

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
三井造船株式会社 正会員 石原 修二

九州大学大学院 正会員 貝沼 重信

1. はじめに 鋼構造物において、構造部材のコンクリート地際に雨水や凍結防止剤が長時間停滞することで、塗膜が比較的早期に劣化し、著しい局部腐食が発生する事例が報告されている。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、その発生の有無や進行性を早期に把握することは、鋼構造物を経済的に維持管理する上で重要となる。

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した。この基礎的な研究として、腐食環境センサの基本性能と実用性を検討するために、プロトタイプのセンサを製作し、気液界面および土壌地際を模した腐食環境評価のための電流測定を行った。

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 TypeA センサ、および腐食速度の絶対評価を目的とした TypeB のセンサを用いた。各センサの構造を図-1 に示す。センサの鋼材には鋼構造物に一般的に用いられている JIS G3106 SM490A 材(30×5×1.5mm)を用いた。

TypeA 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センサであり、高感度な腐食環境評価が期待される。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(15×5mm)を接着することで形成した。電流測定に用いる導線は、スポット溶接で鋼材と対極材に接合し、接合部は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 交互にずらすことで、計 16 組の鋼材と対極材を用いた。本センサは対極材として、Ag と Ni を選定した。Ag は pH に依存せず不活性状態であるため、腐食形態が環境に依存しないと考えられる。また、中性域における鋼材は、不動態域と腐食域の境界付近に位置する。一方、Ni は両極の電位差が小さいため、対極を接続した場合でも、腐食形態が変化しにくいと考えられる。そこで、本センサでは対極材が鋼材に及ぼす影響を比較・検討するため、アクリル製ホルダーの表裏面の対極材にそれぞれ Ag と Ni を用いた。

TypeB 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。TypeB 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たと考え、その腐食電流から得られる総電気量(C)に基づき、溶出する Fe により算出することができる。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 TypeA 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。

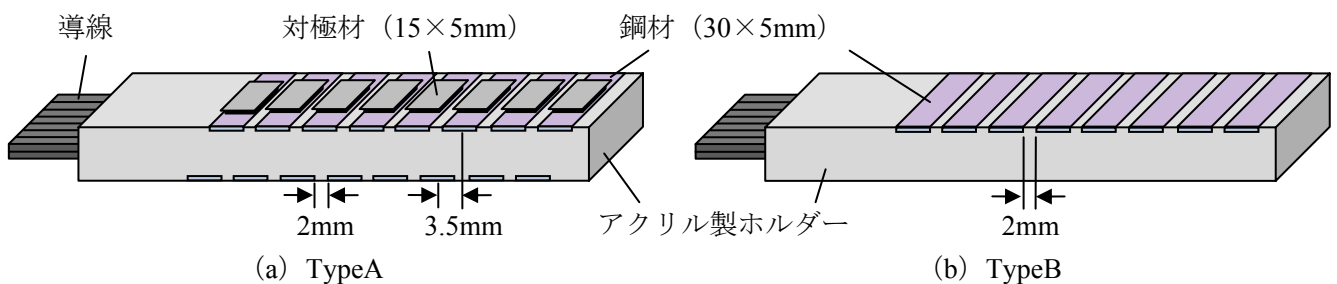


図-1 各種センサの構造

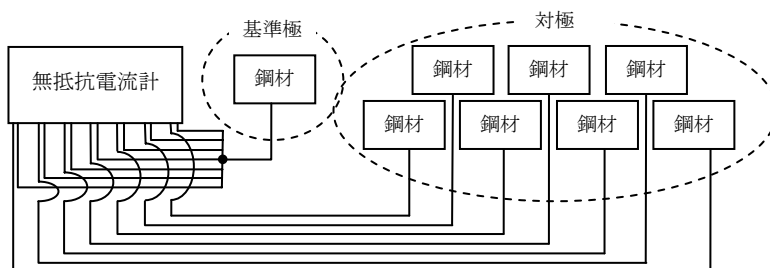


図-2 TypeB センサの電気回路図

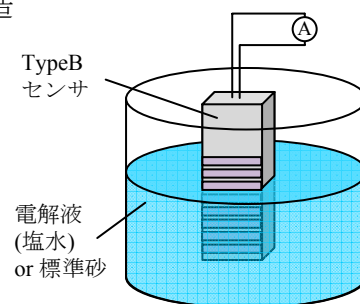


図-3 試験システム

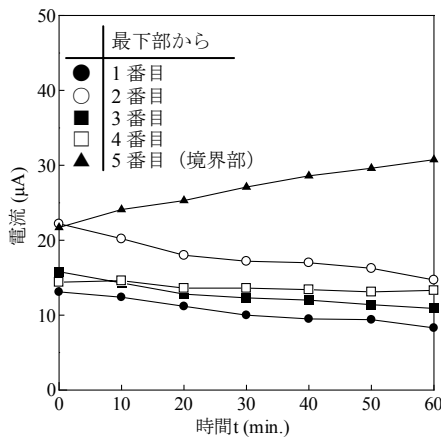


図-4 電流の経時変化の例

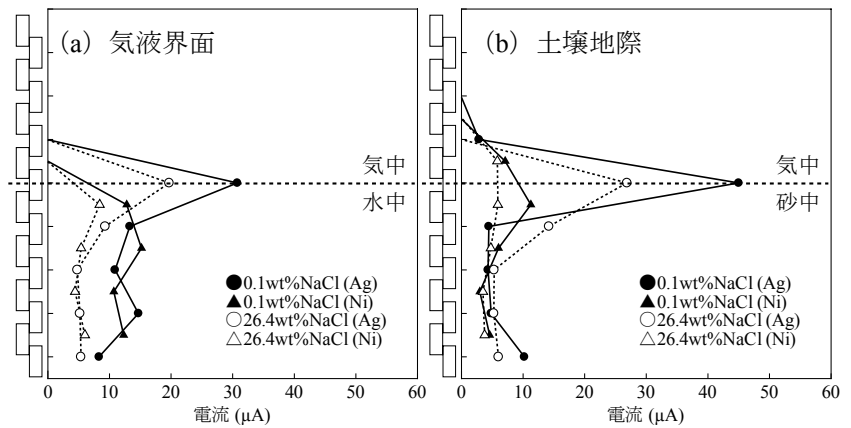


図-5 腐食電流分布

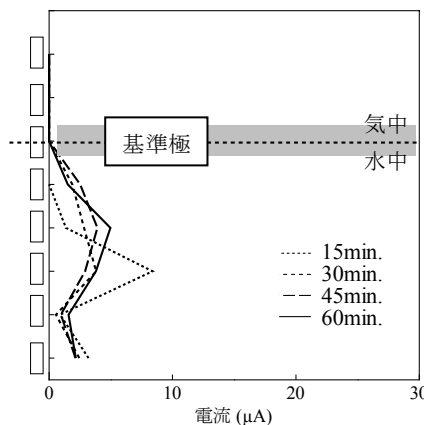


図-6 マクロセルの分布例

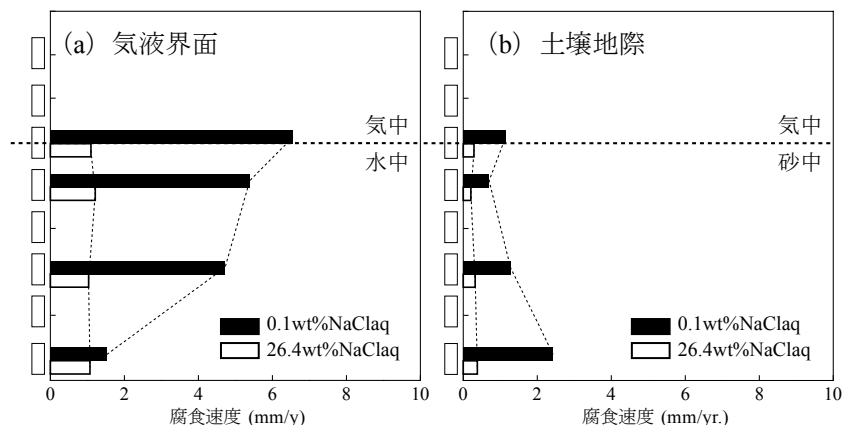


図-7 腐食速度分布

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%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、TypeA は 10 分、TypeB は 3 分毎に電流を測定・記録した。測定時間は 60 分間とした。TypeB センサによる測定では、基準極が最下部から 1, 3, 5, 6 番目について実施した。

4. 試験結果 TypeA 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。水中と気中の境界部では電流値が増加しており、その他については低下している。これは、境界部で酸素が十分に供給されているためであると考えられる。

TypeA 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 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、本センサでは環境の差異を電流値により表すことができると言える。また、Ag と Ni の対極材によらず、電流分布は同様の傾向を示している。しかし、本センサをコンクリート地際部に適用する場合には、pH の影響が大きいことが考えられるため、対極材として Ag を選定すべきと考えられる。

TypeB センサにおける最下部から 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。マクロセルの分布形状を評価できており、この分布は基準極の腐食に及ぼすカソード範囲およびその量に相当していると考えられる。

電流分布から換算した腐食速度分布を図-7 に示す。各環境によらず、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 1) 本研究で試作した腐食環境の相対評価のためのセンサ(TypeA)および腐食速度の絶対評価のためのセンサ(TypeB)を組み合わせることで、その腐食環境および腐食速度の評価が可能になることが期待できる。2) TypeA センサの対極材には想定される使用環境で pH 依存性が低い Ag を選定すべきである。3) TypeB 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が不明確なため、今後、検討が必要である。