

(株) 鴻池組	正会員	○河野智泰
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
電気化学工業(株)	正会員	石橋孝一

1. はじめに

フライアッシュを混和したコンクリート中の鉄筋の塩害や中性化による腐食挙動については不明な点が多い。そこで本研究では、あらかじめコンクリート中に Cl^- およびフライアッシュを混和した鉄筋コンクリート供試体（以下、RC 供試体）を用いて、塩害および中性化単独や、塩害と中性化との複合劣化により発生する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コンクリートの配合要因の影響を電気化学的手法により検討した。

2. 実験概要

2.1 コンクリート配合および供試体の作製

本実験で用いたコンクリートの配合要因を表 1 に示す。水結合材比(W/B)は、標準的なレベルである 50%と、劣化促進レベルとして 60%を選定し、フライアッシュ置換率は体積割合で 0、30、50%の 3 レベルを設定した。また、 Cl^- 量としては、比較的厳しい塩害環境を想定した 8.0kg/m^3 を最大とする 3 レベル (0.0、4.0、 8.0kg/m^3) を選定した。供試体は図 1 に示すように $10\times 10\times 15\text{cm}$ の角柱コンクリートとし、かぶり 2cm の位置に異形棒鋼 SD 295A D10 を 2 本配した。なお、中性化深さ測定用に一辺が 10cm の立方体供試体を別途作製した。

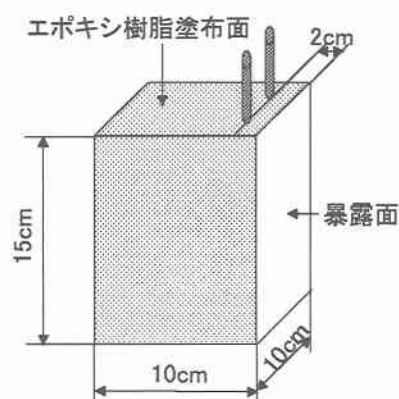


図 1 RC 供試体

2.2 養生および供試体静置条件

コンクリート打設後、すべての供試体は材齢 1 日で脱型を行い、材齢 28 日まで温度 20°C 、湿度 60%の恒温室内で湿布養生を行った。養生終了後、1 週間の気中乾燥を行った上で、暴露面 (RC 供試体ではかぶり 2cm の面) を 1 面残して、他の 5 面すべてにエポキシ樹脂を塗布した。促進中性化を行う供試体は、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静置した。一方、一部の RC 供試体は、温度 20°C のコンテナ内に水を十分含ませたスポンジを敷きラップで密封した湿空状態とラップを取り外した乾燥状態を繰り返す 1 週間周期での乾湿繰り返し環境での静置を行った。また、促進中性化環境槽内に静置した供試体は 84 日間の促進中性化の後に 1 週間周期での乾湿繰り返し環境に移した。

2.3 測定方法

促進中性化開始後 1 ヶ月、2 ヶ月および 3 ヶ月の時点で立方体供試体を用いて中性化深さを測定した。測定方法は、供試体を割裂した後、割裂面にフェノールフタレイン 1%エタノール溶液を噴霧し、赤変しない部分の深さをノギスで測定した平均値を中性化深さとした。促進中性化および乾湿繰り返し環境での静置を開始した時点から RC 供試体中の鉄筋の自然電位、分極抵抗 (矩形波電流分極法：電流 $10\sim 100\mu\text{A}$ 、周波数 800Hz および 0.1Hz)、コンクリート抵抗を測定し、その経時変化を検討した。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。また、測定を行う前に供試体表面を湿布で約 30 分間覆うことにより、測定のための湿潤状態を確保した。

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	0
		30
		50
	4.0	0
		30
		50
	8.0	0
		30
		50
60	0.0	0
		30
	4.0	0
		30
	8.0	0
		30

3. 実験結果

図中の配合名は「水結合材比(%) (フライアッシュ置換率(%))」を表す。
促進中性化を行った時の各配合の中性化深さの経時変化を図2に示す。これによると、フライアッシュ置換率が大きいほど、中性化の進行速度は大きくなっている。また、全体的な傾向として W/B が 60% の場合の方が 50% の場合に比べて中性化の進行速度は大きくなっている。

乾湿繰り返し環境に静置した供試体について、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の経時変化 (Cl^- : $8.0kg/m^3$) を図3に示す。これは、厳しい塩害が単独で作用する環境を想定している。W/B が 50% の場合で比較すると、フライアッシュを混和したコンクリートの方がフライアッシュ無混和のコンクリートに比べて、腐食速度指標は小さい値に抑えられていることがわかる。また、W/B が 60% の場合では、フライアッシュを混和したコンクリートの腐食速度指標は、乾湿繰り返し 56 日目まではフライアッシュ無混和のコンクリートに比べて小さい値をとり鉄筋腐食は抑制されているが、それ以降急激な増大傾向にあり、フライアッシュ混和による防食効果は短期的となっている。

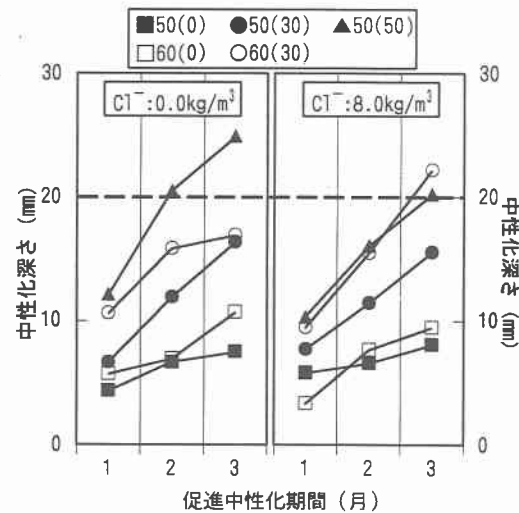


図2 中性化深さの経時変化

促進中性化環境に静置した供試体について、自然電位の経時変化 (Cl^- : $0.0kg/m^3$) を図4に示す。これは、中性化が単独で作用する環境を想定している。この場合、初期状態での塩害の影響がないために、促進中性化期間の初期においては、全体的に非腐食領域の貴な電位を推移している。しかし、促進中性化 42 日目以降、60(30)の供試体で電位が卑な方向へ変化している。これは、図2で示したようにこの配合については中性化進行速度が他の配合にくらべて大きいことが影響したものと考えられる。

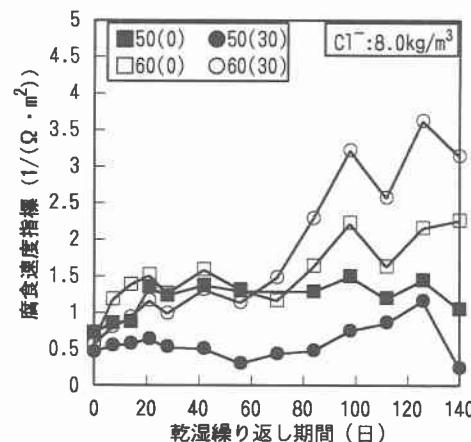


図3 腐食速度指標の経時変化

促進中性化環境に静置した供試体について、自然電位の経時変化 (Cl^- : $4.0kg/m^3$) を図5に示す。これは、中性化と塩害が複合的に作用する環境を想定している。この場合、フライアッシュを混和したコンクリートについては促進中性化 42 日目以降、 Cl^- 量が $0.0kg/m^3$ の場合に比べて中性化の進行に伴い電位が速やかに卑変している。このように塩害と中性化が複合的に作用する状況においては、フライアッシュを混和することにより鉄筋腐食環境が厳しくなると考えられる。

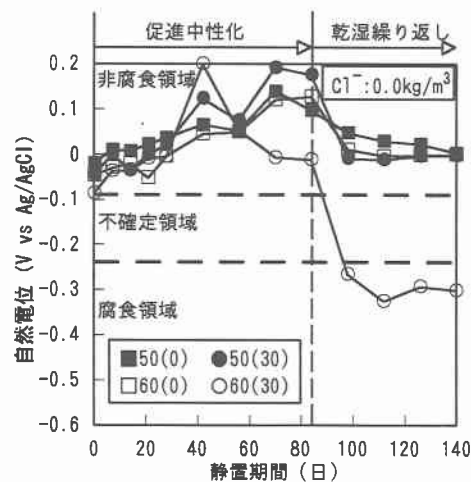


図4 自然電位の経時変化

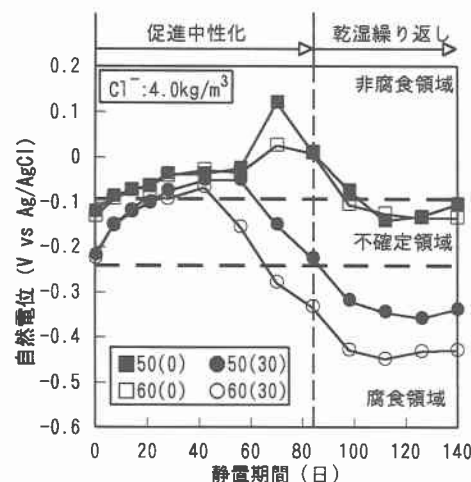


図5 自然電位の経時変化

4. まとめ

- ①初期混入 Cl^- 量が $8.0kg/m^3$ の厳しい塩害が単独で作用する場合、W/B を 50% に設定すれば、フライアッシュを 30% 混和することにより鉄筋腐食速度が抑制された。
- ②中性化が単独で作用する場合、フライアッシュの混和により、鉄筋の自然電位は早期に卑変した。
- ③中性化と塩害が複合的に作用する場合、フライアッシュの混和により厳しい鉄筋腐食環境が形成された。