

けい酸塩系表面含浸材がセメントペーストの乾燥収縮に及ぼす影響

金沢大学 学生会員 ○渡辺 晋吾
金沢大学 正会員 五十嵐 心一
金沢大学 学生会員 小出 至也

1. 序論

近年、コンクリート構造物の早期の劣化の問題が顕在化し、それに伴いライフサイクルコストの考え方を導入したコンクリート構造物の設計が行われるようになってきている。既設構造物においても更なる長寿命化が必要され、様々な劣化抑制対策が講じられている。この対策の一つであるけい酸塩系表面含浸工法は、コンクリート中の水酸化カルシウムと反応してC-S-Hを生成することにより、表層組織を緻密化する。このような表層組織の緻密化により、物質透過性の改善が期待され、乾燥収縮特性も変化すると予想される。

本研究においては、けい酸塩系表面含浸材を塗布したセメントペーストの乾燥収縮特性について、実験的に検討を行うことを目的とした。

2. 実験概要

(1) 使用材料およびセメントペースト供試体の作製

セメントには普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm^3 , 比表面積 $3310\text{cm}^2/\text{g}$)を使用した。また、使用したけい酸塩系表面含浸材はけい酸ナトリウムおよびけい酸カリウムを主成分とし、一旦含浸させた表面含浸材が乾燥した後でも、水分が供給されると乾燥固形分として残存していた主成分が再び溶解し、水酸化カルシウムとの継続的な反応が可能である反応型けい酸塩系表面含浸材を用いた。

JIS R 5201 に準じて水セメント比が 0.5 のセメントペースト円柱供試体(直径 100mm, 高さ 200mm)

を作製した。ただし、ブリージングの影響が考えられたため予備試験にて増粘剤を使用した供試体との比較を行った。実験結果への影響は小さいことを確認し増粘剤を使用しない配合を用いることとした。打ち込み後 24 時間にて脱型し、水中養生(20°C)を行った。材齢 7 日および材齢 28 日にて製造業者の仕様に従ってけい酸塩系表面含浸材を円柱供試体の全面に所定量(0.12kg/m^2)塗布した。塗布完了後、供試体に長さ変化測定用のゲージプラグを取り付けて、湿空養生(相対湿度 80%以上)を 14 日間行った。湿空養生終了後、温度 20°C , 湿度 60%の恒温恒湿室内に静置した。また、比較用にゲージプラグ取り付け後、所定の湿空養生を行わずにただちに恒温恒湿室内に静置する供試体も作製した。

(2) 反射電子像の取得および画像解析

観察倍率 500 倍にて研磨面の反射電子像を取得した。1 画像は 1148×1000 画素からなり、1 画素当たりの寸法は約 $0.22\mu\text{m}$ である。取り込んだ反射電子像に対してグレースケールに基づく 2 値化処理を施し、未水和セメント、毛細管空隙および水酸化カルシウムを抽出した。

(3) 乾燥収縮試験

長さ変化には JIS A 1129 のダイヤルゲージ方法に準じて、円柱供試体の測定が可能な計測装置を作製し、測定を行った。写真-1 に測定装置を示す。また、収縮量の測定と並行して水分逸散による質量変化の

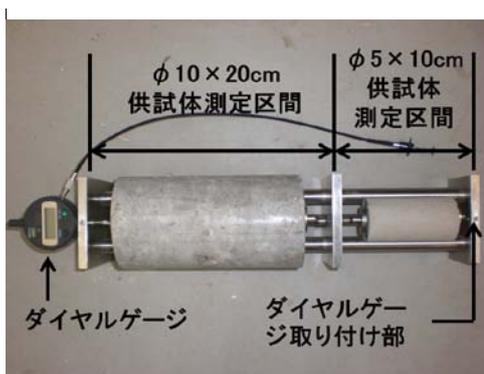


写真-1 長さ変化測定装置

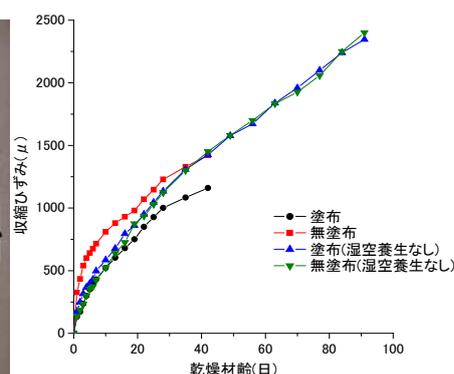


図-1 乾燥収縮試験結果(材齢7日塗布)

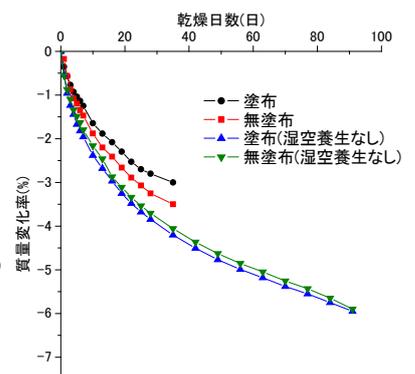


図-2 質量変化(材齢7日塗布)

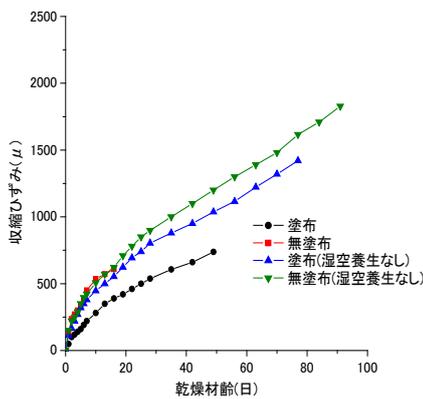


図-3 乾燥収縮試験結果(材齢 28 日塗布)

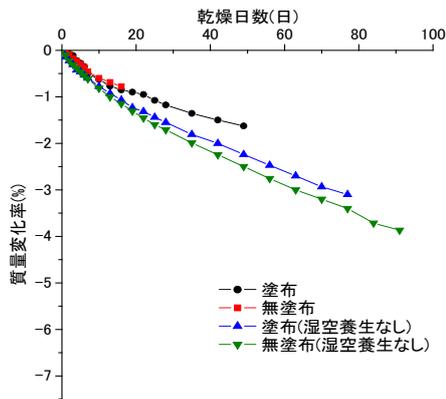


図-4 質量変化(材齢 28 日塗布)

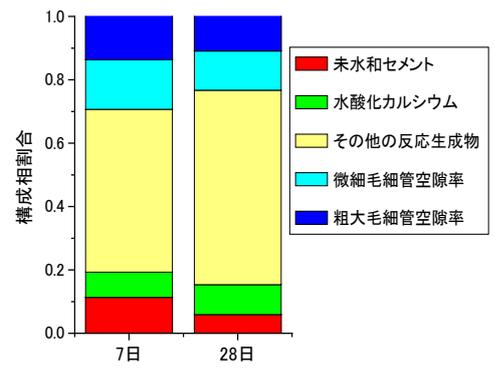


図-5 構成相割合

測定も行った。

3. 結果

図-1 に材齢 7 日塗布の収縮ひずみと乾燥日数の関係を示す。材齢初期に所定の湿空養生を行った供試体は、無塗布の供試体に比べ収縮量が大きく減少している。湿空養生を行うことにより表面含浸材の継続的な反応が行われ、表層組織が緻密化して収縮量が小さくなったと考えられる。一方、けい酸塩系表面含浸材に必要な湿空養生を行わない場合は表面含浸材を塗布しても収縮量は変化せず、収縮ひずみはほぼ単調に増大している。

図-2 に材齢 7 日塗布における質量変化と乾燥日数の関係を示す。湿空養生を行った場合は、塗布供試体は無塗布に比べて質量変化が小さい。表面含浸材によって表層組織が緻密化されたことにより、明らかに水分逸散が抑制されたようである。また、湿空養生を行っていない供試体では表面含浸材の塗布に関わらず質量変化に明確な差は見られない。表面含浸材の反応が適切に進行しなかったために改質効果が得られず、無塗布と同程度の水分の逸散量になったと考えられる。これらのことから、塗布後の湿空養生は、けい酸塩系表面含浸材による改質効果の発現において非常に重要な工程であることが確認できる。

図-3 に材齢 28 日にて塗布を行った場合の収縮ひずみと乾燥日数の関係を示す。湿空養生を行った供試体間では、材齢 7 日塗布と同様に、明らかに収縮量が低下している。また、この収縮量の差は塗布材齢に関わらずほぼ同等であり、収縮抑制に関する改質の程度に差はないようである。

図-4 に材齢 28 日塗布における質量変化と乾燥日

数の関係を示す。材齢 7 日に塗布したものよりも質量変化は小さく、およそ 1/2 程度にまで低下している。

図-5 に材齢 7 日および 28 日まで水中養生を行ったセメントペースト、すなわち表面含浸材塗布時の硬化体構成相割合を示す。材齢の進行に伴い水和反応が進むため、未水和セメントおよび毛細管空隙が減少している。しかし、けい酸塩系表面含浸材の反応の対象である水酸化カルシウムの量はあまり変わらない。このことは、本研究における表面含浸処理開始時の材齢 7 日でも 28 日でも、セメントペースト内部には反応を行うのには十分な量の水酸化カルシウムが存在していたことを示している。一般的に表面含浸材の性能を発現させるためには長期材齢における塗布が効果的とされる。これは、反応に必要な水酸化カルシウムが増加するからといわれている。しかし、本実験の範囲においては材齢 7 日塗布でも乾燥収縮低減効果が認められる。よって、塗布時期によって改質効果に相違が生じるのは、一定量の塗布に対して対象組織が疎であるために充填効果が表れにくい事の影響と考えられる。

4. 結論

けい酸塩系表面含浸材はセメントペーストの乾燥収縮の低減に有効であり、その効果は必ずしも内部に存在する水酸化カルシウムの量に関連付けるとは限らない。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(A), 課題番号: 23246081, 基盤研究(c), 課題番号: 21560482)の交付を受けて執り行われたものである。ここに記して深甚の謝意を表す。