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

１．はじめに

電気化学的脱塩工法（以下，脱塩工法）の効果として，コンクリート中の塩化物イオン量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，本研究は，脱塩処理を行った供試体と未処理の供試体と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ものである．

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，磨き丸鋼（φ19，表面積 101cm^2）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/cm^3，比表面積：3230cm^2/g），細骨材には海砂(密度：2.61g/cm^3，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，塩化物イオン量で 10kg/m^3 に相当する NaCl を練混ぜ水に添加した．脱塩処理の条件は，脱塩面の電流密度を 1A/m^2，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/m^3 になることを事前に確認している．

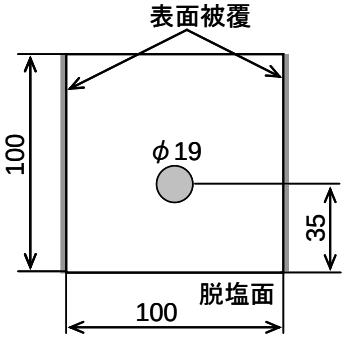

図１ 供試体断面

表１ マクロセルの組合せ

脱塩処理残留塩分	塩化物イオン量 kg/m^3 未処理投入塩分
5.5	3.0
	5.5
	8.0
未処理	未処理
5.0	5.0
	7.5

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．電流と電位の測定は 30 日間行った．

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中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，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．これに対して脱塩未処理の供試体では，自然電位が一旦卑側に変化し，脱塩処理を行った供試体と同程度の電位になったのち，貴に変化し，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定領域であること，および残留塩分量が

キーワード：電気化学的脱塩工法，マクロセル電流，自然電位
連絡先：〒804-8550　北九州市戸畑区仙水町 1-1　九州工業大学建設社会工学科　Tel 093-884-3114

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，鋼材が不動態化していないことが確認できる.結果として，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．

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 2.5 kg/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．

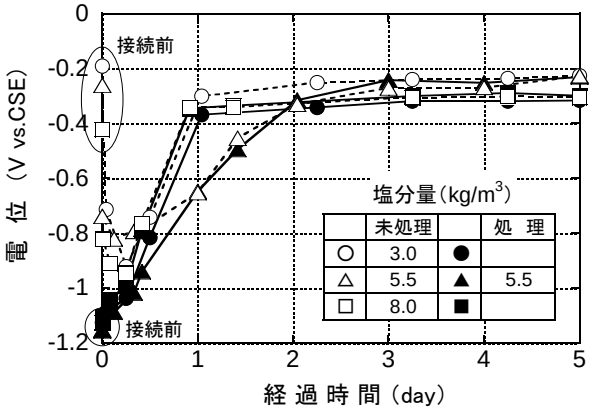

図２ 自然電位の経時変化

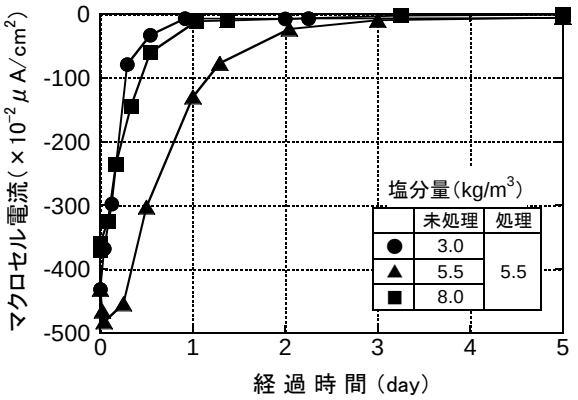

図３ マクロセル電流の経時変化

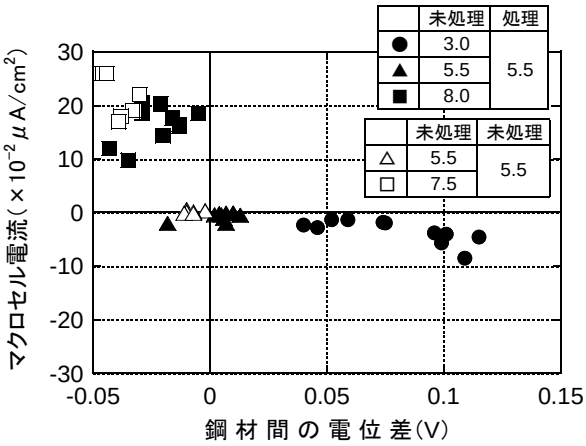

図４ マクロセルの電位差と電流量との関係

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に対する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）宇田川秀行ほか：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