

けい酸塩系表面含浸材の含浸深さと改質層との相関性評価

金沢工業大学 正会員 ○大嶋 俊一
 金沢工業大学 小池 駿介
 富士化学(株) 正会員 西野英哉
 (株)エバープロテクト 正会員 高島 達行
 金沢工業大学 正会員 宮里 心一

1. はじめに

表面含浸工法は容易に施工ができ、また補修費用も安価であることから注目されている。この際用いられる表面含浸材の一つであるけい酸塩系表面含浸材は、コンクリート中の Ca^{2+} と反応して C-S-H ゲルを形成することにより、表層を緻密化し、劣化因子の侵入抑制効果を付与すると言われており、含浸材の効果を検討した研究は数多く行われている。しかしながら、含浸材の含浸深さと浸透域における改質効果との相関性に関する研究は少なく¹⁾、またけい酸塩系表面含浸材の含浸深さ測定に関する指針が示されたのが 2012 年であることから、十分に汎用されているとは言い難い。さらに表面含浸材の効果を評価する上で、含浸深さと相関性を定量的に把握することは重要である。そこで本研究では、土木学会基準 JSCE-K 572「けい酸塩系表面含浸材の試験方法(案)」に準じて測定した含浸深さとビッカース硬さ試験による改質層との相関性を評価した。

2. 実験概要

2.1. 使用材料と供試体概要

普通ポルトランドセメントを用いて、土木学会基準 JSCE-K 572 に準じて水セメント比 0.55、砂セメント比 3.0 の 100×100×400mm のモルタル供試体を作製し、幅 100mm に切断後、実験に用いた。供試体の型枠に接していた一側面に刷毛を用いてけい酸塩系表面含浸材を塗布した。塗布と散水を 2 度繰り返し、28 日後に含浸深さ試験とビッカース硬さ試験を行った。けい酸塩系表面含浸材として、主成分が異なる 3 種類の含浸材 A (けい酸ナトリウム・けい酸カリウム系)、B (けい酸ナトリウム系)、C (けい酸リチウム系) を用いた。

2.2. 実験方法

表面含浸材の含浸深さは、土木学会基準 JSCE-K 572-2012 に準拠して測定を行った。マイクロドリルを用いて、試験体の表面から 20mm までの深さまで、2mm 間隔で粉体試料を採取し、150 μm のふるいを通過したものを粉体試料とした。粉体試料 0.300 \pm 0.001g と純水 30.000 \pm 0.002g をふた付き試験管にて混合し、24 時間静置後、吸引ろ過を行い、ろ液を試験溶液とした。試験溶液中のアルカリ金属イオン濃度 (Na^+ , K^+ , Li^+) を ICP 発光分析法により測定した。また塗布面と反対の面をブランクとして、ブランク面からも粉体試料を採取し、同様にアルカリ金属イオン濃度を測定した。

2.3. ビッカース硬さ試験

粉末試料採取後の試験体を適当な大きさに切断し、断面のビッカース硬さを、微小硬さ試験機で測定した。断面の測定は表面から深さ方向に 1.0mm ごとに行った。試験力は 0.09807N、試験力の保持時間は 10 秒とした。

3. 結果と考察

含浸材を塗布した試験体における深さごとのアルカリ金属イオン濃度の総和 $R(\text{mmol/L})$ とブランク濃度 $R_b(\text{mmol/L})$ の比を図 1 に示す。JSCE-K 572 における含浸深さの算出は、ブランク試験体のアルカリ金属イオン量の 1.3 倍値としている。したがって、含浸材 A と B では 6mm、含浸材 C では 2mm となる。また、図 2 に示すように、縦軸に含浸材を塗布した試験体とブランク試験体の各アルカリ金属イオン量の差をとったところ、含浸材 A では、 Na^+ と K^+ の溶出量の差より、含浸深さは 4mm 程度と言える。含浸材 B では、 Na^+ の溶出

キーワード けい酸塩系表面含浸材, 含浸深さ, 改質層, ビッカース硬さ

連絡先 〒921-8501 石川県野々市市扇が丘 7-1 金沢工業大学 バイオ・化学部 TEL076-274-9266

量の差は6mmまで大きかったが、Na⁺の溶出量のみを確認すると、6mm以降の溶出量はほぼ同程度であり、含浸深さは4mm程度であると考えるのが妥当である。またLi⁺を主成分とする含浸材Cにおいては、2mmにおいてLi⁺の溶出が確認されたことから、含浸深さは2mm程度であると言える。さらに、また4mm以下において、モルタル由来のNa⁺とK⁺の溶出量はブランクの溶出量よりも少なかった。これはけい酸リチウム自体が固化すること²⁾と含浸材により形成された緻密層にNa⁺やK⁺が取り込まれ、水への溶出量が減少した可能性があるが、詳細はさらに検討する必要がある。なお、ブランク、含浸材AおよびBにおいて、Li⁺は検出限界以下であった。

含浸材を塗布した試料とブランクにおけるビッカース硬さを図3に示す。ブランク試料では、深さに関わらずほぼ一定の値となった。一方、含浸材を塗布することにより、塗布面に近いほどビッカース硬さは大きく、ある深さ以上ではほぼ一定の値となった。これは含浸材の塗布により表層組織が緻密化されたためであると考えられる³⁾。したがって、ビッカース硬さ試験による含浸深さは、含浸材Aでは約4mm、含浸材Bでは約3mm、含浸材Cでは3mmであると判断できる。

図4に示した両試験における含浸深さから、ビッカース硬さとアルカリ金属イオンの溶出量とは相関関係にあることを確認した。またJSCE-K 572による含浸深さ算出方法よりも、主成分であるアルカリ金属イオンの各溶出量に基づく含浸深さの方が、ビッカース硬さに基づく緻密層の厚さとの相関性が高いことがわかった。これは表面に近いほど養生水の影響が大きく、Na⁺やK⁺の濃度変動が大きくなりやすいため、溶出したアルカリ金属イオンの総量で算出する場合、誤差が大きくなる可能性があるが、詳細な影響についてはさらなる検討と評価が必要である。

4. まとめ

本研究では、けい酸塩系表面含浸材の含浸深さとビッカース硬さとの相関性を調べた。その結果、アルカリ金属イオンの溶出量により求めた含浸深さとビッカース硬さには高い相関性があることを確認した。

5. 参考文献

- 1) 樫原弘貴ほか：ケイ酸質系表面含浸材の浸透深さと浸透域でのコンクリート品質改善に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 29, No. 2, pp547-552, 2007
- 2) 染谷望ほか：けい酸塩系表面含浸材の塗布時期がコンクリートの物質移動に及ぼす影響，第66回セメント技術大会講演要旨，pp258-259, 2012
- 3) 渡辺晋吾，五十嵐心一：けい酸塩系表面含浸材によるセメントペーストの組織変化に関する研究，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，pp415-416, 2012

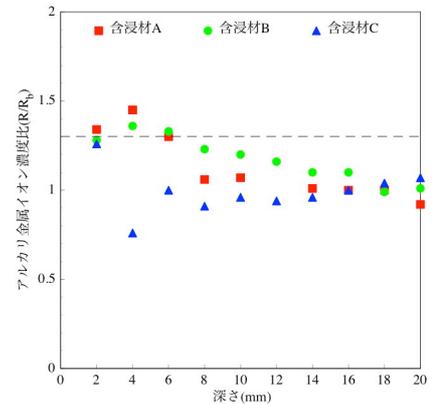


図1 アルカリ金属イオンの溶出濃度比

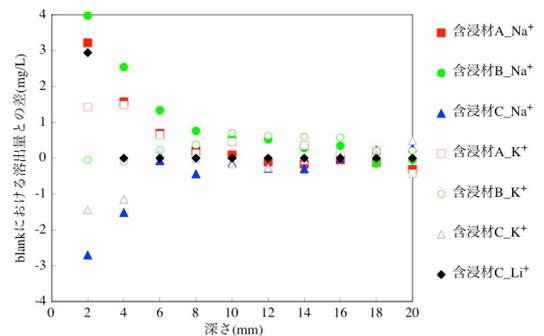


図2 各アルカリ金属イオンの溶出量の比較

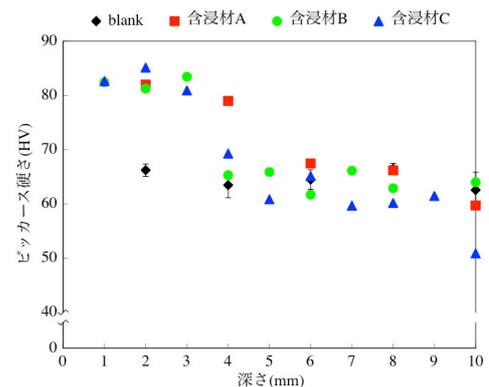


図3 試験体のビッカース硬さ

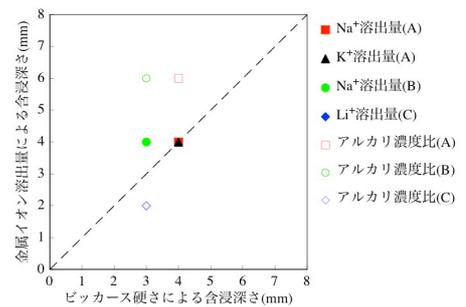


図4 両試験における含浸深さの相関性