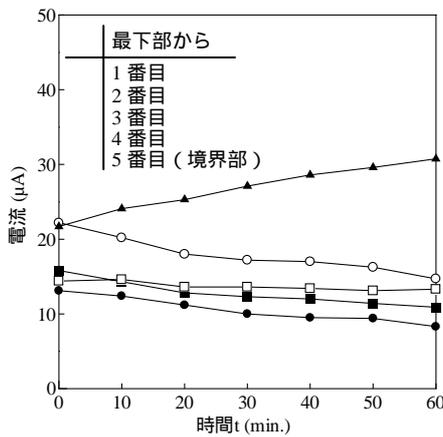


図-4 電流の経時変化の例

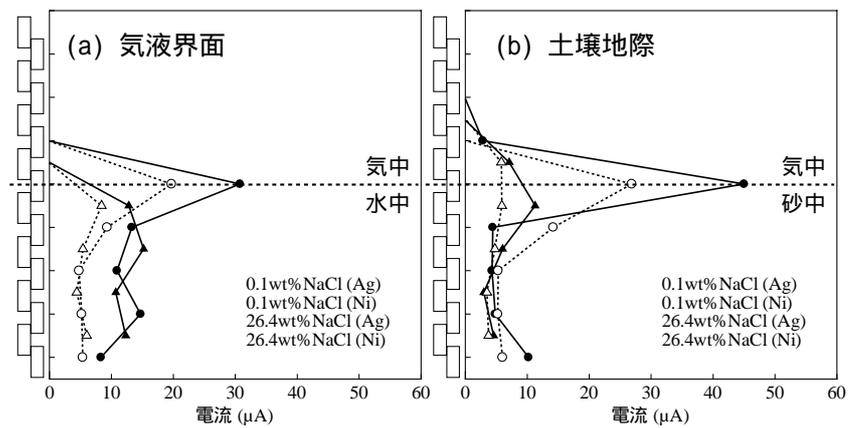


図-5 腐食電流分布

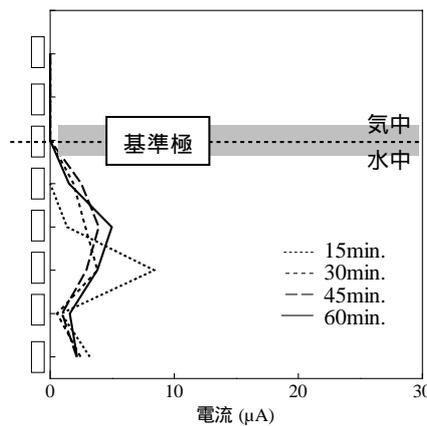


図-6 マクロセルの分布例

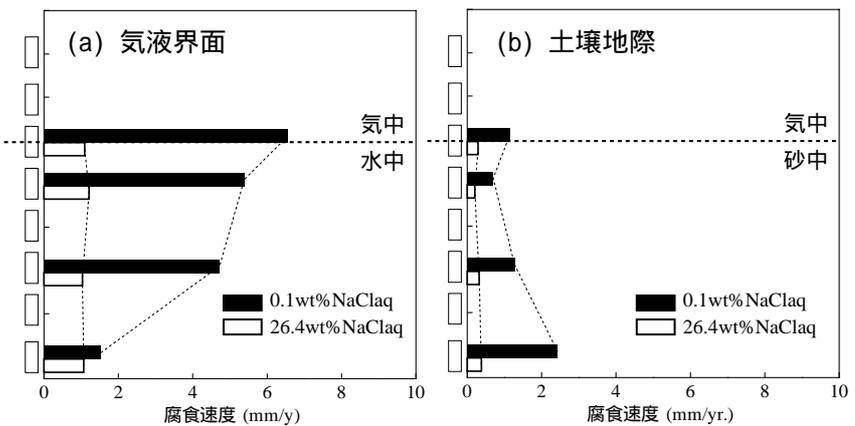


図-7 腐食速度分布

%NaClaq の4種である。3)および4)で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、Type Aは10分、Type Bは3分毎に電流を測定・記録した。なお、測定時間は60分間とした。Type B センサを用いた測定は、基準極を最下部から1, 3, 5, 6番目の順に変えながら実施した。

4. 試験結果 Type A 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。気相との境界部では電流値が増加しているが、それ以外では低下している。これは、気相との境界部では大気からの酸素の供給によって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していることを示している。つまり、Type A センサを用いることで、溶存酸素量の変動に伴う腐食環境の変化を位置別に高感度で評価することが可能であると言える。

Type A センサにおける各環境における電流分布を図-5に示す。電流分布には測定開始から60分後の電流値を用いた。各環境において、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、本センサにより腐食環境の差異の分布を電流値を用いて表すことができると言える。また、対極材の Ag と Ni では材質によらず、電流分布は同様の傾向を示していた。しかし、電位-pH 図よれば、Ni は中性域とアルカリ域で腐食形態が異なっている。この影響は不明ではあるが、対極材としての長期安定性を重視する場合、このような 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。

Type B センサの最下部から6番目を基準極とした場合の電流分布を図-6に示す。測定環境は26.4wt%NaClaqである。マクロセルの分布を評価できており、この分布は基準極の腐食に及ぼすカソード範囲とその量に相当すると考えられる。

電流分布から換算した腐食速度分布を図-7に示す。気液界面や土壌地際の環境の相違によらず、本研究の腐食速度は、実構造物の腐食速度に比して、著しく大きくなっている。これは、腐食反応のごく初期段階では鋼材表面に腐食生成物が付着しておらず、鋼材表面が活性状態であるためと考えられる。本検討で算出した腐食速度については、実際の腐食速度との相関性が不明確であるため、今後、その詳細を検討する必要がある。

5. まとめ 本研究で試作した腐食環境の相対評価のためのセンサ(Type A)および腐食速度の絶対評価のためのセンサ(Type B)を組み合わせて実鋼材に適用することで、その腐食環境および腐食速度の評価の実現が期待できる。今後は、Type B センサの出力から算出される腐食速度と実構造物の腐食速度との相関性を検討する予定である。