

酸素濃淡電池によるコンクリート中鋼材の劣化特性に関する研究

(株)ナカボーテック 正会員 ○大谷 俊介 篠田 吉央
 四国電力(株) 非会員 中廣 政之
 (株)四国総合研究所 正会員 横田 優
 (株)四電技術コンサルタント 正会員 三浦 正純

1. はじめに

主たる酸化剤を溶存酸素と考えた場合、鋼材は酸欠により腐食速度が低減するといわれている。これは RC 構造物中の鋼材についても同様であり、海水中にあるコンクリート中鋼材がほとんど腐食しないことが報告されている¹⁾。しかし、RC 構造物の一部が水中に没した場合、構造物は水面を境に環境の異なる気相部と液相部に分離される。このとき、環境分離された鋼材間において酸素濃淡電池が形成され、マクロセル腐食が生じる可能性が考えられる。そこで、本研究ではコンクリート環境を模擬した水溶試験によって酸素濃淡電池による鋼材の腐食特性を検討した。

2. 試験方法

内径 12.5cm、深さ 13.5cm の密閉可能なガラス容器の下半分に硅砂粉末（8 号乾燥硅砂）を入れ、飽和水酸化カルシウム水溶液で満たすことで、水分飽和の固層と水溶液層の 2 つの環境を形成した。各層にはプラス処理したみがき鋼材（供試面積 9.48cm²）と白金板（供試面積 2.80cm²）、飽和 KCl 銀塩化銀電極（SSE）をそれぞれ設置した。水溶液中には円形に加工した白金めっきチタン線（φ1.5mm）を設置し、分極試験用の対極とした。また、水溶液や調整ガスを吹き入れるためのガラス管、排気するためのガラス管を設けた。ここで、調整ガスには窒素ガスと酸素ガスを用いた。試験期間中は、ガラス容器を 25℃に設定した水槽に浸漬することで試験温度を一定にした。なお、本稿では SSE で測定した電位を飽和硫酸銅電極（CSE）基準に換算して表す。

試験条件を表-1 に示す。No.1~No.5 は、硅砂中の鋼材環境を脱気雰囲気にし、水溶液中の鋼材環境を大気解放とした組み合わせに対して、飽和水酸化カルシウム水溶液中の塩化物イオン濃度を変化させることによる鋼材の腐食特性を検討した。塩化物イオン濃度は、20000ppm、10000ppm、5000ppm、2500ppm、0ppm になるよう塩化ナトリウムを用いて調整した。No.6~No.9 は、硅砂中の鋼材環境を脱気雰囲気とし、水溶液中への溶存酸素（DO）の供給量を 4 段階に調整して組み合わせることによる鋼材の腐食特性を検討した。ここでの水溶液には、10000ppm の塩化物イオンを含む飽和水酸化カルシウム水溶液を使用した。

3. 試験結果

3. 1 DOの供給速度

カソード分極試験から得た各試験条件における硅砂および水溶液中白金板の拡散限界電流密度の最小値 i_{LS} と i_{LW} を表-1 に示す。拡散限界電流密度が大きいほど、その環境における DO の供給速度が大きいことを意味する。そのため、本試験では、硅砂中と水溶液中において溶存酸素の供給速度が異なる環境を形成したことになり、No.9 を除き i_{LS} は i_{LW} よりも小さい環境を形成した結果となっている。

3. 2 マクロセル電流と鋼材電位

No.2 の鋼材電位とマクロセル電流の関係を図-1 に示す。硅砂および水溶液中の両鋼材を短絡した直後から電位が低下した。このときマクロセル電流は、プラスの値を示したことから、硅砂中鋼材がマクロアノードに水溶液中鋼材がマクロカソードになっている。またマクロセル電流は、短絡初期に小さかったものの時間の経過とともに増加したため、図-1 では経時的に右下がりの挙動を示した。これは硅砂中鋼材のアノード分極特

キーワード 酸素濃淡電池, マクロセル電流, 塩化物イオン, 溶存酸素の供給速度

連絡先 〒362-0052 埼玉県上尾市中新井 417-16 TEL 048-781-5431

表-1 試験条件と白金板の拡散限界電流密度

検討項目	No.	塩化物イオン ppm	溶存酸素 (硅砂-水溶液)	調整ガス体積比 (酸素:窒素)	硅砂中 Pt の 拡散限界 電流密度 i_{LS} $\mu A/cm^2$	水溶液中 Pt の拡散限界 電流密度 i_{LW} $\mu A/cm^2$
塩化物イオン 濃度の影響	1	20000	脱気雰囲気-大気開放	未調整 (20%:80%程度であ ることを想定)	2.6	14.0
	2	10000			2.8	14.1
	3	5000			3.3	15.6
	4	2500			3.1	17.6
	5	0			3.9	15.9
DO の供給速 度の影響	6	10000	脱気雰囲気-調整ガス①	15%:85%	3.1	9.9
	7		脱気雰囲気-調整ガス②	10%:90%	3.2	7.8
	8		脱気雰囲気-調整ガス③	5%:95%	3.1	5.4
	9		脱気雰囲気-調整ガス④	0%:100%	1.3	0.5

性が変化した影響であると考えられる。試験終了後に鋼材の腐食状態を確認したところ、水溶液中の鋼材は腐食がなかったものの硅砂中鋼材は局所的な腐食が見られた。これらの結果は、pH が高く、溶存酸素の供給速度が遅いコンクリート中の環境にあっても、酸素濃淡電池の形成によって鋼材の腐食速度が増加することを示している。なお、このようなマクロセル電流の発生は、No.5 ($Cl^- = 0ppm$) と No.9 ($i_{LW} = 0.5 \mu A/cm^2$) を除く他の試験条件においても同様にみられた。

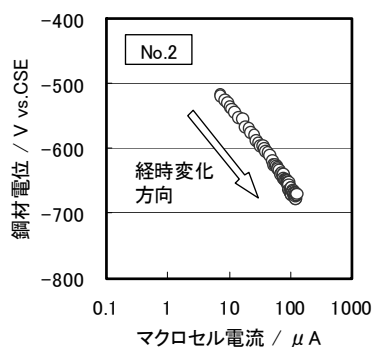


図-1 鋼材電位とマクロセル電流の関係 (No. 2)

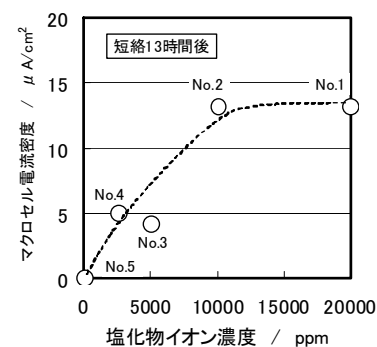
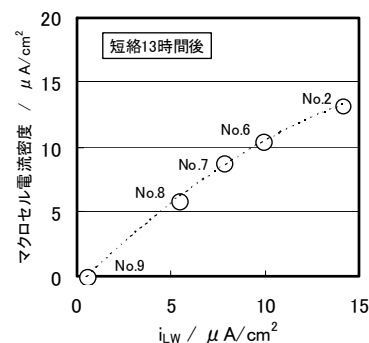


図-2 マクロセル電流密度と塩化物イオン濃度の関係

図-3 マクロセル電流密度と i_{LW} の関係 ($Cl^- 10000ppm$)

3. 3 マクロセル電流密度と塩化物イオン濃度、DO の供給速度の関係

マクロセル電流密度と塩化物イオン濃度の関係を図-2 に示す。マクロセル電流密度には塩化物イオン濃度に対する依存性がみられ、塩化物イオン濃度が高くなるほどマクロセル電流密度は大きくなる傾向にあった。マクロセル電流密度と水溶液中の拡散限界電流密度 i_{LW} の関係を図-3 に示す。マクロセル電流密度は、 i_{LW} が大きくなるほど増加したため、マクロカソードとなる水溶液中鋼材への DO の供給速度が大きいほど増加する結果となった。

4. おわりに

コンクリート環境を模擬した水溶液試験によって酸素濃淡電池による鋼材の腐食特性を検討した。その結果、酸素濃淡電池によるマクロセル電流は、マクロアノードの分極特性に影響を受けて増加する可能性が示された。また、マクロセル電流は環境中の塩化物イオン濃度とマクロカソードへの DO の供給速度に依存することが分かった。

参考文献

- 1) 守分敦朗ほか：70 年以上経過した鉄筋コンクリート構造物の干満帯および海中部における耐久性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 19，No. 1，1997