

普通エコセメントの塩化物イオンに着目したRC構造物への適用性に関する検討

オリエンタル建設株式会社 正会員 ○俵 道和
オリエンタル建設株式会社 正会員 呉 承寧

1. はじめに

都市ゴミ焼却灰等の生活廃棄物を主原料として製造される環境負荷低減型セメント（エコセメント）は、日本工業規格（JIS）に認定されており、プレキャスト2次製品や現場打ちの擁壁、橋梁下部工および消波ブロック等に利用されている。しかし、エコセメント中に含まれる塩化物イオン量がポルトランドセメントに比べて多いため、高強度もしくは高耐久性が必要となる主要なRCやPC構造物には利用されていないのが現状である。エコセメントは、ポルトランドセメントと組成が異なるため、フレッシュ性状時および硬化時における塩化物イオンの挙動について調べる必要がある。そこで本稿は、普通エコセメントを用いた圧縮強度 40～90N/mm² コンクリートについて、鋼材腐食に係るフレッシュコンクリートの塩化物イオン量および硬化コンクリートの塩分浸透性能について検討を行なったものである。

2. 試験概要

2.1 使用材料および示方配合

使用材料を表1に示し、表2に示方配合を示す。フレッシュ性状の検討は普通エコセメントのみ行い、水セメント比（W/C）を25、30、35、40および45%について測定した。硬化コンクリートの塩分浸透性能についてはW/Cを49%とし、普通エコセメントと早強セメントについて比較を行った。早強セメントを比較に用いた理由は、エコセメントをプレキャスト製品への利用を念頭としたためである。スランプおよび空気量はそれぞれ12.0±2.5cmおよび4.5±1.5%となるように調整した。

2.2 試験方法

フレッシュコンクリートの塩化物イオン濃度は、モール法および電極電流測定法の2種類について測定を行った。モール法には、生コンクリート中の塩分量測定計を用いた。

硬化コンクリートの塩分浸透性能は、比較的短時間で評価が可能な電気泳動法（JSCE-G 571-2003 電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法）による試験を行い、得られた結果から実効拡散係数を算定し評価した。試験体は、材齢28日まで水中養生または気中養生を行ったものについて、φ10×20cmの円柱供試体を、厚さ5cmの円盤状に切断したものをを用いた。図1に電気泳動試験装置の概略を示す。陰極側セルに0.5mol/LのNaCl溶液を、陽極側セルに0.3mol/LのNaOH溶液を入れ、電極間の電位差が15Vになるように電圧

表1 使用材料

| 使用材料 | 記号 | 物性または成分 |
|----------|----|----------------------------------|
| 普通エコセメント | E | 密度：3.16g/cm ³ （多摩工場製） |
| 早強セメント | H | 密度：3.14g/cm ³ |
| 細骨材 | S | 砕砂 密度：2.61g/cm ³ |
| 粗骨材 | G | 砕石 密度：2.63 g/cm ³ |
| 混和剤 | SP | 高性能減水剤 ポリカルボン酸系 |

表2 示方配合

| セメント種類 | W/C (%) | s/a (%) | 単位量 (kg/m ³) | | | | |
|--------|---------|---------|--------------------------|-----|-----|------|-------|
| | | | W | C | S | G | SP |
| 普通エコ | 25.0 | 37.0 | 145 | 580 | 629 | 1079 | 9.860 |
| | 30.0 | 37.0 | 150 | 500 | 625 | 1072 | 5.500 |
| | 35.0 | 40.0 | 150 | 429 | 699 | 1056 | 3.643 |
| | 40.0 | 43.0 | 155 | 388 | 761 | 1015 | 3.100 |
| | 45.0 | 46.0 | 155 | 344 | 830 | 981 | 2.756 |
| 早強 | 49.0 | 46.0 | 160 | 326 | 830 | 982 | 2.282 |

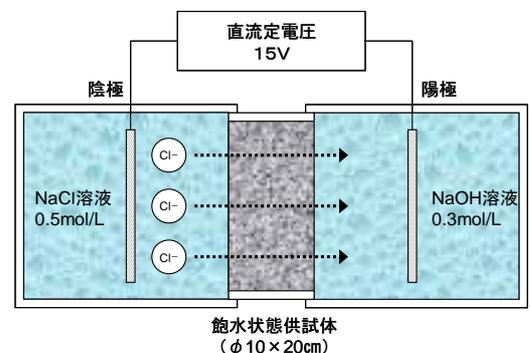


図1 電気泳動試験装置

キーワード：普通エコセメント，塩化物イオン，塩分浸透性能，実効拡散係数
連絡先：栃木県真岡市鬼怒ヶ丘5 TEL.0285-83-7921 FAX.0285-83-0021

を制御し、陽極側の塩化物イオン量の経時変化を測定した。塩化物イオンの拡散係数は、塩化物イオン濃度が試験日数の増加とともに増加し、経過日数に対する塩化物イオン濃度の増加割合が一定に達した時点をも、コンクリート中の塩化物イオンの移動が定常状態に達したと判断して、その時の塩化物イオンの泳動速度から流束を求め、電気化学法則 (Nernst-Planck の式) より計算できる。

3. 試験結果および考察

(1) フレッシュコンクリート塩化物イオン量

普通エコセメントを用いたフレッシュコンクリートの塩化物イオン量測定結果を図2に示す。図2に示す計算値は、各材料の試験成績書から算出した。普通エコセメントの塩化物イオンの JIS に関する規定値は 0.1%以下である。本試験の計算値に使用した普通エコセメントの塩化物イオン量は、JIS R 5202 (ポルトランドセメントの化学分析法) により分析を行った結果 0.042%を用いた。図2に示す補正值とは式(1)を用いてセメント中に残存する塩化物イオンの溶出分を補正した塩化物イオン量である。

$$A=B+\alpha \times C \times D / 100 \quad (1)$$

ここで、A: コンクリート中の全 Cl⁻量 (kg/m³)

B: フレッシュコンクリート中の水の Cl⁻量の測定値 (kg/m³)

α : セメント中の Cl⁻含有量に対する残存 Cl⁻量の比 ($\alpha = 0.7$)

D: セメント中の Cl⁻含有量 (%)

式(1)により補正した塩化物含有量は、モール法で測定したものは、ほぼ計算値と一致した。また、電極電流測定法により測定した結果は計算値より 0.05kg/m³程度大きくなる結果となった。今回の試験結果から、水セメント比25%の高強度の配合であっても、塩化物イオンの溶出分を考慮したフレッシュコンクリート塩化物含有量は、規制値 0.3kg/m³を越えていないことが確認された。

(2) 硬化コンクリートの塩分浸透性能

図3に、電気泳動により透過した陽極側セルの塩化物イオン濃度を示す。陽極側セルにおける塩化物イオン濃度の変化は、普通エコセメントの方が早強セメントより増加割合が小さくなった。また、養生方法の違いによりセメントの種類による影響が顕著に現れる結果となった。表3に、図3から得られた塩化物イオン濃度の経過日数に対する増加割合(直線の傾き)を定常状態における塩化物イオンの流束とし、塩化物イオンの実効拡散係数を求めた結果を示す。電気泳動によらない実際の拡散は、塩分の固定化や吸着を伴いながら進行することから、ここで評価した実効拡散係数は、見かけの拡散係数よりも大きな値を示している。普通エコセメントを用いた硬化コンクリートの実効拡散係数は、早強セメントと同等または、それ以下になることが確認された。

4. まとめ

- (1) W/C=25%以上の配合は、化学分析によりセメント中の塩化物イオンを測定した結果 0.042%を用いた場合、塩化物イオンの溶出分を考慮してもフレッシュ時の塩化物含有量の規制値 0.3kg/m³以下を満足する。
- (2) 普通エコセメントを用いた硬化コンクリートの実効拡散係数は、早強セメントと同等以下であった。
- (3) 以上より、普通エコセメントは主要な RC や PC 構造物に使用できる可能性があると思われる。

<参考文献> コンクリート標準示方書[規準編], 土木学会, 2005

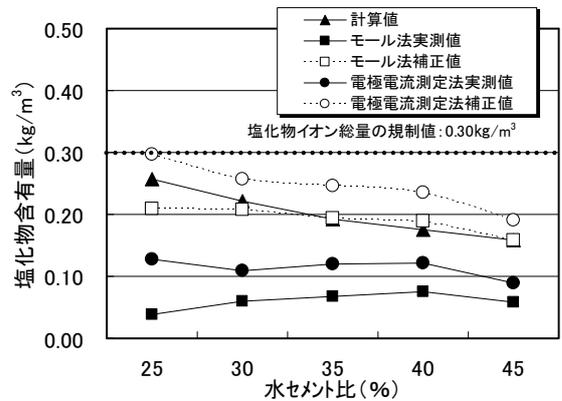


図2 フレッシュコンクリートの塩化物含有量測定結果

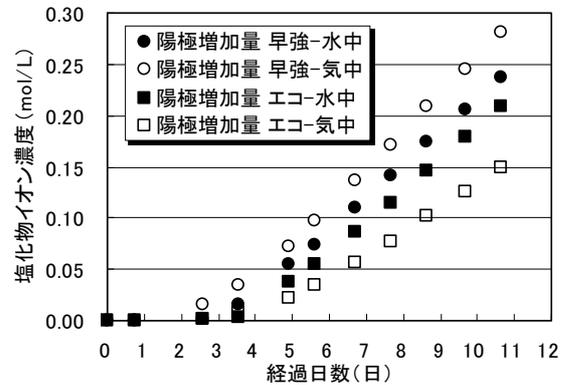


図3 陽極側セル塩化物イオン濃度経時変化

表3 実効拡散係数

| 実効拡散係数 $D_e (\times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s})$ | | | |
|----------------------------------------------------|------|----------|------|
| 早強セメント | | 普通エコセメント | |
| 水中養生 | 気中養生 | 水中養生 | 気中養生 |
| 8.8 | 10.0 | 8.3 | 6.1 |