

V-119

環境負荷低減型セメントを用いたモルタル中の鉄筋の腐食性状

金沢大学工学部 正会員 鳥居 和之

金沢大学大学院 学生員 Kwasi Osafo Ampadu

日建工学(株)

伊藤 映美

1. まえがき

近年、都市ゴミ焼却灰や下水汚泥を原料としたセメント（以下、環境負荷低減型セメントと称する）が開発され、資源のリサイクリングおよび環境保全の観点より注目を集めている。環境負荷低減型セメントは、セメントクリンカーの焼成温度が低いことと、都市ゴミ焼却灰などに含まれる塩化物イオンがカルシウムクロロアルミネート系鉱物として含有されていることが特徴である¹⁾。

本研究は、塩水噴霧環境下に置かれた、環境負荷低減型セメントを用いたモルタル中の鉄筋の腐食性状を電気化学的にモニタリングすることにより、カルシウムクロロアルミネート系鉱物の水和過程での塩化物イオンの挙動と鉄筋腐食との関係について検討した。

2. 実験概要

2種類のセメント(OPC, ECO)および高炉スラグ微粉末(SLAG)の化学成分を表-1に示す。モルタルは、JIS R 5201に従って作製し、水セメント比を45%, 55%および65%、高炉スラグ微粉末置換率を50%および70%とした。モルタル中の鉄筋の腐食挙動を評価するために、モルタル試験体(100×160×60mm)に丸鋼(D10mm)およびステンレス綱(D10mm)をかぶり深さ1cmで配置し、塩水の影響を受ける1面以外の5面はエポキシ系塗料で塗装した。モルタル試験体は、1週間の養生後に、塩水噴霧(20℃、8時間)・乾燥(40℃、16時間)の条件でサイクル試験に供し、自然電位、腐食電流(分極抵抗値(Rp)より $B=26\text{mV}$ として換算した)および交流インピーダンス特性値(AC振幅10mV, 5mHz~10KHz)を定期的に測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 自然電位および腐食電流

図-1~図-4に各種モルタルの自然電位および腐食電流の経時変化を示す。これらの図より明かなように、モルタル中の鉄筋の腐食が始まるのは、プレーンモルタル(水セメント比65%)のもので塩水噴霧・乾燥サイクルの80日目からであり、鉄筋の腐食が生じた試験体では自然電位が卑側に移行し、それに対応して腐食電流(I_{corr})が急激に増大している。腐食の開始時点での I_{corr} のしきい値は $0.1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 程度であり、 $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ を越えると鉄筋の腐食が急速に進行することが分かる。現時点(140日)にて鉄筋の腐食が発生した試験体は、普通ポルトランドセメントモルタルではOPC-55 および OPC-65、環境負荷低減型セメントモルタルでは ECO-65 および ECO-65-50 の4種類のものであり、両モルタルにて腐食挙動が多少相違している。全体の傾向としては、両モルタルともに水セメント比が小さく、高炉スラグ微粉末置換率の大きなもののほど厳しい腐食環境下でも鉄筋が健全な状態に保持されているのが認められる。環境負荷低減型セメントではセメント中の塩化物イオンによる鉄筋腐食の促進が懸念されているが、高炉スラグ微粉末と混合した場合にはカルシウムクロロアルミネート系鉱物より遊離する塩化物イオンが高炉スラグ微粉末との反応により大部分がフリーデル氏塩として固定されるので、鉄筋腐食が大きく促進されることはないものと推測される。

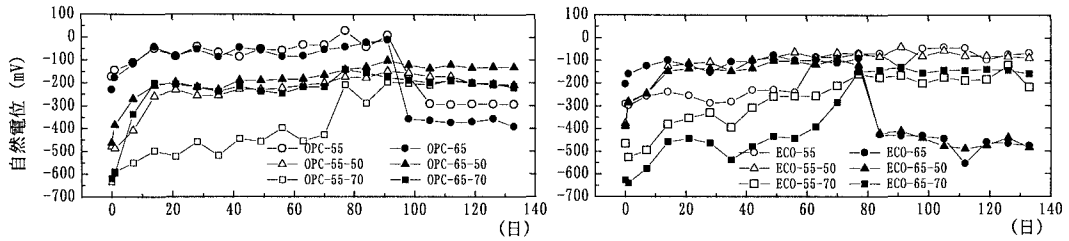
表-1 OPC, ECO および SLAG の化学成分(%)

試料項目	Ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	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	0.33	0.54	—
ECO	0.5	15.2	10	2.2	—	59	2	7.9	0.8	0	0.7
SLAG	1.6	32.2	13.3	—	0.3	42.3	6.5	2.0	—	—	—

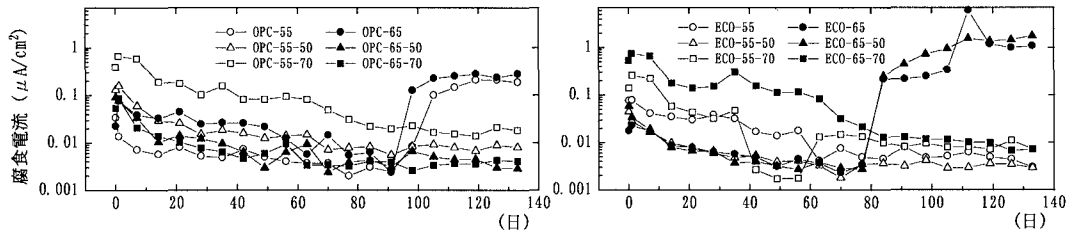
キーワード: 環境負荷低減型セメント、鉄筋腐食、電気化学的モニタリング

金沢大学工学部 (〒980-8667 金沢市小立野2-40-20 TEL 076-234-4620, FAX 076-234-4632)

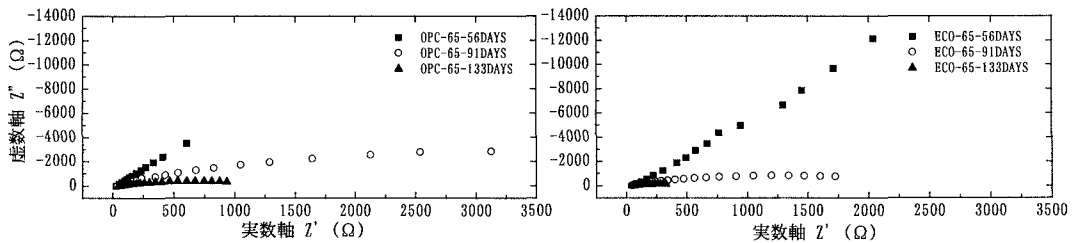
日建工学(株) (〒163-1336 東京都新宿区西新宿6-5-1新宿アイランドタワー36階 TEL 03-3344-6811)



（左図より）図-1, 2 自然電位の経時変化



（左図より）図-3, 4 腐食電流の経時変化



（左図より）図-5, 6 交流インピーダンス特性値の経時変化

3. 2 交流インピーダンス特性値

図-5および図-6に各種モルタルの交流インピーダンスの測定結果を示す。腐食が発生していない試験体では、Cole-Cole プロットにおけるインピーダンスの軌跡が発散しており、いずれも大きな分極抵抗の値を示している。一方、腐食が発生した試験体(OPC-65 および ECO-65)では虚数軸に扁平な半円を呈するようになり、腐食の顕著なものほど分極抵抗の値が減少している。交流インピーダンス法は測定に時間がかかる点が問題であるが、鉄筋の腐食挙動をかなり早い時点で捉えることができ、少なくとも実験室レベルでは有用なモニタリング手法の一つであると言える。

4. あとがき

環境負荷低減型セメントの無筋コンクリートや地盤改良材としての用途には限界があるので、この種のセメントの鉄筋コンクリート構造物への利用が可能になればその利点は大きいものと思われる。塩水噴霧・乾燥サイクル試験は今後とも継続する予定であり、鉄筋コンクリート用防錆剤との併用の効果についてさらに検討したいと考えている。

謝辞:環境負荷低減型セメントは(株)秩父小野田より提供されたものであり、エコセメントプロジェクトチームの方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) 田澤栄一他、セメント・コンクリート論文集、No.51, pp.696-701,1997.