

迅速な分極曲線測定法による水溶液中マクロセルの腐食電流測定

日本防蝕工業（株）技術研究所 正会員 ○山本 悟
 日本防蝕工業（株）技術研究所 正会員 竹子賢士郎
 京都大学大学院工学研究科 正会員 高谷 哲

1. はじめに

塩害を受けたコンクリート中鋼材は、マクロセルおよびアノード部のマイクロセルによって腐食することが多い。コンクリート中鋼材の腐食速度を非破壊に測定するための手法として、迅速かつ断続的に通電して得た分極曲線から外挿法¹⁾によって腐食電流を決定する CIPE 法（Current Interrupted Polarizing Extrapolation Method）を開発した。この手法の妥当性を調べることを目的として、本報では水道水中で亜鉛合金とステンレス鋼を組み合わせた試料に流れる腐食電流を測定し、CIPE 法による測定値と比較した結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

実験に用いた試料は、直径が 15mm の電気防食用亜鉛合金の断面 ($1.8 \times 10^{-4} \text{m}^2$) およびステンレス 304 鋼板 ($20 \times 91 \text{mm} = 18.2 \times 10^{-4} \text{m}^2$) を組み合わせたマクロセルとした。試料の面積は両者の合計面積 0.002m^2 とし、流れる電流値を面積で除して電流密度 i (mA/m^2) とした。この亜鉛合金はマイクロセルによる自己腐食が非常に少ない（効率=95%以上）ことから、外部から測定するマクロセル電流の値が、試料全体の腐食速度 i_{cor} に近い値を示すことを期待して採用した。

2.2 溶液

用いた水溶液は、実験開始から 6 日間は開成町の水道水、その後 8 日間は新しい水道水に酢酸を数滴加えて pH5.5 に調整したもの、その後 17 日間は新しい水道水に質量比で 0.3% 相当の NaCl を添加したものとした。

2.3 マクロセル電流の測定方法

測定方法を図-1 に示す。亜鉛合金とステンレス鋼の間に固定抵抗 10Ω を直列に挿入し、固定抵抗に生じる電圧降下 IR をデータロガーで測定・記録した。電流値 I は電圧降下 IR を 10Ω で除して求めた。実験開始 31 日後に、マクロセル電流 I (A) に時間 (h) を乗じた電気量 Q_i (Ah) を積算し、これを理論発生電気量 0.82 (Ah/g) で除して亜鉛合金の質量減 W_{cal} (g) を計算した。

2.4 亜鉛合金の質量減測定

実験終了後に亜鉛合金を秤量して質量減 $W_m(\text{g})$ を求めた。

2.5 CIPE 法の通電方法

通電は、自動分極装置を用いて電流密度が 0.01 から $3,000 \text{ mA/m}^2$ まで図-1 の左に示すように、定電流で断続的に行った。通電時間は 1 秒間とし、電流遮断直後から 0.05 秒後のインスタンタノフ電位を測定・記録した。次の段階の電流密度で通電するまでに 10 秒間ほど通電を休止した。通電はカソード分極から行い、60 秒間休止後にアノード分極を行った。

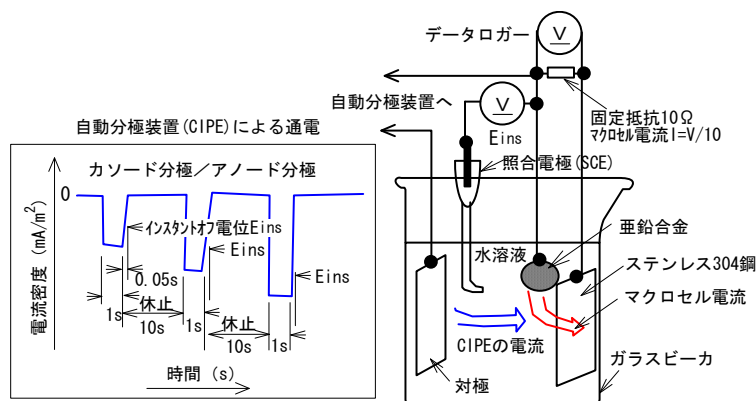


図-1 CIPE 法の測定方法

キーワード 塩害、コンクリート中鋼材、非破壊検査、腐食速度測定、水溶液、マクロセル腐食

連絡先 〒258-0021 神奈川県足柄上郡開成町吉田島 3540-2 日本防蝕工業（株）技術研究所 TEL 0465-44-4114

2.6 CIPE 法の腐食電流密度 i_{int} 計算方法

得られたカソード側およびアノード側の分極曲線から、ターフェル勾配 β の目安を計算し、さらに目標分極量 η_{tg} を計算して、図-2 に示すような分極量 η_t ならびに η_{t+1} から見掛けのカソードターフェル勾配 β_c' および見掛けの平衡電位 $E_c^{0'}$ を計算してターフェル式を求めた。このターフェル式に自然電位 E_{cor} を代入して腐食電流密度 i_{int} を算出した。なお、コンクリート環境では分極量 η_t の前段階の電流密度における η_{t-1} から β_c' を求める。

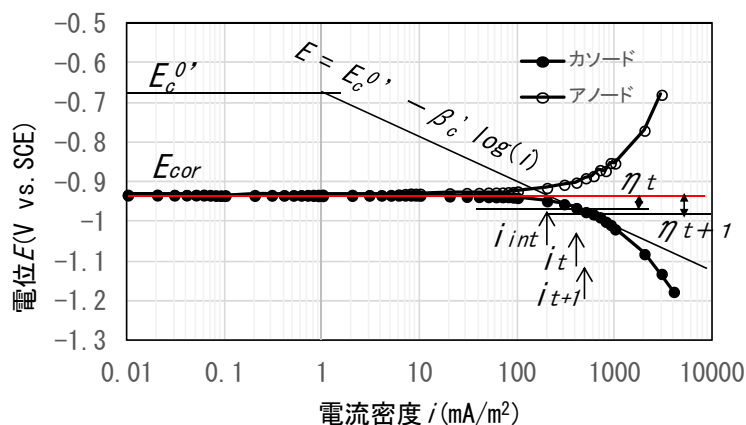


図-2 CIPE 法の腐食電流密度計算例 (25 日経過後)

3. 実験結果および考察

3.1 マクロセル電流密度の経時変化

マクロセル電流密度の経時変化を CIPE 法による測定結果 (() 内) と併せて図-3 に示す。

マクロセル電流密度は、実験開始時に 90 mA/m^2 の高い値を示したが、その後急激に低下し、6 日後には 2 mA/m^2 となった。溶液の pH が 8.1 まで上昇したので、亜鉛合金表面が活性化することを期待して酢酸を数滴添加して pH を 5.5 まで下げた。しかし、活性化が認められなかったため、実験開始 14 日後に質量比で 0.3% 相当の NaCl を添加すると 200 mA/m^2 以上のマクロセル電流が流れた。

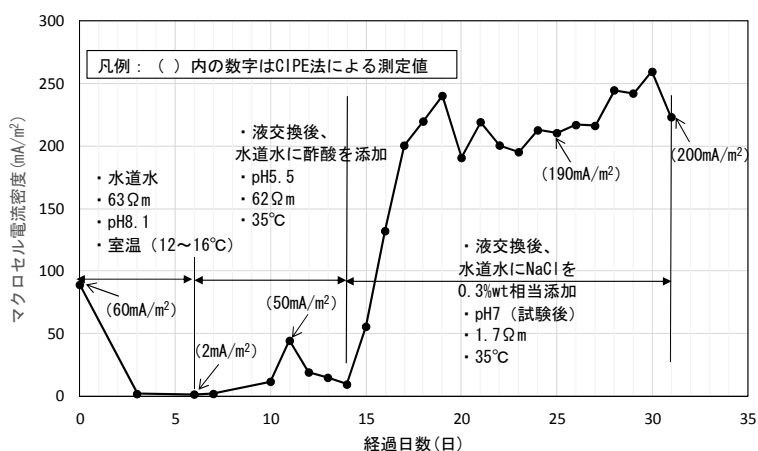


図-3 マクロセル電流密度の経時変化

外部で測定したマクロセル電流密度が 90, 2, 45, 210 および 220 mA/m^2 のときに、CIPE 法の測定値はそれぞれ 60, 2, 50, 190 および 200 mA/m^2 であり、CIPE 法による測定値は外部で測定した電流値とほぼ一致した。

3.2 亜鉛合金の質量減の比較

外部で測定した電流 (マクロセル電流) の積算電気量から求めた質量減 W_{cal} は 0.2223 g で、秤量から求めた値 W_m は 0.2304 g であり、流れた電気量に対する腐食量の比率は 96% であったことから、亜鉛合金表面で生じるミクロセルは非常に少なく、外部で測定した電流値は試料の腐食電流値とほぼ等しかったと考えられる。従って、外部で測定した電流値が CIPE 法による測定値とほぼ等しかったことから、CIPE 法によって試料の腐食電流を測定できたことが明らかになった。

4. まとめ

塩害を受けたコンクリート中鋼材の腐食を模擬した試料について、新しく開発した分極曲線測定法 (CIPE 法) によって腐食電流を測定した結果、試料の腐食速度とほぼ等しい値を測定できたことから、CIPE 法によって腐食速度を非破壊に測定できることが明らかになった。

参考文献

1) 岡本剛、佐藤教男、永山政一：酸性水溶液中の鉄の分極特性測定に対する迅速法の適用とその意義，電気化学，Vol.25，pp.166-174，1957