

塩水噴霧環境下における低品質フライアッシュ含有モルタルの鉄筋腐食性状

金沢大学大学院 学生員 越後 卓也 金沢大学大学院 学生員 K.O.Ampadu
金沢大学大学院 学生員 久保田 貴史 金沢大学工学部 正会員 鳥居 和之

1.はじめに

近年、未利用資源の活用との関係より、火力発電所から多量に産出される低品質フライアッシュのコンクリート材料への有効利用について検討されている¹⁾。また、都市ゴミ焼却灰や下水汚泥などの廃棄物を主原料としたセメント(以下エコセメントと称する(略号:EC))の開発も行われている。しかし、フライアッシュの混入はコンクリートの内部組織を緻密にするその一方で水酸化カルシウム量を減少させるので、フライアッシュの混入が鉄筋腐食に及ぼす影響はフライアッシュの種類やその置換率によって大きく相違するものと思われる。

本研究は、普通ポルトランドセメント及びエコセメントを用いたフライアッシュ混入モルタル試験体を作製して、フライアッシュの品質及びその置換率がモルタル中の鉄筋腐食に及ぼす影響を電気化学的手法により検討したものである。

2.実験概要

2.1 使用材料および試験体の作製

実験で用いた普通ポルトランドセメント(OPC)、普通型エコセメント(EC)及びフライアッシュ(FA)の化学成分を表1及び表2に示す。モルタルは水結合材比を55%と一定にし、フライアッシュの置換率を20%及び40%の2種類とした。また、フライアッシュは、石川県七尾太田火力産のⅡ種相当品とⅢ種相当品を用いた。鉄筋腐食測定用の試験体はかぶり10mmの位置に直径10mmの丸鋼を埋設し、暴露面以外はエポキシ樹脂で塗装した。

表.1 セメントの化学成分(%)

	Ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Cl
OPC	1.6	21.7	5.3	2.9	63.7	1.2	2.1	0.3	0.5	-
EC	0.5	14.9	10.5	2.5	56.7	1.7	9.2	0.8	0.01	0.8

表.2 フライアッシュの化学成分及び物理的性質

	品質規格 及び炭種	強熱減量 (%)	MB 吸着量 (mg/g)	プレーン 比表面積 (cm ² /g)	44μm フルイ残分	シリカ分 (%)	密度 (g/cm ³)	湿度 (%)
FA・A	Ⅱ種(サツイ炭)	3.8	0.95	3,760	48.7	52.0	2.09	0.06
FA・B	Ⅲ種(モーラ炭)	14.6	1.74	4,010	46.2	48.6	2.05	0.34

2.2 試験方法

試験体は、作製後7日間、温度20℃の恒温室で湿布養生を行った。その後、5%のNaCl溶液の塩水噴霧8時間、外気導入16時間を1サイクルとする促進試験に供した。鉄筋腐食の電気化学的測定は、飽和カロメル電極を使用して、分極抵抗値を測定し、腐食電流値(μA/cm²)をStern-Geary式($I=K/(R_p \cdot A)$ 、 $K:26mV$)を用いて計算した。

3.実験結果および考察

3.1 自然電位および腐食電流

自然電位および腐食電流値の経時変化を図-1及び図-2に示す。OPCの場合、FA・A40%の試験体は暴露後14日で自然電位が腐食領域(-276mV以下)に移行し、それに伴い腐食電流値が0.1μA/cm²以上になった。暴露後28日では、同様にFA・A20%とFA・B40%の自然電位及び腐食電流値が腐食領域に移行した。しかし、OPC単味のものは、暴露期間を通して、非腐食領域と腐食の不確定な領域の間にあった。一方、ECの場合、FA・A40%が暴露後14日で自然電位が腐食領域に移行し、暴露後28日ではその他の試験体

も腐食領域に移行した。しかし、FA・B40%の腐食電流値は暴露期間を通して小さな値を示した。腐食電流値は塩分が鉄筋に到達し、不動態被膜が破壊された段階で $0.1\sim1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ の値を示すが、その後は大きな値の変化は見られない。塩水噴霧試験のような厳しい塩分環境下では、エコセメントの内在塩分の影響は相対的に小さくなり、外部から侵入する塩分の影響が卓越するものと思われる。

3.2 腐食面積および腐食減量

鉄筋の腐食面積及び腐食減量を表3に示す。表3より、腐食電流値が $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 以上の試験体では内部の鉄筋が激しく腐食しており、 $0.1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 以下の試験体では腐食が発生していないことが確認された。OPCの場合には、セメント単味が最も腐食抑制効果が顕著であった。フライアッシュで置換することによりモルタルの組織が緻密になるが、養生7日程度ではその効果は小さく、本実験では鉄筋かぶりが10mmと小さかったこともあり、早期に侵入した塩分の影響で十分な防食効果を得られなかったものと考えられる。一方、ECの場合は、FA・Aを40%置換した試験体が最も激しく腐食した。また、フライアッシュの置換率40%の結果を比較すると、OPCではⅢ種相当品が、ECではⅡ種相当品の鉄筋腐食がより顕著であった。

表3 鉄筋の腐食面積及び腐食減量

		腐食形態	腐食面積 (%)	腐食減量 (%)
OPC	セメント単味	軽微な腐食	5.0	0.09
	FA・A20%	孔食を伴う上面の激しい腐食	27.3	0.73
	FA・A40%	上半面腐食	9.4	0.39
	FA・B40%	孔食を伴う上半面腐食	22.7	0.56
EC	セメント単味	軽微な腐食	2.8	0.43
	FA・A20%	孔食を伴う上面の激しい腐食	38.5	0.92
	FA・A40%	孔食を伴う上面の激しい腐食	44.2	1.01
	FA・B40%	軽微な腐食	3.4	0.00

4.まとめ

- 本研究で得られた主要な結果をまとめると次のようになる。
- (1)塩水噴霧環境下では、低品質フライアッシュの使用による鉄筋腐食の抑制効果はセメント単味と比較して小さかった。
 - (2)エコセメントを使用したモルタルの鉄筋腐食はFA・B40%の場合を除き普通ポルトランドセメントよりも大きかった。
 - (3)鉄筋腐食の可能性を判定する腐食電流値の限界値として、 $0.1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ (不動態皮膜の破壊)及び $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ (孔食又は全面腐食の発生)が適用できた。

現在、28日養生の場合の鉄筋腐食性状の結果を整理中であり、塩化物イオンの浸透状況の結果と合わせて当日発表する予定である。

【参考文献】

- 1) フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針 (案)、土木学会、コンクリートライブラリー94、1999

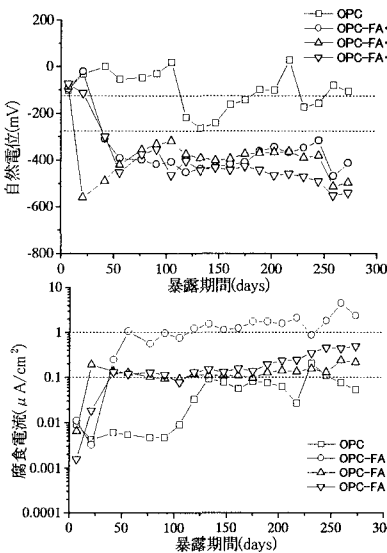


図-1 自然電位及び腐食電流値の経時変化(OPC)

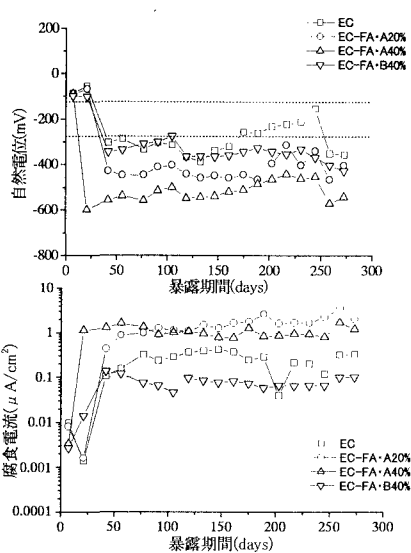


図-2 自然電位及び腐食電流値の経時変化(EC)