

マクロセルを用いた電気化学的脱塩工法の防食効果の検討

九州工業大学大学院 学生会員 平本 真也 本田 和也
九州工業大学大学院 正会員 日比野 誠 合田 寛基

1. はじめに

電気化学的脱塩工法（以下脱塩工法）は、コンクリート表面に設置した仮設陽極とコンクリート中の鋼材との間に直流電流を通電し、コンクリート中の塩化物イオンを外部に抽出して、内部の塩分量を低減するものである。脱塩工法の効果として、コンクリート中の塩化物イオンが減少するだけでなく、鋼材の自然電位が長期間にわたり防食状態に保持されることが報告されている^{1,2)}。そこで、本研究では、脱塩処理を行った供試体と未処理の供試体でマクロセルを組み、両供試体間に流れるマクロセル電流量と自然電位の変化から脱塩工法の防食効果を検討した。

2. 実験概要

供試体断面を図-1に示す。供試体の寸法は100×100×180mmであり、磨き丸鋼(φ19, 表面積101cm²)を脱塩面から35mmの位置に配置した。セメントには、普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³, 比表面積:3230cm²/g), 細骨材には海砂(密度: 2.61g/cm³, 粗粒率: 2.68, 吸水率:0.69%)を使用した。モルタルの配合はW/C40%, S/C2.0, 空気量4.0%とし、塩分量で10kg/m³に相当するNaClを練り混ぜ水に添加した。脱塩処理の条件は、脱塩面の電流密度を1A/m², 通電期間を4週間とした。同条件で脱塩を行った場合、鋼材直下のかぶり部分の残留塩分は全塩分量で5.5kg/m³になることを事前に確認している。

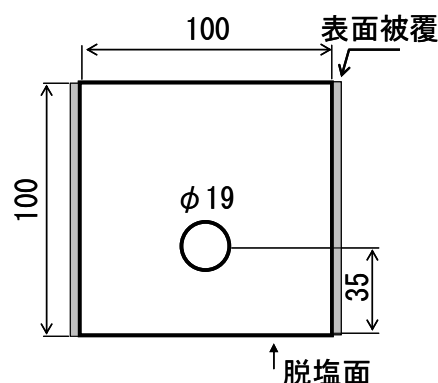


図-1 供試体断面

表-1 マクロセルの組合せ
(塩化物イオン量: kg/m³)

脱塩	未処理
5.5	3
	5.5
	8
未処理	未処理
5	5
	7.5

4週間の脱塩処理終了後、表-1に示す組合せでマクロセルを形成した。比較のため、脱塩未処理の供試体同士でマクロセルを組んだものも測定を行っている。電流を測定する無抵抗電流計は、脱塩処理を行った供試体が正極になる場合に電流の向きが正となるよう接続した。鋼材の自然電位は、飽和銅硫酸銅電極(CSE)を供試体上面に押し当てて測定した。

3. 結果および考察

マクロセル接続後5日間の自然電位の経時変化を図-2に示す。マクロセルの接続前、脱塩処理を行った供試体は通電時にカソード分極されているため、-1.2V程度の電位を示している。しかしながら、マクロセル接続直後から自然電位は貴に変化し、およそ3日間で-0.3V程度まで上昇しその後は、ほぼ一定の値を示している。これと同時に脱塩未処理の供試体では、自然電位が一旦卑側に变化した後、脱塩処理を行った供試体と同程度の電位になり、やはりマクロセル接続後約3日で定常状態になっている。

脱塩処理後の鋼材は酸素の拡散により再不動態化するため、自然電位は緩やかに貴に移行し、ASTM C 876の判定基準に照

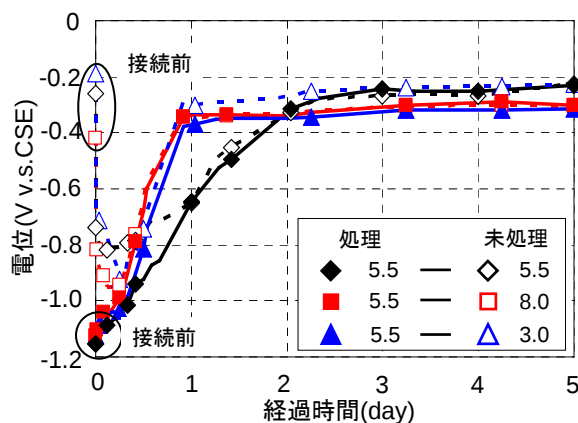


図-2 電位の経時変化(～5day)

らして非腐食域まで復極することが報告されている¹⁾。しかし、今回の実験では、復極に要する期間が極めて短いこと、および図-3に示す復極中のマクロセル電流の変化を考慮すると、図-2に示す自然電位の変化は、脱塩中にカソード分極された鋼材表面の電気二重層がコンデンサーの役割を果たし、マクロセル接続後の電荷の放電に起因する電位の平衡過程を示しているものと考えられる。加えて、定常状態の自然電位がASTM C 876の判定基準に照らして不確領域の間であること、および残留塩分量が 5.5kg/m^3 と発錆限界以上であることを考慮すると、自然電位が定常状態に達した後の鋼材には不動態は形成されていないものと推測される。

マクロセル接続後5日から30日までの電位差（未処理－脱塩処理）と電流量の関係を図-4に示す。脱塩処理と未処理で含有全塩分量が同量（ 5.5kg/m^3 ）の場合（図中◆），マクロセルの電位差が小さく、電流量もきわめて小さい。これは脱塩未処理で塩分量を同量にしたマクロセル（◇）とほぼ同様の傾向を示しており、全塩分量が同程度であれば、マクロセルに電位差が生じず、不動態皮膜がない状態であっても結果として腐食反応が抑制されていると考えられる。

一方、脱塩処理したものがカソードになるよう未処理の供試体の塩分量を増したもの（■）は、脱塩を行った供試体の自然電位が貴、未処理のものが卑となり、塩分量の差に応じて電位差が生じ、マクロセル電流が流れていることが分かる。塩分量の差を 2.5kg/m^3 に設定した未処理同士のマクロセル

（□）と比較しても、電位差、電流量ともに同様の傾向を示しており、脱塩処理後の鋼材では、カソード反応が進行しているものと推測される。同時に、鋼材が不動態化していないことが確認できる。

これに対して、脱塩処理したものがアノード、未処理のものがカソードとなるよう塩分量の差を 2.5kg/m^3 に調整したもの（▲）は、電位差は大きくなっているにも拘らずマクロセル電流は非常に小さくなっている。前述のとおり、今回の実験では、脱塩後に不動態は形成されていないと考えられるので、不動態化以外の要因で鋼材のアノード反応に対する抵抗性が大きくなっているものと考えられる。上田は、脱塩工法では通電中に鋼材が大きくカソード分極されるため、カソード分極抵抗は小さく、アノード分極抵抗は大きくなると指摘しており²⁾、今回の実験でもこのことが確認された。

4. まとめ

今回の実験条件では、脱塩処理によってアノード反応に対する抵抗性が大きくなること、およびこのアノード反応抵抗性は不動態がない状態でも発揮されることが確認できた。

参考文献

- 1) 宇田川秀行:直流電流による鉄筋近傍へのNaイオンの集中とその後の再分散, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.15, No.1, pp.829~834, 1993
- 2) 上田隆雄:塩害により劣化したコンクリート構造物へのデザリネーションの適用に関する研究, 京都大学博士論文, pp.50~61, 1999.6

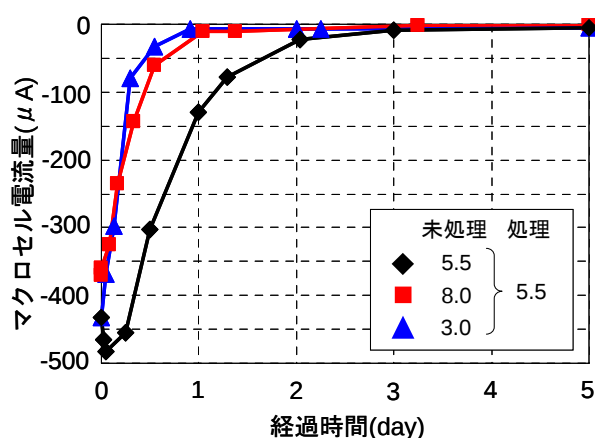


図-3 マクロセル電流の経時変化

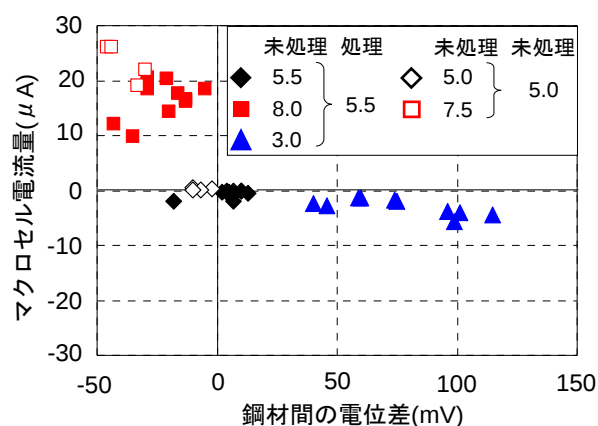


図-4 復極後の電位差とマクロセル電流の関係
(脱塩未処理の電位－脱塩処理の電位)