

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

1.はじめに

近年、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:ECO))が開発されている。エコセメントには都市ゴミなどに起因する塩化物が含まれており、鉄筋腐食への影響が懸念されている。一方、エコセメントを使用したコンクリートでは中性化の過程で固定化された塩分が遊離し、鉄筋の近傍で濃縮することにより、鉄筋腐食が発生する可能性がある。

本研究は、塩分量の異なる2種類のエコセメントを用いて作製したモルタル試験体を使用して、エコセメントによる内在塩分と中性化との複合的な劣化作用によるモルタル中の鉄筋腐食の挙動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

今回の実験に用いた普通ポルトランドセメント(OPC)およびエコセメントの化学成分を表1に示す。モルタルの水セメント比は、45%、55%、65%の3種類であり、モルタルをJISR5201-97に従って作製した。

中性化深さを測定するための試験体は、4×4×10cmのモルタル断片である。鉄筋腐食の電気化学的測定に使用した試験体の概要を図1に示す。鉄筋(φ10mmのみがき丸鋼)およびステンレス丸鋼(対極)をかぶり10mmとなるように配置し、試験体は暴露面1面を除いてすべてエポキシ樹脂で被覆した。

表.1 セメントの化学成分(%)

| セメント        | Ig. loss | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO | SO <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | Cl   |
|-------------|----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----|-----------------|-------------------|------------------|------|
| OPC         | 1.6      | 21.7             | 5.3                            | 2.9                            | 63.7 | 1.2 | 2.1             | 0.3               | 0.5              | -    |
| Type1 (ECO) | 0.5      | 14.9             | 10.5                           | 2.5                            | 56.7 | 1.7 | 9.2             | 0.8               | 0.01             | 0.8  |
| Type2 (ECO) | 0.6      | 18.0             | 8.8                            | 2.5                            | 62.1 | 1.7 | 3.7             | 0.3               | 0.01             | 0.08 |

2.2 試験方法

試験体は、作製後7日間、20℃の恒温で湿布養生を行った。その後、CO<sub>2</sub>濃度5%の中性化促進環境槽内(温度20℃、湿度50%)に放置した。中性化深さが鉄筋に達したと思われる時点(約2ヶ月)にて、4日間の乾燥(温度40℃、湿度50%)と、3日間の湿潤(温度40℃、湿度95%)を1サイクルとし、鉄筋腐食の促進試験を実施した。

中性化深さは、中性化促進試験を開始した時点より、1週、2週、4週、8週にて試験体を割裂し、1%のフェノールフタレイン溶液を噴霧することにより測定した。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、自然電位および分極抵抗値を測定し、腐食電流値(μA/cm<sup>2</sup>)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 中性化速度

各種モルタルの中性化速度の測定結果を図2に示す。いずれのモルタルも水セメント比に比例して、中性

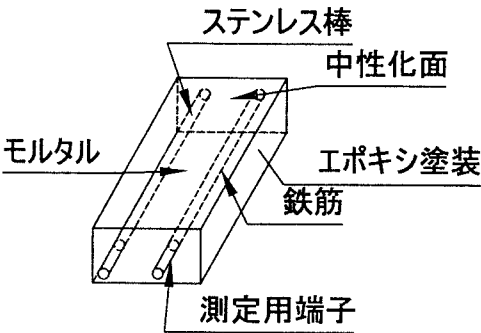


図1 供試体の概要

化速度が大きくなることがわかる。セメントの種類については、OPC と比較して ECO の方が中性化速度が大きくなる傾向がある。これは、エコセメントはセメントの水和反応過程において生成される水酸化カルシウムの量が少ないことによるものである。

### 3.2 自然電位の経時変化

自然電位の経時変化を図 3 に示す。いずれの試験体とも中性化促進試験中には自然電位が徐々に卑の側へ移行する。それに対し、乾湿の繰り返し中には、-500mV 近辺の値より、若干貴の側へ移行する。

### 3.3 腐食電流値の経時変化

腐食電流値の経時変化を図 4 に示す。いずれの試験体とも中性化促進試験中は中性化が進行するに伴い腐食電流値が増加している。それに対して、乾湿試験中には若干値が小さくなっている。この傾向は、自然

電位とほぼ同様である。現時点では、Type2.45 以外の ECO 試験体は、腐食電流値が、 $1 \sim 10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  の範囲にあり、鉄筋の腐食が既に始まっている可能性が高い。また、Type2.45 以外の ECO 試験体が、OPC 試験体よりも腐食電流値が大きい値を示しており、エコセメント中に含まれる塩分の影響が現れている。Type2.45 の試験体は、中性化が鉄筋まで達しておらず、中性化促進試験中に鉄筋の不動態皮膜の破壊が生じなかったものと推測される。

### 4. まとめ

本研究より、エコセメントの中性化速度は、OPC よりも大きいことが確認された。鉄筋腐食の電気化学的測定より、中性化の進行に伴い、エコセメントは固定化された塩分が遊離されるので、OPC 試験体よりも鉄筋腐食が発生しやすくなる可能性が認められた。しかし、現時点では、乾湿繰り返し試験における試験体間の鉄筋腐食性状の相違は明確ではないために、今後さらに長期的に検討する必要があるものと思われる。

謝辞

本研究に使用したエコセメントを提供していただいた太平洋セメント(株)エコセメントプロジェクトチームの方々に感謝の意を表します。

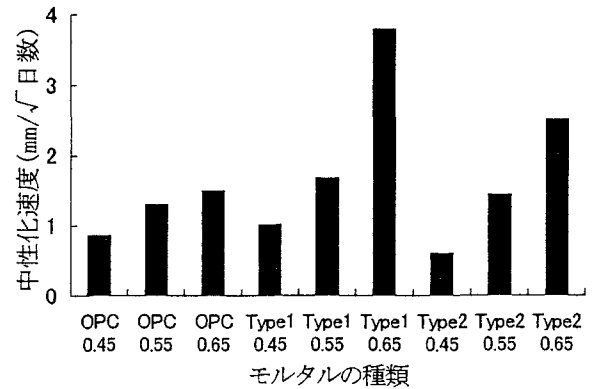


図 2 各種モルタルの中性化速度

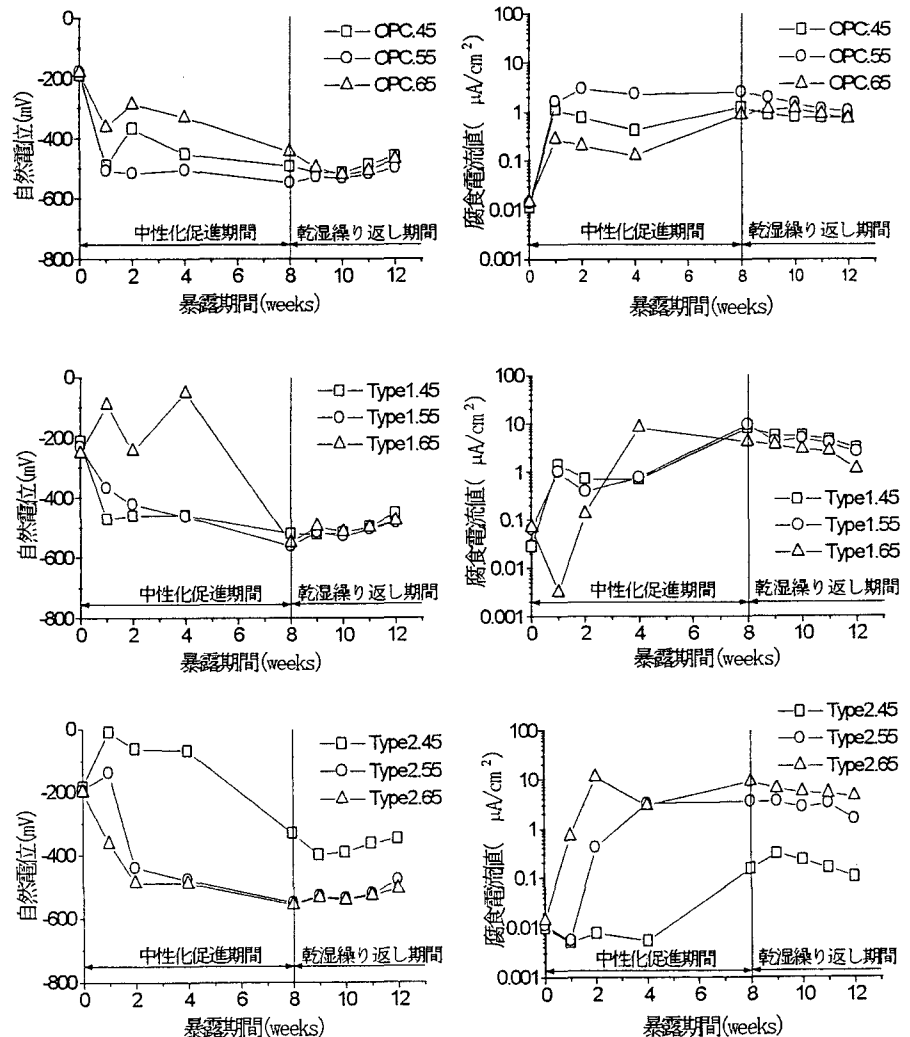


図 3 自然電位の経時変化

図 4 腐食電流値の経時変化