

フライアッシュの混和が鉄筋発錆限界塩分濃度を与える影響

徳島大学 学生会員 ○児島多恵 徳島大学 正会員 上田隆雄
 徳島大学 学生会員 進藤義勝 電気化学工業 非会員 七澤章

1. はじめに

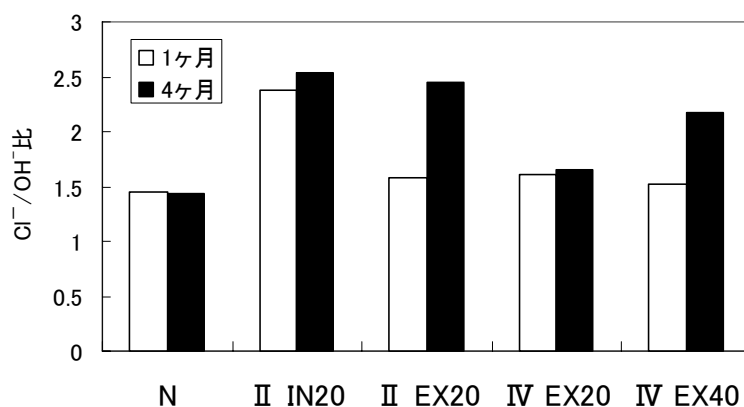
フライアッシュを混和したコンクリートは、外部からの腐食・劣化因子の浸透抑制効果が期待できることから、耐久性に優れているものと考えられる。ただし、コンクリート中の鉄筋腐食環境については、ポズラン反応による pH の低下なども考慮した評価が必要である。そこで本研究では、フライアッシュの混和がコンクリート中の鉄筋腐食に与える影響を評価することを目的として、鉄筋モルタル供試体を作製し、モルタル中の鉄筋の発錆限界 Cl^- 濃度の測定も試みた。また、腐食環境の評価指標として、細孔溶液中のイオン組成およびフリーデル氏塩生成量を測定した。

2. 実験概要

本研究で用いた供試体は、 $100 \times 100 \times 300 \text{ mm}$ のモルタル角柱供試体、 $\phi 50 \times 100 \text{ mm}$ のモルタル円柱供試体（細孔溶液抽出および熱分析用）とした。モルタル配合は単位セメント量 500 kg/m^3 、 $\text{W/C} = 60\%$ とし、フライアッシュを無混和、フライアッシュ II 種をセメント質量に対して 20% セメント代替、20% 細骨材代替、フライアッシュ IV 種をセメント質量に対して 20% および 40% 細骨材代替した全 5 配合とした。モルタル角柱供試体は、かぶり 20 mm および 25 mm の位置にそれぞれみがき丸鋼 $\phi 13$ を 1 本ずつ、供試体中央に照合電極を 1 本配置した。モルタル円柱供試体はイオン組成を調べるため、初期混入 Cl^- 濃度 10 kg/m^3 となるよう NaCl を混入した。モルタル角柱供試体は 28 日間の封緘養生後、照合電極周辺に 10% NaCl 溶液を浸透させ、自然電位を 1 時間間隔で連続的にモニタリングおよびアノード分極曲線の測定を行った。鉄筋に腐食発生後、供試体を解体し、深さ方向における塩化物イオン濃度を測定した。モルタル円柱供試体は、1 ヶ月および 4 ヶ月の封緘養生後に、細孔溶液抽出を行い、 Cl^- および OH^- 濃度を測定、熱分析により結合水量と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量、フリーデル氏塩生成量を測定するとともに、細孔径分布も測定した。

3. 試験結果と考察

1 ヶ月および 4 ヶ月間、封緘養生したモルタルから高压抽出した細孔溶液中の Cl^-/OH^- モル比を図-1 に示す。FA 無混和を N, FA の種類を II または IV, セメント代替を IN, 細骨材代替を EX, 置換率を 20 または 40 と表している。図-1 によると、初期含有 Cl^- 量が 10 kg/m^3 のため、すべての配合で Cl^-/OH^- モル比は発錆限界値の目安である 0.6 を大幅に上回っており、鉄筋腐食に対して厳しい環境であるといえる。

図1 細孔溶液中の Cl^-/OH^- モル比

また、フライアッシュを混和した場合には、N 配合よりも大きな Cl^-/OH^- モル比を示している。特にフライアッシュを内割りで混和した場合の値が大きくなっている。これは、フライアッシュをセメント代替で混和することにより、単位セメント量の低が低下し、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成量が減ったことで、 OH^- の供給が少なくなったことが原因である。さらに、フライアッシュ IV 種よりもフライアッシュ II 種の方が大きな Cl^-/OH^- モル比を示している。これは、フライアッシュ IV 種の方がポズラン反応の活性度が低いため、 OH^- 濃度低下の程度が小さかったことが原因である。

次に、角柱鉄筋モルタル供試体に腐食が発生し、腐食発生限界 Cl^- 濃度の結果が得られた供試体の計算結果を表 1 に示す。なお、N については、良好な結果が得られなかったため、同様の条件で求めた過去の値を示した¹⁾。ここで、表 1 によると、表面塩分量 C_0 は、フライアッシュⅣ種よりもフライアッシュⅡ種の方が大きく、拡散係数はフライアッシュⅡ種よりもフライアッシュⅣ種の方が大きいことから、フライアッシュⅡ種の方が細孔組織が緻密化され遮塩性が向上しているといえる。このことは、図 2 のコンクリート抵抗の経時変化、図 3 のモルタルの区分細孔径分布の結果からも分かる。また、フライアッシュの置換率が高い方が遮塩性向上の効果は大きくなっている。このような効果により、フライアッシュⅣ種よりもフライアッシュⅡ種を混和した場合の方が鉄筋腐食が発生するまでの期間である潜伏期が長くなっている。

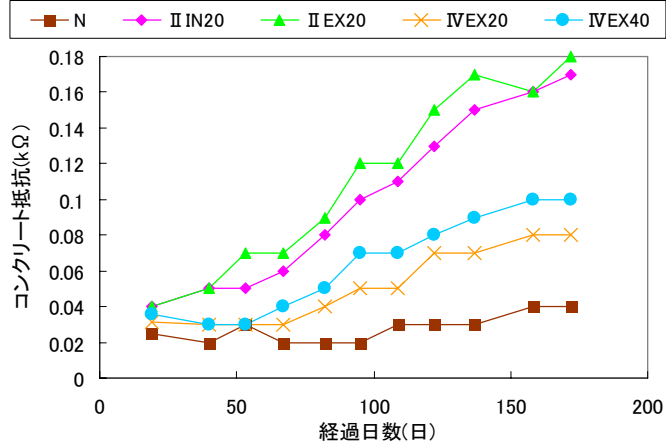


図 2 コンクリート抵抗の経時変化

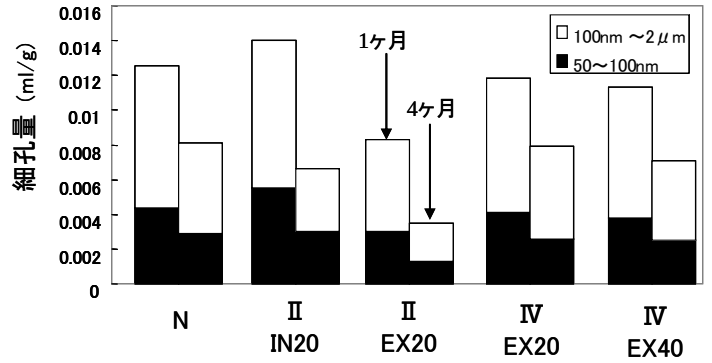


図 3 モルタルの区分細孔径分布

表 1 腐食発生限界 Cl^- 濃度測定試験の結果

配合名	電位低下 までの時間(h) (潜伏期)	表面 塩分量 $C_0(\text{kg}/\text{m}^3)$	Cl^- の見か けの拡散係 数 $D(\text{cm}^2/\text{s})$	腐食発生限界 Cl^- 濃度 (kg/m^3)	セメント量に 対する腐食発生 限界 Cl^- 濃度(%)
N	2260	25.5	1.93×10^{-7}	4.03	0.81
II IN20	2862	28.7	1.54×10^{-7}	6.74	1.68
II EX20	2709	33.8	0.66×10^{-7}	2.45	0.49
IV EX20	1584	24.6	1.82×10^{-7}	3.84	0.77
IV EX40	1646	25.3	1.65×10^{-7}	3.32	0.66

さらに、表 1 で求めた拡散係数 D と腐食発錆限界 Cl^- 濃度の値を用いて、かぶり 8cm の RC 構造物について潜伏期と進展期の長さの試算を行った結果を図 4 に示す。なお、鉄筋腐食速度は分極抵抗から算出した。これによると、フライアッシュⅡ種を混和することによって、無混和の場合よりも進展期を延長できると考えられる。

・参考文献

1) 上田隆雄，進藤義勝，田中辰弥，七澤章：塩害によるフライアッシュ混和モルタル中の鉄筋腐食発生に関する検討，補修シンポジウム，2009

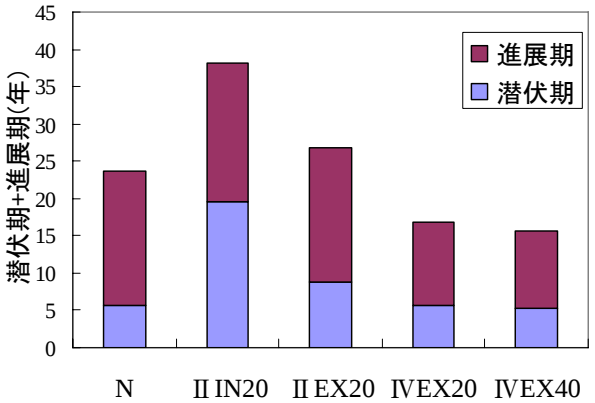


図 4 潜伏期および進展期の試算結果