

けい酸塩系表面含浸材に撥水剤および CNF を組み合わせた改良品の開発

維持管理工学研究室 山田 佳輝

1 研究背景と目的

近年、コンクリート構造物の補修工法の中で、けい酸塩系表面含浸工法が注目されている。

本研究では、液体の劣化原因物質に対する浸入抵抗性の向上効果が期待できる撥水剤および、コンクリートへの配合によりひび割れを低減する効果がある超微細繊維であるセルロースナノファイバー (CNF) をけい酸塩系表面含浸材に添加したものの効果検証を行う。また、カルシウム補助剤にも注目し、有機キレート Ca を配合したものや硝酸カルシウムを使用し、コンクリートに対する耐久性向上効果を調査する。

2 実験概要

2.1 使用材料

けい酸塩系表面含浸材は従来型の「基本型」、シリコーンを添加した「撥水型」、CNF 液体を添加した「CNF 型」の3種類を使用する。CNF とは、植物バイオマスから取り出した天然由来の繊維である。表面含浸材に混合すると粘度が向上することにより垂直面でも垂れにくく塗布できる。撥水剤 (シリコーン) は、主剤のけい酸塩が反応してセメント硬化体組織を緻密化する効果を発揮するまで、表面含浸材が洗い流されるのを防ぐという補助的効果を付与することを目的としている。

Ca 補助剤は従来の亜硝酸カルシウムが主成分のものに加えて、有機キレート Ca を添加したものと硝酸カルシウムを主成分とするものも使用する。有機キレート Ca は金属イオンと安定して結合する構造をしており、けい酸塩が浸透しながら時間をかけて反応することでコンクリート表層部の改質深さを大きくするという狙いがある。

従来の Ca 補助剤の主成分である亜硝酸カルシウムは、亜硝酸イオンを含む。この亜硝酸イオンが酸と混合すると有害な亜硝酸ガスを発生するが、肥料などにも使われており、環境に対する配慮の面で優れた硝酸カルシウムを用いた。

2.2 試験概要

表1に吸水率試験の塗布パターンを示す。試験水に浸漬し、浸漬前後の質量変化を測定することにより、供試体の吸水量を測定する。

表2に透水量試験の塗布パターンを示す。7日間で減少した水頭高さを測定することにより、供試体への透水量を測定する。

表1 吸水率試験の塗布パターン

Ca 剤への添加物	表面含浸材
—	—
—	撥水型
亜硝酸性窒素	

表2 透水量試験の塗布パターン

Ca 剤への添加物	表面含浸材
—	—
亜硝酸性窒素、有機キレート Ca (1%)	基本型
亜硝酸性窒素、有機キレート Ca (3%)	
硝酸性窒素	
—	CNF 型
亜硝酸性窒素	

表3 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験

Ca 剤への添加物	表面含浸材
亜硝酸性窒素、有機キレート Ca (1%)	基本型
亜硝酸性窒素、有機キレート Ca (3%)	
硝酸性窒素	
—	CNF 型
亜硝酸性窒素	

表4 スケーリングに対する抵抗性試験の塗布パターン

Ca 剤への添加物	表面含浸材
—	—
亜硝酸性窒素、有機キレート Ca (1%)	基本型
亜硝酸性窒素、有機キレート Ca (3%)	
硝酸性窒素	
亜硝酸性窒素、有機キレート Ca (1%)	CNF 型
亜硝酸性窒素、有機キレート Ca (3%)	
硝酸性窒素	
亜硝酸性窒素	撥水型

表3に塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験の塗布パターンを示す。91日間3%NaCl水溶液に浸漬した供試体を割裂し、塩化物イオンの浸透深さを測定する。

表4にスケーリングに対する抵抗性試験の塗布パターンを示す。3%NaCl水溶液に浸漬した供試体で凍結融解を繰り返し、発生したスケーリング片の質量を測定する。凍結融解は20°Cから-20°Cまでの凍結工程を4時間、-20°Cの温度保持を3時間、-20°Cから20°Cまでの融解工程を4時間、20°Cの温度保持を1時間の計12時間を1サイクルとし60サイクル行い、6サイクルごとにスケーリング片を測定する。

表5 経年供試体の含浸深さ試験の塗布パターン

Ca 剤への添加物	表面含浸材
亜硝酸性窒素	基本型
亜硝酸性窒素	CNF 型
亜硝酸性窒素	撥水型

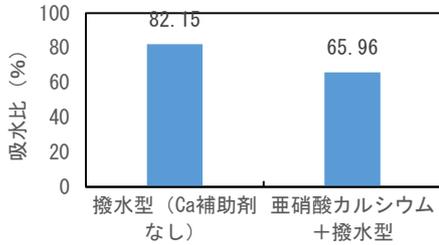


図-1 吸水率試験の結果

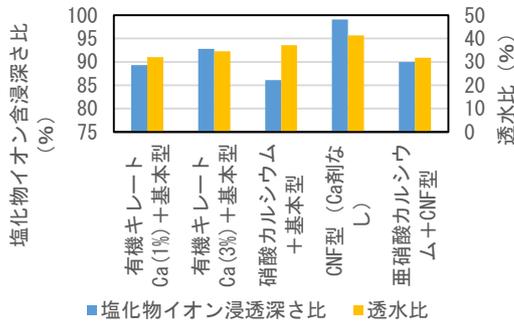


図-2 透水量試験および

塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験の結果

表5に経年供試体の含浸深さ試験の塗布パターンを示す。耐候性の検討のため供試体を屋外に暴露し、施工直後、屋外暴露4ヶ月後に供試体からドリル削孔により試料を採取する。ICP-AES分析により表面含浸材に含まれるアルカリ金属イオンの含浸深さを測定する。

3 結果と考察

図-1に吸水率試験の結果を示す。撥水型のけい酸塩系表面含浸材の塗布により表面の改質による吸水抑制効果が確認された。また、Ca補助剤と併用することで吸水抑制効果が向上することが確認された。

図-2に透水量試験および塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験の結果を示す。いずれも表面含浸材の違い、Ca補助剤の種類の違いおよび使用の有無にかかわらず、けい酸塩系表面含浸材を使用することによって物質浸透抵抗性を向上させることができた。

図-3にスケーリングに対する抵抗性試験の結果を示す。Ca補助剤が硝酸カルシウム、表面含浸材がCNF型の組み合わせの時にスケーリング量は最小になり、Ca補助剤が硝酸カルシウム、含浸材が基本型の時にスケーリング量は最大になった。

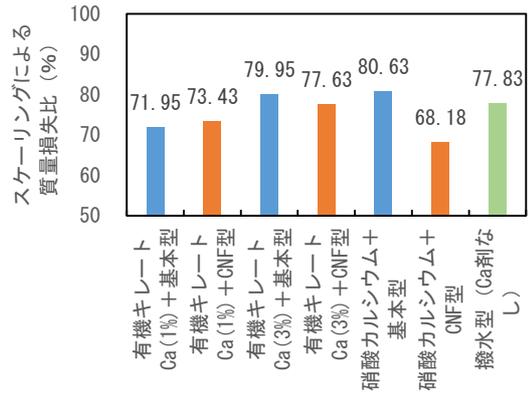


図-3 スケーリングに対する抵抗性試験の結果

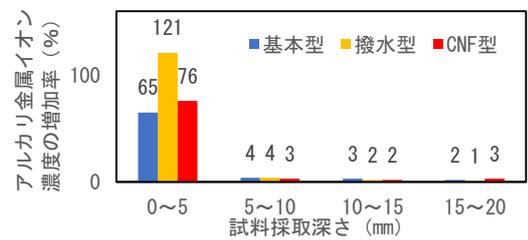


図-4 上面の施工直後におけるアルカリ金属イオン濃度のコンクリート表面からの深さ方向への分布

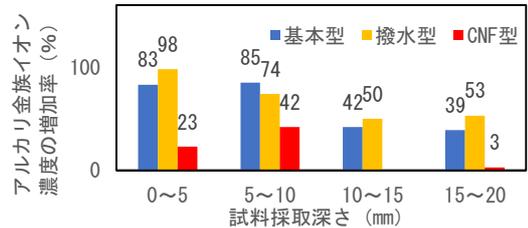


図-5 上面の施工4ヶ月半後におけるアルカリ金属イオン濃度のコンクリート表面からの深さ方向への分布

図-4、図-5に経年供試体の上面の施工直後および施工4ヶ月半後のアルカリ金属イオン濃度の分布を、施工前の無塗布供試体におけるアルカリ金属イオン濃度に対する増加率として示す。施工直後に対して、施工4ヶ月半後には基本型および撥水型でコンクリート表面から深さ20mmの広い範囲で高い増加率を示した。

4 まとめ

- ① 表面含浸材に撥水剤を添加することで性能は向上し、Ca補助剤と併用することで効果は増大することが確認された。
- ② 表面含浸材にCNFを添加するとスケーリング片発生のばらつきの抑制、経年供試体の降雨による影響の抑制など、耐久性向上が確認された。
- ③ Ca補助剤において、有機キレートCaによる影響、硝酸カルシウムの使用による明確なコンクリートの耐久性向上効果は確認できなかった。