

電気化学的脱塩工法の防食効果の検討

1. はじめに

電気化学的脱塩工法（以下脱塩工法）は、コンクリート中の塩化物イオンを外部に抽出し、内部の塩分量を低減する。効果としては、コンクリート中の塩化物イオンの減少だけでなく、鋼材の自然電位が長期間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を用いてマクロセルを組み、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

本実験は100×100×180mmの角柱供試体を用いて、磨き丸鋼（φ19、表面積101cm²）を脱塩面からかぶり25mmの位置に配置した。使用材料は、普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³、比表面積:3230cm²/g)、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%とした。供試体作成の際、Cl量で10kg/m³・5kg/m³に相当するNaClを練り混ぜ水に添加した。脱塩条件は、電流密度を脱塩面積当たり1.0A/m²、通電期間を4週間とした。鋼材直下の残留塩分量はそれぞれ5.5kg/m³・3.9kg/m³になることを事前に確認した。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、脱塩未処理同士のマクロセルの測定を行った。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、飽和銅硫酸銅電極を供試体上面に当て測定した。

3. 結果および考察

マクロセル接続後30日間の自然電位の経時変化を図1、接続200日までの経時変化を図2に示す。図1から、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、どちらの組み合わせも、-1.1V程度の電位を示している。マクロセル接続直後から自然電位は貴に変化し、およそ5日間で-0.3~-0.2V程度まで上昇し、ほぼ一定の値を示している。脱塩未処理の供試体では、自然電位が一旦卑側に変化した後、脱塩処理を行った供試体と同程度の電位になり、マクロセル接続後約5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、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/m³・3.9kg/m³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。図2から、3.9kg/m³の組み合わせでは、時間の経過とともに自然電位が貴の方向に上昇することを確認した。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）とマクロセル

表1 マクロセル組み合わせ(塩分量)

A-side	B-side	A-side	B-side
脱塩	未処理	脱塩	未処理
5.5kg/m ³	8.0kg/m ³	3.9kg/m ³	5.4kg/m ³
	3.0kg/m ³		2.4kg/m ³
未処理	未処理	未処理	未処理
5.0kg/m ³	7.5kg/m ³	3.9kg/m ³	5.4kg/m ³
			2.4kg/m ³

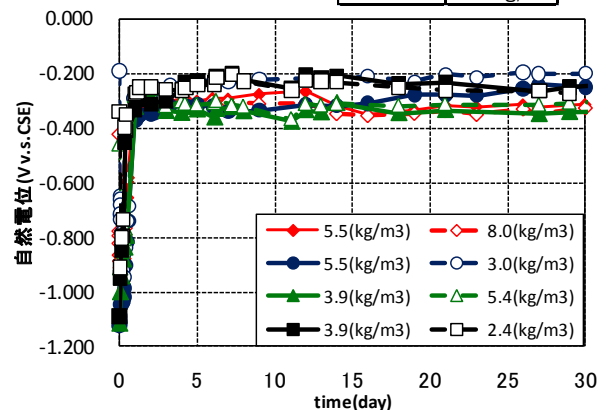


図1 電位の経時変化(～30日)

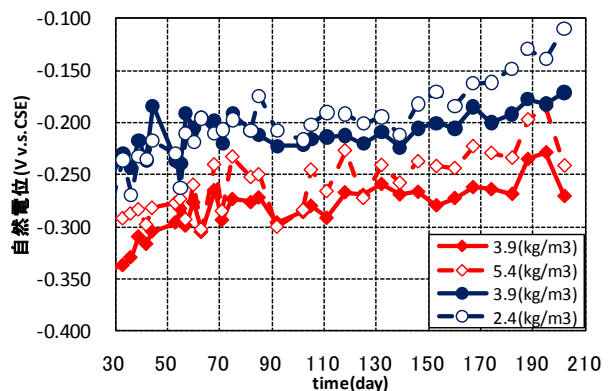


図2 電位の経時変化(30～200日)

電流密度の関係を図 3, 4 に示す。また, 90 日以降の自然電位とマクロセル電流密度の関係を図 5 に示す。

図 3 から, 全データは塩分量差に応じた電位差を示し, マクロセルの原理に沿った電流が流れている。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(図中◆)と, 塩分量差 2.5kg/m^3 の未処理同士のマクロセル(◇)を比較すると, 電位差, 電流量ともに同様の傾向を示した。対して, 脱塩処理したものがアノードとなるよう塩分量差を調整したもの(●)は, マクロセル電流は非常に小さくなっている。本実験では, 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と考えられる。

図 4 から, 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差を 1.5kg/m^3 に調整したもの(●)は, 脱塩を行った供試体の自然電位は卑, 未処理が貴となり, 塩分量差に応じた電位差を生じ, 電流が非常に小さくなっている。それ以外の電位差と電流密度の関係は, 電位差に矛盾を生じているが, 電流密度はマクロセルの原理に沿って流れている。防食効果の検討であるが, 自然電位での評価は電位の貴卑に矛盾を生じたこともあり, 評価ができなかった。しかし, 電流密度での評価は電流の貴卑がマクロセルの原理に沿っているため, 評価可能であると考えられる。よって, 防食効果があると確認できた。

図 5 から, 自然電位が貴に移行すると, 電流密度が減少することが確認できる。これから, マクロセル電流が流れる上で電位が起電力となると考えられる。脱塩処理したものがカソードとなる場合(◆)と, 脱塩未処理同士の塩分量差 1.5kg/m^3 に調整したもの(◇, ○)は, 自然電位が不確定領域から腐食領域に存在している。電流密度を CEB-FIP の判定基準から評価すると, ほぼ腐食域に存在している。対して, 脱塩処理したものがアノードとなる場合(●), 自然電位と電流密度の関係は非腐食域に存在していることが確認できる。前述のとおり, 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。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. 結論

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。また, 塩分量差が 1.5kg/m^3 の場合, 自然電位の貴卑に矛盾を生じているが, 電流密度からアノード反応抵抗性を評価できた。

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

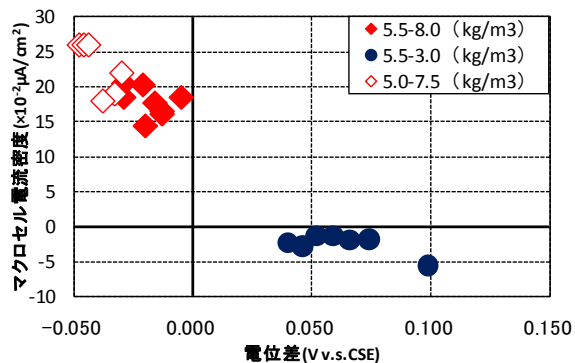


図 3 電位差と電流密度(〜30日:10kg/m³)

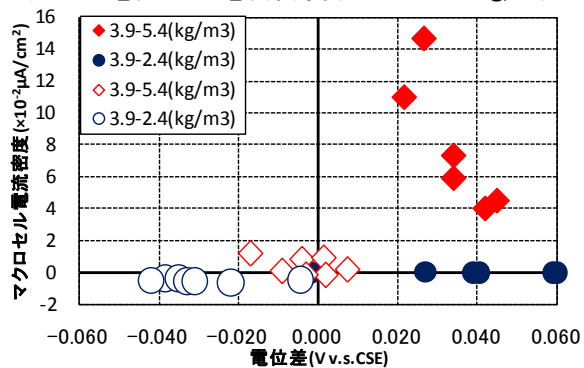


図 4 電位差と電流密度(〜30日:5kg/m³)

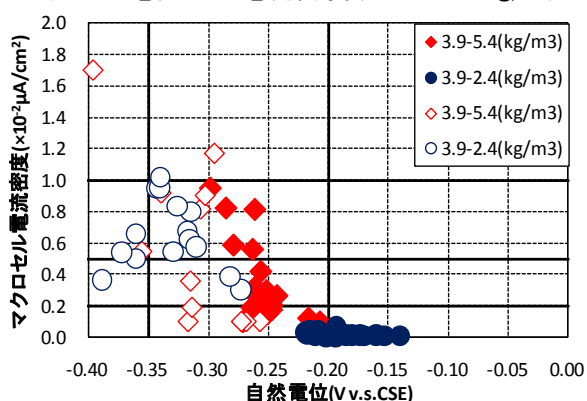


図 5 自然電位と電流密度(90〜200日:5kg/m³)