

塩素含有量が低減された都市廃棄物利用セメントの性質

広島大学工学部 正会員 ○河合研至
 広島大学工学部 フェロー 田澤榮一
 大成建設株式会社 川崎 渉

1 目的

今日の廃棄物の増加を背景に、20 世紀型消費社会の特徴である大量消費、大量廃棄システムの見直しはすでに始まっており、セメント産業においても都市型廃棄物を主原料としたセメント（以下 EC と略称）の開発が進んでいる。EC は塩素含有量が高いことからその用途は無筋コンクリート分野に限られていたが、近年、塩素含有量が低減された EC が開発された。ただし、その EC の耐久性、鉄筋腐食の可能性などの性状はまだ明らかとなっていない。そこで本研究は、塩素含有量低減が EC の耐久性、鉄筋腐食の可能性等の諸特性に及ぼす効果について明らかとすることを目的とした。

2 実験概要

実験には塩素含有量が 200、400、700ppm の低塩素型 EC（以下 E2、E4、E7 と略称）、比較検討材料として塩素含有量が 8000ppm の従来の EC（以下 E80 と略称）及び普通ポルトランドセメント（塩素含有量 30ppm 以下 NC と略称）を用いた。

2.1 フロー試験

EC は NC と比較して C_3A 含有量が高いという特徴をもつ。そこで、セメントと混和剤添加率の関係を調べるために、 $W/C=35\%$ のセメントペーストによりフロー試験を行った。実験に用いた混和剤は、主成分がポリカルボン酸塩、特殊高分子スルホン酸塩、ナフタリンスルホン酸ホルマリン高縮合塩の 3 種類である。

2.2 フレッシュ時のセメントの溶出成分および硬化体の細孔溶液の分析

供試体は $W/C=50\%$ のセメントペーストとし、材齢 1、3、6 時間までは遠心分離機、それ以降は高圧抽出機により細孔溶液を抽出した。抽出した細孔溶液は pH や Cl^- 濃度などの分析を行った。

2.3 電食による腐食促進試験

内部に鉄筋を配した $W/C=55\%$ のコンクリート供試体を用いて、通電を行うことにより鉄筋の腐食を促進させた。通電後に供試体を割裂して内部の鉄筋を取り出し、重量測定を行い腐食状況を検討した。

2.4 耐薬品性試験

$W/C=50\%$ のセメントペースト供試体（ $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}$ ）により酸類による耐薬品性試験を行った。浸漬溶液は塩酸 0.1 規定、硫酸 0.1 規定、塩酸 0.05 規定と硫酸 0.05 規定の混酸溶液の 3 種類とした。

3 実験結果および考察

3.1 フロー試験結果

NC の場合、いずれの混和剤においてもフロー値の変化は同様であることから混和剤とセメントの相性に差は見られなかった。しかし、 C_3A 含有量の高い低塩素型 EC では混和剤の種類による差が顕著に表れた（図 1 に E4 の試験結果を記載）。特に混和剤の主成分がポリカルボン酸塩である場合には最も低い添加率で高い流動性が得られた。このことはポリカルボン酸塩が、他の 2 種類の混和剤主成分と比較すると C_3A に対する吸着量が低いために、少ない添加率で高い流動性が得られたと考えられる。

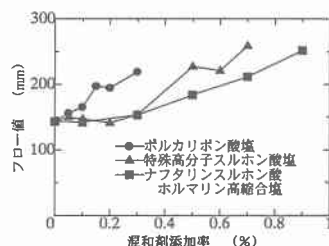


図 1 E4 のフロー試験結果

3.2 フレッシュ時のセメントの溶出成分および硬化体の細孔溶液の分析結果

図 2 より、低塩素型 EC の細孔溶液中の Cl^- 濃度は E80 と比較すると大きく低下しており、NC とほぼ同程度であることが分かる。このことより、低塩素型 EC は塩素含有量低減により E80 と比較すると鉄筋腐食の

可能性は低く、NC と同程度であると考えられる。また、アルカリ溶液中の鉄筋が腐食し始める限界状態は $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$ で表現できるとする報告があるため、結果を整理しなおし図 3 に示す。この図においても先ほどの Cl^- 濃度と同様に低塩素型 EC の鉄筋腐食の可能性は E80 と比較すると低く、NC に近い値となっている。また、限界状態の $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$ は 0.6~1.0 とする Hausmann の報告と比較すると、本実験における低塩素型 EC の $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$ は低く、懸念されているほど鉄筋の腐食は進行しないと考えられる。

3.3 電食による腐食促進試験結果

積算電流の大小だけで鉄筋の腐食状況を把握することは困難であったため、電食試験の結果を各供試体における積算電流と腐食減量の関係として直線回帰を行い図 4 に示す。これより、電食により腐食を促進させた場合に、等しい積算電流量における鉄筋の腐食減量は、NC よりも低塩素型 EC の方が下回っていることが分かる。このことより、先に述べた細孔溶液の $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$ の結果とあわせて考えると、低塩素型 EC の鉄筋コンクリートへの使用は NC と同様に扱っても差し支えないと考えられる。

3.4 耐薬品性試験結果

各浸漬溶液において低塩素型 EC と E80 に顕著な差は見られなかった。また浸漬溶液が塩酸の場合においては低塩素型 EC、E80、NC にほとんど差は見られなかった。しかし、浸漬溶液が硫酸、混酸の場合では低塩素型 EC、E80 は NC と比較すると耐薬品性が著しく低下する結果となった。このことは EC が C_3A を多量に含有していることから、硫酸と供試体の反応により生成される膨張性化合物のエトリンガイトの量が NC と比較すると多いためであると考えられる。

4 結論

- (1) フロー試験において、 C_3A 含有量の高い低塩素型 EC では、ポリカルボン酸塩系混和剤を用いたとき、最も低い添加率で高い流動性が得られることが明らかとなった。
- (2) 低塩素型 EC の細孔溶液中の Cl^- 濃度は、塩素含有量の低減により、従来の EC と比較すると大きく低下した。また、 $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$ の値も従来の EC より小さく、NC に近い値であり、低塩素型 EC の鉄筋腐食の可能性は小さいといえる。
- (3) 電食により硬化体に埋設した鉄筋の腐食を促進させた場合、等しい積算電流における鉄筋発錆量は、NC よりも低塩素型 EC の方が少ないことが分かった。
- (4) 耐薬品性においては、低塩素型 EC と従来の EC に顕著な差は見られなかった。しかし、硫酸、混酸溶液においては NC と比較すると著しく耐薬品性が低下することが分かった。ただし、耐薬品性の低下は塩素含有量の相違よりも、セメントの鉱物組成の相違に起因している。

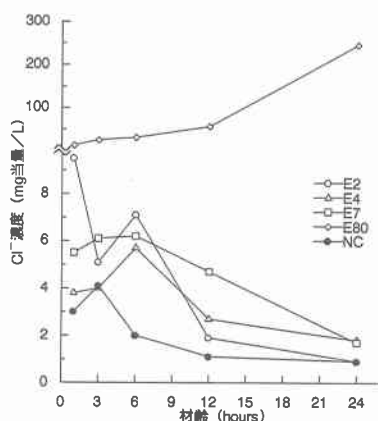


図 2 細孔溶液中の Cl^- 濃度

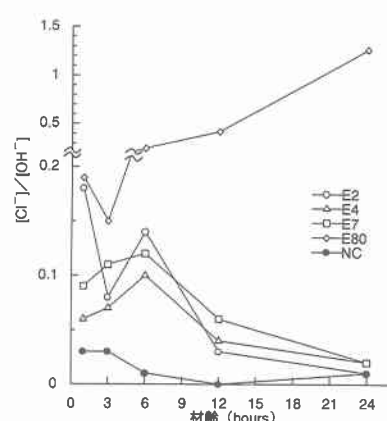


図 3 細孔溶液の $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$

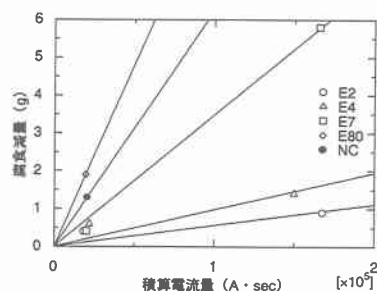


図 4 積算電流量－腐食減量