

含浸材を塗布したセメント硬化体の溶脱特性に関する研究

東京理科大学 学生会員 ○東風谷 亮太
東京理科大学大学院 学生会員 菊地原 潤一
東京理科大学 正会員 加藤 佳孝

1. 目的

コンクリート構造物の長期耐久性を評価するにあたり、溶脱現象は考慮すべき劣化のひとつであると考えられる。溶脱は、コンクリートが雨水や地下水などと接することにより、コンクリートからカルシウム成分が溶脱し、これによりコンクリートが脆弱化する現象である¹⁾。溶脱の抑制に関する既往の研究を参照すると、新設時にセメントにフライアッシュを置換することで、水酸化カルシウム量が低減し、カルシウム成分の溶脱が低減する効果があることが報告されている¹⁾。ここで、フライアッシュと同様に水酸化カルシウムを消費する反応を示す補修材料にけい酸塩系表面含浸材がある。けい酸塩系表面含浸材は、コンクリート中に存在する水酸化カルシウムと反応し、C-S-H結晶を生成することでコンクリート表層部を緻密化させる材料である²⁾。

そこで、含浸材の適用が、セメント硬化体のカルシウムイオン溶脱に与える影響を把握することを目的とした。含浸材塗布が溶脱特性に与える影響を検討するため、浸せき試験を行い、浸せき溶液のCa濃度、試験体の水和物量から溶脱抑制効果を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および実験水準

セメントの物性を表-1に、細骨材の物性を表-2に示す。供試体は、ペーストおよびモルタルの2種類とした。含浸材は、けい酸ナトリウム表面含浸材を使用した。含浸材の物性値を表-3に示す。板状供試体以外の供試体寸法は2×2×2cmである。含浸材は、供試体の全面に塗布した。ペーストとモルタルのそれぞれで、含浸材を塗布しない無塗布供試体も併せて作製した。

(1) ペースト供試体

W/C=50%, 55%, 60%のペーストを作製した。供試体は打設後1日で脱型し、2年間の高湿度養生を行った。その後、精密切断機を用いて切断し、含浸材を塗布し14日間の封かん養生を行った後に、浸せき試験を開始した。

(2) モルタル供試体

W/C=50%, 60%のモルタルをオムニミキサで練り混ぜて作製した。モルタルを4×4×16cmの型枠に打ち込み後、1日で脱型し、7日間水中養生を行った。その後、精密切断機を用いて切断し、含浸材を塗布し14日間の封かん養生を行った後に、浸せき試験を開始した。2×2×2cmと体積の同じ4×4×0.5cmの板状供試体を作製し、表面積の違いによる結果の相違を検討した。

2.2 試験方法

浸せき水にはイオン交換水を使用し、ペースト供試体の質量17.7g、モルタル供試体の質量15.9gに対して2000mlとした。容器は密封できるポリエチレン製のものを使用した。浸せき期間1, 3, 5, 7週で浸せき水の交換を行った。浸せき水の交換時にpHおよび液相組成を測定した。液相組成の測定は、イオンクロマトグラフィーを用いた。固相分析として浸せき後の供試体の水酸化カルシウム量を示差熱重量分析で測定した。

表-1 セメント物性値

種類	密度(g/cm ³)	比表面積(g/cm ²)
普通ポルトランドセメント	3.15	3320

表-2 細骨材物性値

	略称	産地	表乾密度(g/cm ³)	吸水率(%)	実績率(%)	粗粒率
細骨材	S	富士川	2.64	1.68	63.7	2.61

キーワード 溶脱, けい酸塩系表面含浸材, 水酸化カルシウム量

連絡先 〒278-0022 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL. 04-7124-1501 E-mail : j7612049@rs.tus.ac.jp

表-3 含浸材物性値

主成分	乾燥固形分率(%)	密度(g/cm ³)	塗布量(g/m ²)
けい酸ナトリウム	22.2	1.2	120

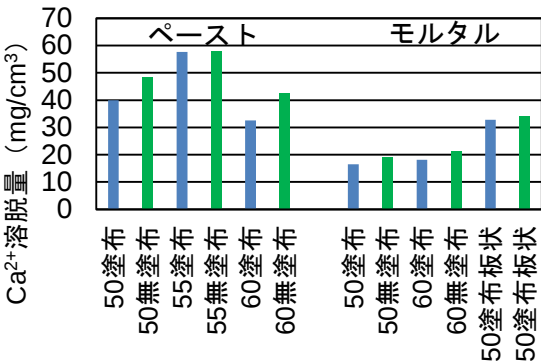


図-1 カルシウムイオン溶脱量

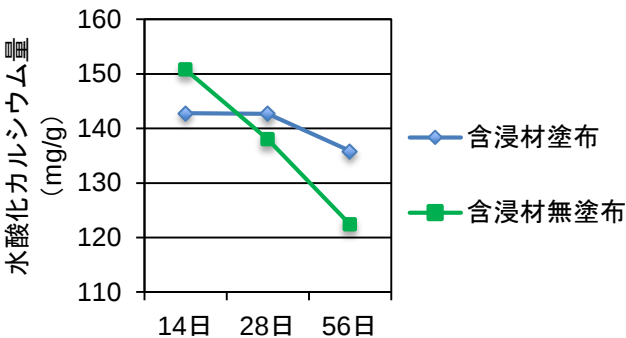


図-2 W/C=50%供試体の水酸化カルシウム量の経時変化

表-4 カルシウムイオンの溶脱抑制率

	ペースト 50%	ペースト 55%	ペースト 60%	モルタル 50%	モルタル 60%
溶脱抑制率	82.6%	99.6%	76.1%	85%	85.7%

3.実験結果および考察

図-1 に、浸せき期間 4 週間でのカルシウムイオンの溶脱量を示す。ペーストとモルタルともに、含浸材を塗布していない供試体に比べて、含浸材を塗布した供試体の方が、カルシウムイオンの溶脱量が小さくなる傾向を示した。これは、含浸材の改質効果で供試体表面が緻密化され、カルシウムイオンの溶脱を抑制したためであると考えられる。また、水セメント比が 50%のモルタル供試体と板状供試体を比較すると、表面積の大きい板状の供試体のカルシウムイオン溶脱量が大きくなる結果となった。単位体積あたりの溶脱量は 50%無塗布で 0.8mg/cm²、50%無塗布板状で 0.85mg/cm²であり、有意な差は確認できなかった。このことから、カルシウムイオンの溶脱量は、供試体の表面積に関係すると思われる。

供試体の種類による溶脱量を比較すると、モルタル供試体よりも、ペースト供試体の方がカルシウムイオンの溶脱量が大きい傾向が確認された。これは、ペースト供試体の方が、セメントを多く含むためであると考えられる。

表-4 に含浸材塗布供試体のカルシウムイオン溶脱量を、無塗布供試体のカルシウムイオン溶脱量で除した溶脱抑制率を示すペーストの場合は、水セメント比によって改質の程度に差が生じたが、モルタルの場合、水セメント比の違いによる差は見られなかった。現時点でその理由を明らかにすることはできていない。

図-2 に W/C=50%のペーストの水酸化カルシウム量の経時変化を示す。浸せき期間全体の水酸化カルシウム量の減少は、含浸材を塗布した供試体の方が小さい。これは、含浸材を塗布することで、カルシウムイオンの溶脱による水酸化カルシウム量の減少を抑制しているためであると考えられる。浸せき 14 日で含浸材を塗布した供試体の水酸化カルシウム量が少ないのは、含浸材の反応により、水酸化カルシウムが消費されたためであると推察される。

4.まとめ

- ペーストおよびモルタル供試体において、水セメント比に拘らず、含浸材を塗布することで水酸化カルシウムの減少を抑制し、カルシウムイオンの溶脱量は減少する。
- 同じ体積の供試体でも、単位表面積当たりのカルシウム溶脱量はほぼ等しいため、表面積の大きい供試体のカルシウム溶脱量が大きくなる。

参考文献

- 福留和人，喜多達夫：フライアッシュを混和したセメント硬化体の溶脱特性に関する研究，ハザマ研究年報，2007.12
- けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案），土木学会，コンクリートライブラリー137，2012.7