

普通型及び低塩化物型エコセメントの鉄筋腐食性状に及ぼす中性化の影響

金沢大学大学院 学生員 久保田貴史 金沢大学大学院 K.O.Ampadu
金沢大学大学院 学生員 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)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¹⁾。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、鉄筋の近傍で濃縮した場合には、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型エコセメント(Type1)と低塩化物型エコセメント(Type2)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%および 65%の3種類であり、モルタルは JISR5201-97 に従って作製した。

表.1 セメントの化学成分(%)

セメント	Ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Cl
Type1	0.5	14.9	10.5	2.5	56.7	1.7	9.2	0.8	0.01	0.8
Type2	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

乾湿試験体は、作製後7日間、20℃の恒温で湿布養生を行った。その後、4 日間の乾燥と 3 日間の湿潤を 1 サイクルとする乾湿繰返しの条件下に放置し、促進試験を実施した。中性化試験体は、CO₂濃度 5%の中性化促進環境槽内(温度 20℃、湿度 50%)に2ヶ月間放置した。中性化深さが鉄筋に達した後に乾湿試験体と同様に、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 サイクルとする鉄筋腐食の促進試験を実施した。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/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 腐食電流値の経時変化

乾燥・湿潤試験体の腐食電流値の経時変化を図 2 に示す。普通型の W/C=45%のものが他のものよりも初期における腐食電流値が若干大きいのは、単位セメント量が多いために、内在する塩分量が増加したことによるものと思われる。その後、普通型のものは、暴露 1 年頃より W/C=55%および 65%のものは腐食電流値が急激に増加しており、鉄筋腐食が始まった可能性が高い。それに対して、W/C=45%のものは、暴露長期においても非腐食領域に留まっている。一方、低塩化物型のもは、内在する塩化物が鉄筋腐食の限界値以下であるために、暴露期間を通して腐食電流値の変動が見られるが、その値は 0.1 μA/cm² 以下と小さい。中性化試験体の腐食電流値の経時変化を図 3 に示す。いずれの試験体とも中性化促進試験中は中性化が進行するに伴い腐食電流値が急激に増加している。普通型については 30 週目頃より W/C=65%のものは増加する傾向を示している。一方、低塩化物型の試験体については水セメント比が大きくなるに従い乾湿繰返し中の腐食電流値が大きくなっている。

3.2 腐食面積と腐食減量

乾湿試験体と中性化試験体における鉄筋の腐食面積率の比較を図 4 に示す。普通型エコセメント試験体においては、乾湿試験体では水セメント比が大きくなるにつれ腐食面積率も大きくなっている。それに対し、中性化試験体では水セメント比に関係なくほぼ全面に腐食が発生し、いずれの水セメント比においても乾湿試験体よりも中性化試験体の方が大きくなっており、中性化と内在塩分の複合作用により鉄筋の腐食が促進されたことがわかる。低塩化物型エコセメント試験体においては、普通型エコセメント試験体と比較すると乾湿及び中性化両試験体ともに小さくなっている。また、普通型エコセメント試験体と同様にすべての水セメントにおいて乾湿試験体よりも中性化試験体の方が大きくなっている。

乾湿試験体と中性化試験体における鉄筋の腐食減量値の比較を図 5 に示す。普通型エコセメント試験体では、中性化を伴うことにより腐食減量が大きくなっている。同様に、低塩化物型エコセメント試験体でも中性化を伴うことにより腐食減量値が大きくなっている。

3.3 腐食電流値と腐食減量の関係

腐食電流値より計算した腐食減量値と試験における実際の腐食減量値の関係を図 6 に示す。両対数グラフ上において双方の間に線形的な関係があることがわかる。このことから、分極抵抗より求めた腐食電流値より鉄筋の腐食減量値を正しく推定することができることがわかる。

4.まとめ

以上のことから、普通型エコセメントモルタルは低塩化物型エコセメントモルタルと比較して鉄筋腐食が発生しやすくなるとともに、エコセメントモルタルにおける鉄筋腐食は中性化を伴うことにより促進されることが明らかになった。また、腐食電流値から計算した腐食減量値と実測値が対応していることが確認され電気化学的測定の有効性が確認できた。

参考文献

1) 鳥居和之他、セメント・コンクリート論文集 No.54、2000。

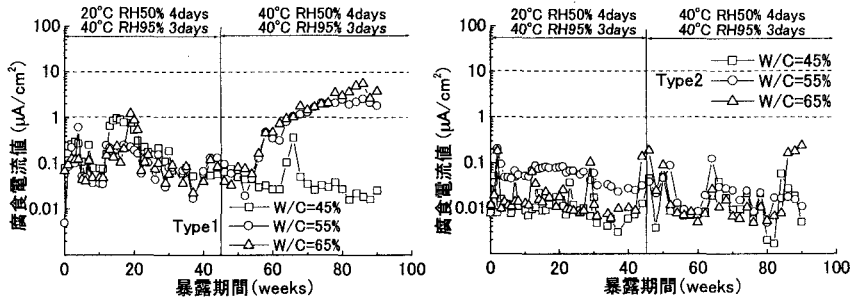


図 2 腐食電流値の経時変化(乾湿試験体)

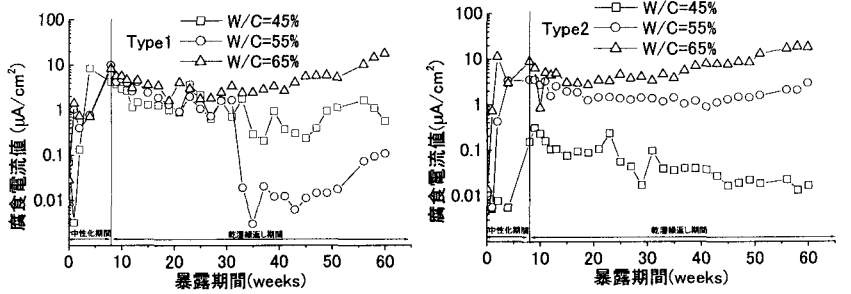


図 3 腐食電流値の経時変化(中性化試験体)

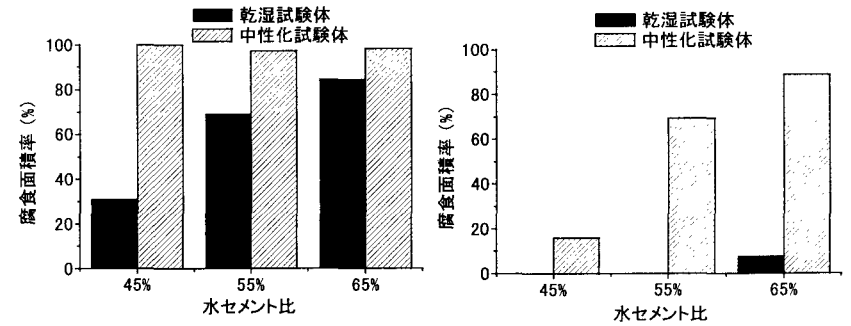


図 4 鉄筋の腐食面積率
(左:普通型エコセメント、右:低塩化物型エコセメント)

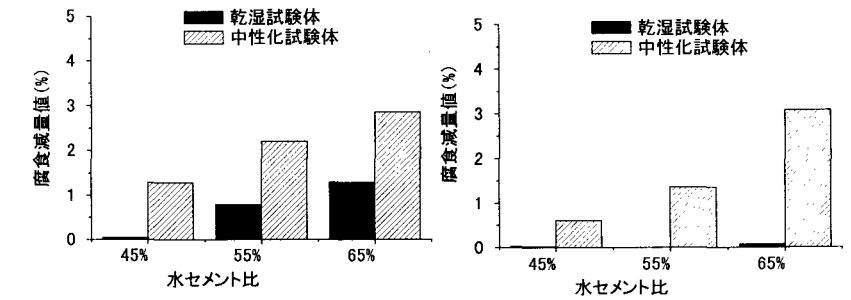


図 5 鉄筋の腐食減量値
(左:普通型エコセメント、右:低塩化物型エコセメント)

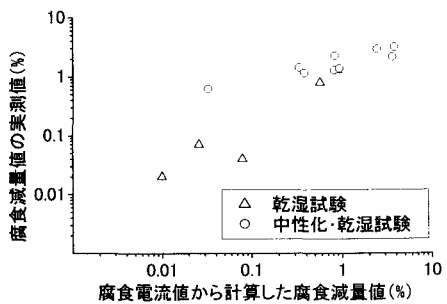


図 6 腐食電流値と腐食減量の関係