

V-10 フライアッシュの混入がコンクリート中の鉄筋腐食挙動に与える影響

徳島大学大学院 学生員 ○岡 竜
 徳島大学工学部 正会員 上田隆雄
 ㈱四国総合研究所 正会員 横田 優
 電気化学工業㈱ 正会員 石橋孝一

1. はじめに

フライアッシュを混入したコンクリート（以下 FA コンクリート）は、普通コンクリートに比べてコンクリート中鉄筋の腐食因子である水分、酸素や Cl^- などの浸透を抑制することが期待されている。一方で、フライアッシュのポゾラン反応によって、コンクリート中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が消費され、コンクリートの pH が低下し、中性化速度が大きくなることから、鉄筋腐食環境が容易に形成される状況も考えられる。本研究では、あらかじめ Cl^- を混入した鉄筋コンクリート供試体（以下 RC 供試体）を促進中性化させ、塩害と中性化の複合的な作用による鉄筋腐食挙動に与えるフライアッシュ混入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 供試体の作製

供試体は、図 1 に示すように鉄筋(D10)を 2 本、かぶりを 2 cm として配筋した $10 \times 10 \times 15 \text{ cm}$ の RC 供試体を作製した。コンクリートの水結合材比は 60% で一定とし、セメントに対するフライアッシュ置換率を 0 および 30% の 2 種類、コンクリートにあらかじめ混入する Cl^- 量を 0、4 および 8 kg/m^3 の 3 種類とした合計 6 配合を設定した。コンクリートの示方配合を表 1 に示す。

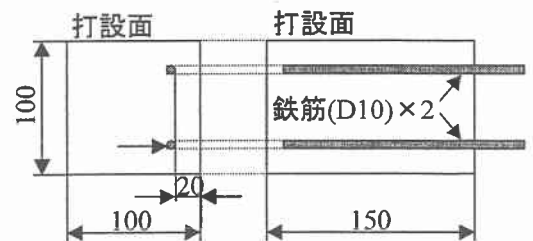


図 1 RC 供試体

2.2 養生および環境条件

コンクリート打設後、材齢 1 日で脱型し、材齢 28 日まで恒温室内で湿布養生を行った。その後 7 日間の気中乾燥を行った上で、かぶり 2 cm 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 日間静置した後に湿空環境に移した。

表 1 コンクリートの示方配合

供試 体名	Cl ⁻ 量 (kg/m ³)	W/B (%)	FA (C + FA) (%)	s/a (%)	G _{max} (mm)	単位量(kg/m ³)						
			W			C	FA	S	G	NaCl	AE減水 剤(cc)	
0(0)	0	60	0	48	15	185	308	0	808	879	0	77
0(30)			30				237	71	796	866	0	
4(0)	0		308				0	801	879	6.6		
4(30)	4		30				237	71	789	866	6.6	
8(0)	8		0				308	0	795	879	13.3	
8(30)	30		237				71	783	866	13.3		

注) 供試体名は「 Cl^- 量 (フライアッシュ置換率)」

2.3 測定方法

促進中性化環境槽内に静置を開始した時点から RC 供試体中鉄筋の自然電位および分極抵抗（矩形波電流分極法：周波数 0.1 Hz ）を定期的に測定し、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。自然電位は ASTM の判定基準を適用して検討を行った。分極抵抗 R_p は腐食速度に反比例すると考えられるため、腐食速度指標 $1/(R_p \times A)$ (A ：鉄筋の全表面積) を用いて検討を行った。

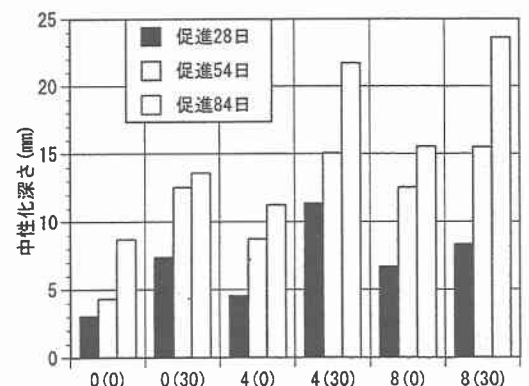


図 2 中性化深さ

3. 実験結果

各配合の中性化深さを図 2 に示す。これによると FA コンクリートは普通コンクリートに比べて中性化深さが大きくなっている。また、 Cl^- 量が多いほど中性化深さが大きくなっている。4(30)と 8(30)の中性化深さは 84 日の促進中性化により RC 供試体のかぶりである 2 cm に達しており、鉄筋は厳しい腐食環境にあるものと考えられる。

促進中性化 84 日における 8(0)と 8(30)の Cl^- 濃度分布を図 3 に示す。これによると FA コンクリートは普通コンクリートに比べてコンクリートの中性化に起因して形成される Cl^- の濃度勾配は緩やかになるが、可溶性塩分の全塩分に占める割合が大きくなっている。これより、 Cl^- の浸透が抑制されるといわれている FA コンクリートでも、内在塩を含む場合、厳しい鉄筋腐食環境になる恐れもあることが考えられる。

自然電位の経時変化を図 4 に示す。 Cl^- 量が 0kg/m^3 の場合、促進中性化期間中は貴な値の経時変化を示しているが、湿空静置開始後の電位は卑変している。促進中性化 84 日および湿空静置 70 日の時点では、普通コンクリートは不確定領域、FA コンクリートは腐食領域に分類されている。 Cl^- 量が 4kg/m^3 の場合、FA コンクリートは普通コンクリートに比べて常に卑な値を示しており、フライアッシュの混入により、促進中性化の影響が顕著にあらわれたものと考えられる。 Cl^- 量が 8kg/m^3 の場合、フライアッシュ混入の有無にかかわらず同程度の卑な電位を示しており、厳しい腐食環境が形成されていることがわかる。

分極抵抗より算出した腐食速度指標の経時変化を図 5 に示す。これより、 Cl^- 量が 0kg/m^3 の場合、フライアッシュ混入の有無にかかわらず同程度の小さい値で安定した経時変化を示しており、フライアッシュ混入の有無にかかわらず現時点までは腐食速度は小さいものと考えられる。 Cl^- 量が 4kg/m^3 の場合、FA コンクリートは普通コンクリートに比べて大きな値を示しており、特に湿空静置以降は不安定な経時変化を示している。 Cl^- 量が 8kg/m^3 の場合、フライアッシュ混入の有無にかかわらず、大きな腐食速度を示している。これらの傾向は自然電位の経時変化と良い相関を示しているといえる。

4. まとめ

今回用いた配合に関して、促進中性化 84 日およびその後の湿空静置 70 日の時点までの実験結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 中性化が単独 (Cl^- 量が 0kg/m^3) で作用する場合、フライアッシュ混入の有無にかかわらず腐食程度は小さいと考えられる。
- (2) 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入は厳しい鉄筋腐食環境を形成する危険性があると考えられる。

今後は、引き続き自然電位および分極抵抗の測定を行い、長期的な観点から検討していく予定である。

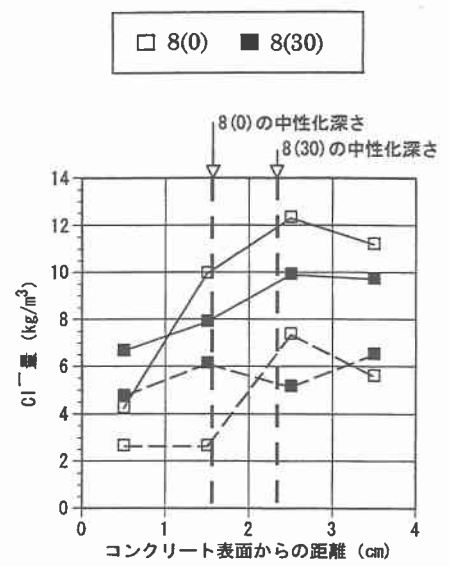


図 3 Cl^- 濃度分布

(実線は全塩分量、破線は可溶性塩分量)

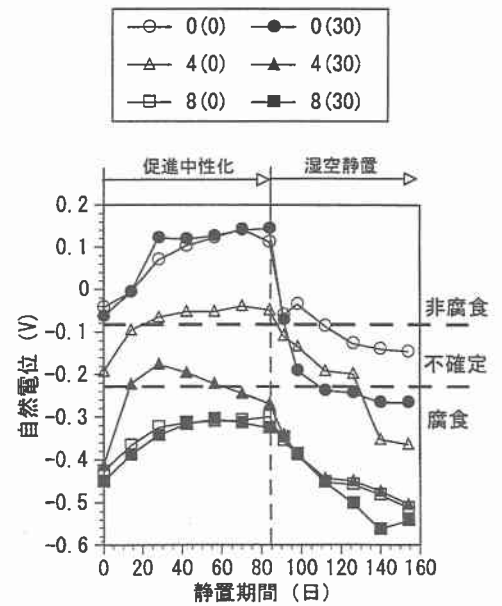


図 4 自然電位経時変化

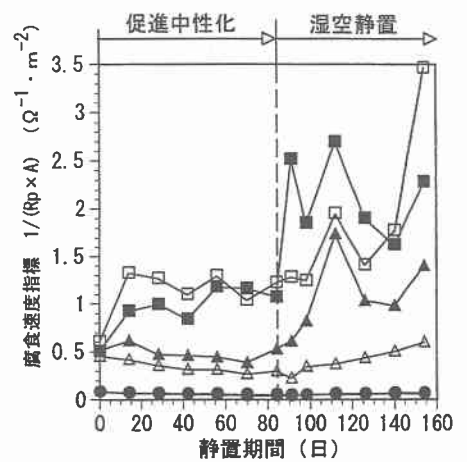


図 5 腐食速度指標経時変化