

前田建設工業（株）	正会員	○岡本光司
徳島大学工学部	正会員	上田隆雄
(株)四国総合研究所	正会員	横田 優
徳島大学大学院	学生員	岡 竜

1. はじめに

コンクリート構造物の代表的な劣化形態として、コンクリート中の鉄筋腐食が挙げられ、その主原因は、塩化物イオン（ Cl^- ）の浸透やかぶりコンクリートの中性化の進行による鉄筋の不動態被膜破壊である。コンクリート中の鉄筋腐食速度を非破壊で推定する手法として分極抵抗が開発されているが、本研究は、コンクリート中の鉄筋腐食挙動に与えるフライアッシュ混和の影響を分極抵抗法により評価することを目的とする。また、電流の印可方法が異なる2種類分極抵抗法の比較も併せて行った。

2. 実験概要

2.1 供試体の作製

供試体は、図1および図2に示すような一体型RC供試体とマクロセル供試体を作製した。マクロセル供試体については、 Cl^- を混入したコンクリートと無混入のコンクリートを打ち継いだ。マクロセル供試体の2本の鉄筋は電気的に連続させるためリード線で結合した。コンクリートの水結合材比は50%と60%とし、単位水量および単位セメント量は、コンクリート単位体積あたりのペーストの体積が一定になるように決定した。コンクリートの配合要因を表1に示す。

2.2 養生および環境条件

コンクリート打設後、材齢28日まで恒温室内で供試体の湿布養生を行った。その後、供試体のかぶり2cmの面を除いた5面をエポキシ樹脂により被覆し、温度 $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 10\%$ および CO_2 濃度5%の促進中性化環境槽内に84日間静置した後に乾湿繰り返し環境に移した。

2.3 測定方法

促進中性化環境槽内に静置した時点から一体型RC供試体中鉄筋の分極抵抗(矩形波電流分極法：高周波数800Hz、低周波数100mHz)、(交流インピーダンス法：高周波数10Hz、低周波数20mHz)を定期的に測定した。照合電極には飽和塩化銀電極(Ag/AgCl)を、対極にはチタンメッシュを用いた。分極抵抗 R_p の逆数は腐食速度に比例するため、分極抵抗に鉄筋表面積を乗じた値の逆数である腐食速度指標($1/(R_p \cdot A)$)を用いて鉄筋腐食速度を評価した。また、マクロセル供試体中の2本の鉄筋間を流れるマクロセル電流を定期的に測定した。

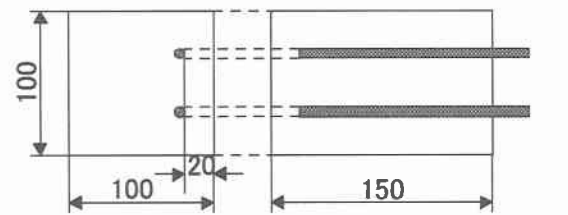


図1 一体型RC供試体

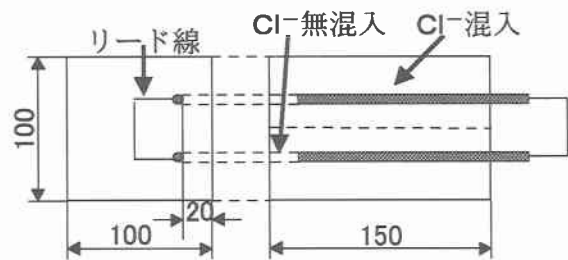


図2 マクロセル供試体

表1 コンクリートの配合要因

W/B(%)	Cl^- 量(kg/m^3)	FA/(C+FA)(%)
50	0	0
		30
		50
	4	0
		30
		50
	8	0
		30
		50
60	0	0
		30
	4	0
		30
	8	0
		30

3. 実験結果

以下に示す図で用いた配合記号は[水結合材比(フライアッシュ置換率)]を意味するものとする。あらかじめ

め 8.0kg/m^3 の Cl^- を混入したコンクリートを用いた一体型 RC 供試体中鉄筋の腐食速度指標の経時変化を図 3 に示す。水結合材比が 50% の場合、60% 場合ともにフライアッシュの置換率が高いほど鉄筋腐食速度が大きくなっている。これはフライアッシュを混和した供試体の方が無混和の供試体よりもコンクリートの中酸化速度が大きいためと考えられる。また、フライアッシュの置換率が等しければ水結合材比が大きいほど鉄筋腐食速度が大きくなっている。促進中性化期間中はコンクリートが乾燥しているため、腐食速度指標は全体的に小さくなっているが、乾湿繰り返し環境に供試体に移した後は、酸素と水分の供給に伴い腐食速度指標は急激に増大している。

コンクリートの水結合材比を 50%、アノード側コンクリートの Cl^- 混入量を 8.0kg/m^3 としたマクロセル供試体のマクロセル電流の経時変化を図 4 に示す。これによるとマクロセル電流値は、フライアッシュの置換率が高いほど大きい値を示している。また、促進中性化 70 日目以降にフライアッシュ置換率が 50% の供試体について負の電流値を示しているのは、中性化の影響でマクロセル供試体の 2 本の鉄筋が同程度に腐食し、アノードとカソードが入れ替わったためと考えられる。

交流インピーダンス法と矩形波電流分極法によって測定された分極抵抗をプロットしたものを図 5 に示す。横軸は交流インピーダンス法による測定値 $R_{p交}$ 、縦軸は矩形波電流分極法による測定値 $R_{p矩}$ とする。交流インピーダンス法による分極抵抗は広範囲にばらついており、特に鉄筋腐食速度が小さく、分極抵抗が大きい場合に精度の高い測定値が得られているものと考えられる。これに対して、鉄筋腐食速度が大きく、分極抵抗が小さい範囲では 2 種類の分極抵抗の間には線形的な相関関係が見られた。交流インピーダンス法による分極抵抗で $0 \sim 20 (\Omega \cdot \text{m}^2)$ の範囲のデータを用いると、この相関関係は次式で表すことができる。

$$f(R_{p矩}) = 0.367 \times R_{p交}$$

4. まとめ

- ①あらかじめ 8.0kg/m^3 の Cl^- を混入した一体型 RC 供試体を促進中性化環境に静置した結果、フライアッシュの置換率および水結合材比が高いほど鉄筋腐食速度が大きくなった。
- ②アノード側の Cl^- 混入量を 8.0kg/m^3 としたマクロセル供試体を促進中性化環境に静置した結果、フライアッシュの置換率が高いほど鉄筋間のマクロセル電流値が大きくなった。
- ③鉄筋腐食速度が大きい場合に、矩形波電流分極法から得られる分極抵抗と、交流インピーダンス法から得られる分極抵抗の間には線形関係が見られた。

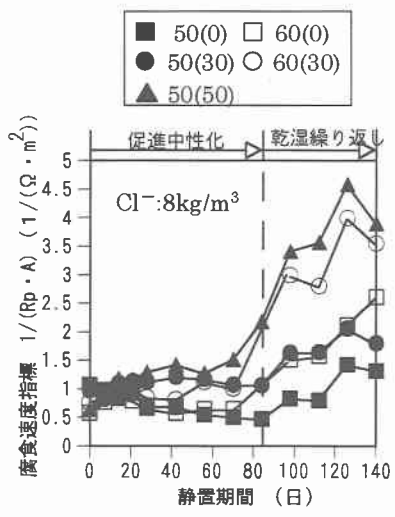


図 3 腐食速度指標の経時変化

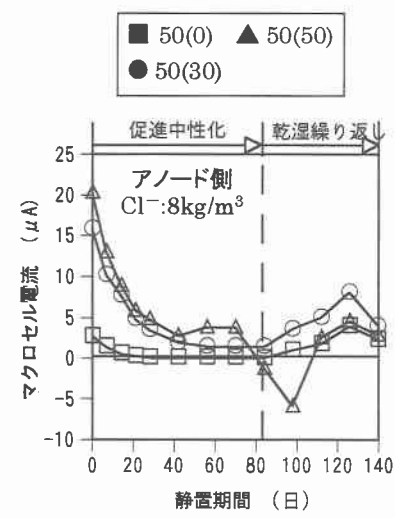


図 4 マクロセル電流の経時変化

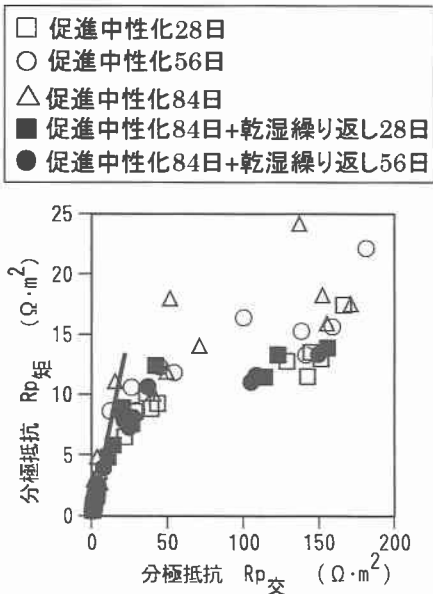


図 5 交流インピーダンス法と矩形波電流分極法による測定結果の比較