けい酸塩系表面含浸材に用いる反応促進材の種類の違いが コンクリートの品質改善に及ぼす影響

○福岡大学 学生会員 金堀雄伍 福岡大学 正会員 櫨原弘貴 福岡大学 正会員 添田政司
福岡大学 学生会員 久保田崇嗣 福岡大学 学生会員 阿部稜

１．はじめに

近年，既設構造物の維持管理や予防保全を目的として，安価で施工の容易な表面含浸工法の利用が増加してきている [1)]．しかし，この材料は，カルシウムとの反応を前提とするため，中性化が進行している場合や高炉セメントを使用したコンクリートに対しては，適切に化学反応が行われない可能性がある [2)]．その解決策として，けい酸塩系表面含浸材の効果が得られ難いコンクリートに対し，含浸材を塗布する前に反応促進材(カルシウム溶液)を付与し，人工的に空隙内に C-S-H 系結晶を生成させる手法の検討が行われている．しかし，本手法の性能や効果についての知見は少ない．そこで，本研究では，反応促進材の種類の違いがコンクリートの品質改善効果に及ぼす影響について検討を行った．

２．実験概要

表面含浸材：表面含浸材には，反応促進材の性能の違いを把握することを目的とし，SiO_2/Na_2O が 3.2，粘性 170mPa・s のケイ酸ナトリウム水溶液を使用した．

反応促進材： 反応促進材には，種類（略号 A,B,C）の製品を用いた．いずれの反応促進材も pH12 以上であり，カルシウムを主成分とした材料である．いずれも表面含浸材の Si 成分と反応促進材の Ca 成分との反応を期待したものである．これらの材料を用いて，反応性試験及び中性化促進試験，塩水浸漬試験をそれぞれ実施した．

表-1 用いたモルタルの配合

配合名	W/C (%)	単位量(kg/m^3)		
		W	C	S
BB	55	271	493	1478

反応性試験： けい酸塩系表面含浸材と各種反応促進材を体積比 1：1 で 50ml のプラスチックビーカーにて 10ml ずつ混合し，ガラス棒で十分に攪拌した．その後は，プラスチックビーカーを密閉して，20℃の環境下で 1 日間静置させて外観観察を行った．また，未反応の溶液部をスポイトで採取し反応生成物量を測定した．さらに，反応生成物を温度 40℃で乾燥させて，質量変化が 0.2g/日以内となった量を乾燥固形分量として測定した．

促進試験： 実際のコンクリートの品質改善効果を評価するために，**表－1** に示すモルタルを作成した．本試験では，表面含浸材のみでは効果が得られ難いコンクリートでの品質改善を目的としているため，普通ポルトランドセメントに比べてカルシウム量が少ない高炉セメント B 種(略号 BB)を用いた．また，細骨材には海砂を使用した．供試体は，100×100×400mm の角柱モルタルを作製し，温度 20±2℃，相対湿度 80%以上の環境に 24 時間静置した後，脱型し，6 日間の水中養生を行った．養生終了後は，コンクリートカッターで 100×100×100mm にカットし，いずれの供試体もカット面および打設上下面をアルミテープとエポキシ樹脂を用いて被覆した．塗布方法は，反応促進材を刷毛で 0.05g/cm^2 塗布して，1 日間の乾燥を設けた後に，けい酸ナトリウム水溶液を同量塗布した．その後は，1 日 1 回の散水処理を 1 日間行った．その他，比較用として反応促進材を塗布せず，けい酸ナトリウム水溶液のみを塗布したものも設けた．中性化促進試験は，CO_2 濃度 5±0.2%，湿度 60±5%，温度 20±2℃の環境下で 28 日間の中性化促進を行い，万能試験により供試体を割裂してフェノールフタレイン溶液の散布により中性化深さを測定した．塩水浸漬試験は，JSCE-G572 に準拠して 10%NaCl 水溶液に 28 日間浸漬させて，JIS-A1154 に準拠して電位差滴定装置により全塩化物イオン量の測定を行った．

A B C

写真-1 結晶生成状況

キーワード：けい酸塩系表面含浸材，中性化，塩水浸漬
連絡先：福岡県福岡市城南区七隈 8 丁目 19 番地 1 号 福岡大学 TEL 092-871-6631

３． 結果および考察

写真-1 に，反応促進材とけい酸ナトリウム水溶液を混合し，1 日経過後の結晶生成状況を示す．反応促進材 A は，混合直後に反応し，不均一な結晶生成状況であり未反応の反応促進材が存在していた．なお，ビーカー内の薄青は，反応促進材に混和されている亜硝酸リチウム水溶液である．一方の，反応促進材 B，C は，混合直後には反応せず 1 日経過後に結晶の生成が確認された．反応促進材 C は，流動性のあるゲル状であったが，いずれも未反応の溶液部は見られなかった．

図-1 には，けい酸塩系表面含浸材と各種反応促進材の反応生成物の重量を示す．反応促進材 B と C は含浸材との良好な反応が確認され，A よりも 10g 以上多くの反応生成物を生成する結果を示した．

図-2 は，各種反応促進材の乾燥固形分量を示す．いずれの反応促進材も乾燥に伴い重量の減少が確認された．乾燥固形分量は，反応促進材 B と C が A よりも 5g 程度多かった．ただし，反応促進材種類ごとの乾燥前後の質量差は，小さくなっていることから，反応促進材 B，C には，反応生成物内に水分が多く保持されていたと考えられる．

次に，**図-3** には，各種反応促進材ごとの中性化深さを示す．含浸材のみの中性化深さは，無塗布よりも 1.5mm 程度小さくなっている．一方の，反応促進材を併用した場合，反応促進材 C は，含浸材のみと同程度であったが，反応促進材 A，B では，明確に中性化深さが小さかった．特に，反応促進材 A が顕著であった．これは，反応促進材 A には，亜硝酸リチウムが混和されており，モルタルの空隙を緻密化する以外にも未反応の亜硝酸リチウム溶液がモルタル内に浸透したことで，顕著な抑制効果を示したと思われる．

図-4 は，各種反応促進材の見かけの塩化物イオン拡散係数を示す．この結果，反応促進材 C は，含浸材のみと同程度であったのに対し，反応促進材 A，B では，明確に低下していた．

以上のことから，乾燥固形分量が多いもの程，品質改善がなされると考えられたが，それよりも反応促進材の性質に大きく影響されることが分かった．しかし，反応促進材 B，C は含浸材との反応が緩やかで，モルタル深部まで改質されていると考えられる．その為，より長期的な劣化抑制についても検討する必要がある．

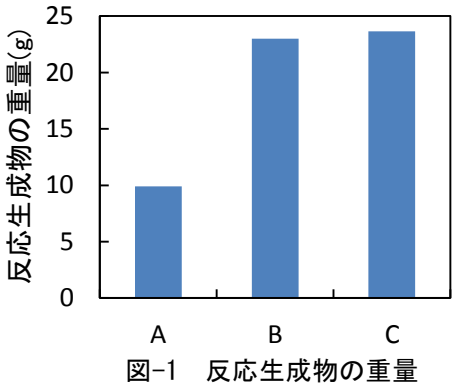

図-1 反応生成物の重量

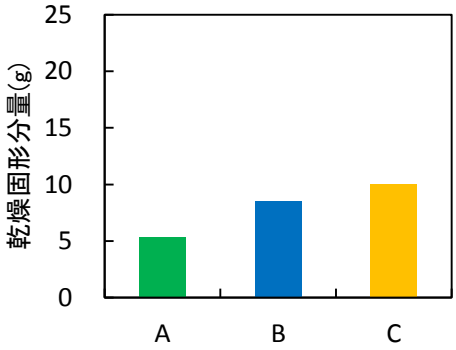

図-2 乾燥固形分量

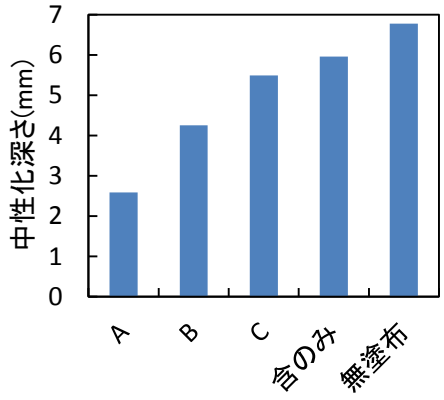

図-3 BB における中性化深さ

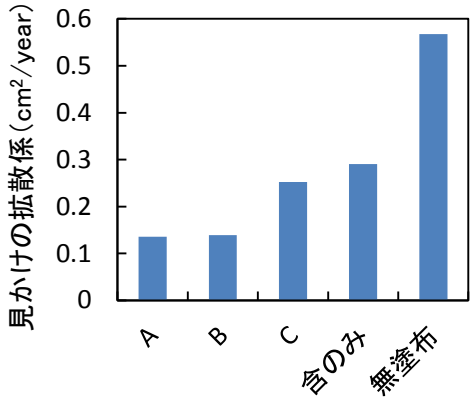

図-4 BB における見かけの拡散係数

４．まとめ

1）含浸材と反応促進材を併用することで，含浸材のみを塗布するよりも中性化や塩化物イオンに対する抑制効果が向上する．

2）モルタルの品質改善効果は，乾燥固形分量よりも反応促進材の性質の影響を大きく受ける．

参考文献

1）土木学会：けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案），コンクリートライブラリー137，2012

2）坂元貴之，武若耕司，山口明伸，中村槙：塗布時のコンクリート材齢の違いが表面含浸材の塩害抑制効果に及ぼす影響について，土木学会西部支部研究発表会，pp.719-720，2011