

けい酸塩系表面含浸材に対するセルロースナノファイバーの併用に関する検討

岐阜大学 正会員 ○小林孝一
岐阜大学 大野公輔
馬居化成工業（株） 浅野達夫，高松雄作

1. はじめに

コンクリート構造物の補修工法である表面含浸工法の一つに、けい酸塩系表面含浸工法がある¹⁾。けい酸塩はコンクリート中の遊離カルシウム分と反応し、けい酸カルシウム水和物（C-S-H）が生成することでコンクリート表層が緻密化し、水や炭酸ガス、塩化物イオン等の劣化因子の侵入を防ぐ。

筆者らはこれまでの研究より、けい酸塩系表面含浸材にカルシウム補助剤を組み合わせる方法を提案し²⁾、コンクリートの各種の劣化因子に関して、その抵抗性についての効果検証を重ねてきた。

植物由来の素材であるセルロースナノファイバー（CNF）は、軽量・高強度の素材として自動車、家電の部品や建材として幅広い利用の可能性があり、注目をされている材料である。建設分野では細かな繊維構造（図1）をもつCNFによってコンクリートの乾燥収縮ひび割れを低減することを目指し、CNFを混入したコンクリートの実用化が図られている。

本研究では、けい酸塩系表面含浸材にCNF水分散液（図2）を混ぜて調整し、成型後のコンクリートに塗布することで、コンクリート表層を改質し、構造物を予防保全することを目的として、スケーリング抵抗性とひび割れ閉塞についての試験を実施した。紙パルプを原料としたCNF水分散液は増粘特性があり、CNFを混合したけい酸塩の粘度は約500mPa・s

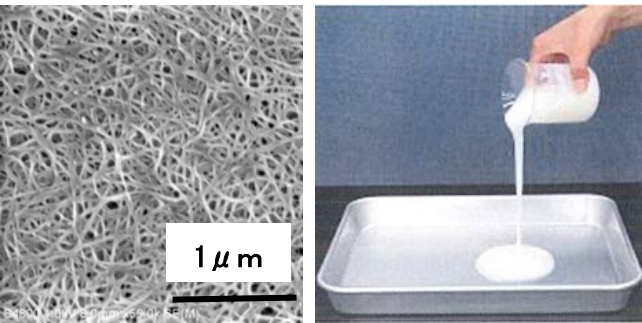


図1 CNFの繊維構造 図2 CNF水分散液

と高粘度の液体となり、側面や天井下面、ひび割れなどへの付着性が向上する。

2. スケーリング試験

スケーリング試験はJSCE-K572により実施した。W/C=55(%)，S/C=3でモルタルを練混ぜ成形し、100×100×100mmに切断した供試体を用いた。型枠に接していた1側面に薬剤を塗布し、20℃の室温に1ヶ月程度静置し、気中養生した。けい酸塩等の組合わせと塗布量は表1に示す。

その後、3% NaCl溶液に底面から5mmまで浸漬し、20℃から-20℃までの凍結融解サイクルを60サイクル繰返し、スケーリング片の質量より算出した質量

表1 スケーリング試験の薬剤塗布条件

No.	含浸材	Ca 補助剤(g/m ²)	塗布量(g/m ²)
①	けい酸塩 (けい酸 Na,K,Li 系)	—	250
②	〃 と Ca 補助剤併用	125	250
③	けい酸塩+CNF 液 (1:1 混合)	—	500
④	〃 と Ca 補助剤併用	125	500
⑤	シラン系 1	—	250
⑥	シラン系 2	—	250

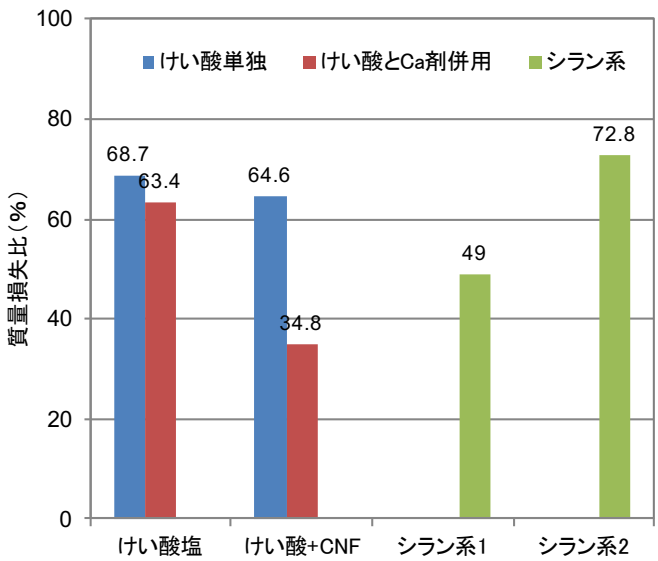


図3 スケーリングによる質量損失比

キーワード：けい酸塩系表面含浸材，セルロースナノファイバー，スケーリング，ひび割れ透水性
〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科，ko2ba@gifu-u.ac.jp

損失比（無塗布を1とする）を図3に示す。

スケーリング量は、けい酸塩系とシラン系とでは大きな差はなかった。けい酸塩の中では、けい酸塩にカルシウム補助剤を組み合わせたものがスケーリング量は小さく、さらにそこに CNF 液を混合した場合にスケーリング量が一番小さかった。CNF によるスケーリング向上についての機構は不明であり、けい酸塩の反応に関与する、あるいは保湿効果により良い養生が行われた等が原因として考えられるため、今後、詳細な分析が必要である。

3. ひび割れ透水性試験

ひび割れ透水性試験も同様に JSCE-K572 により実施した。VU 管と一体化したφ75×50mm の供試体（図4）を作成し、載荷試験機にて側面から載荷して 1) 0.2mm 以下、2) 0.2～0.6mm の幅のひび割れを導入した供試体を用いた。

けい酸塩等を塗布する面が加圧面の反対側となるように試験装置に供試体を設置し（図5）、水頭高さ1m としてひび割れ透水量を測定した。その後、供試体を取り外し自然乾燥後に塗布面にけい酸塩等を塗布し、20℃の室温に 1 ヶ月程度静置して気中養生した。けい酸塩等の塗布量を表2に示す。なお、CNF を混入したけい酸塩については、ひび割れに沿って重点的に塗布した（したがって表中の塗布量が g/cm 単位）。

養生が終了した後、供試体を再び試験装置に設置して 14 日間透水を実施し、14 日目においてひび割れ透水量を測定し、けい酸塩塗布前の透水量に対する「ひび割れ透水比」を算出した。その結果を図6に示す。

ひび割れ幅が 0.2mm 以下のヘアクラックはけい酸材で閉塞すると云われており、CNF の混合の有無に関わらず閉塞した。一方、幅 0.2～0.6mm のやや大き



図4 供試体(塗布直後)



図5 ひび割れ透水試験

表2 ひび割れ透水性試験の薬剤塗布条件

No.	含浸材	ひび割れ幅(mm)	塗布量
①	けい酸塩 (けい酸 Na,K,Li 系)	<0.2	250g/m ²
②	けい酸塩+CNF 液 (1:1 混合)	〃	500g/ m ²
③	けい酸塩 (けい酸 Na,K,Li 系)	0.2~0.6	250g/cm
④-1	けい酸塩+CNF 液 (1:1 混合)	〃	2g/cm
④-2	〃 再塗布	〃	1g/cm
④-3	〃 再々塗布	〃	1g/cm

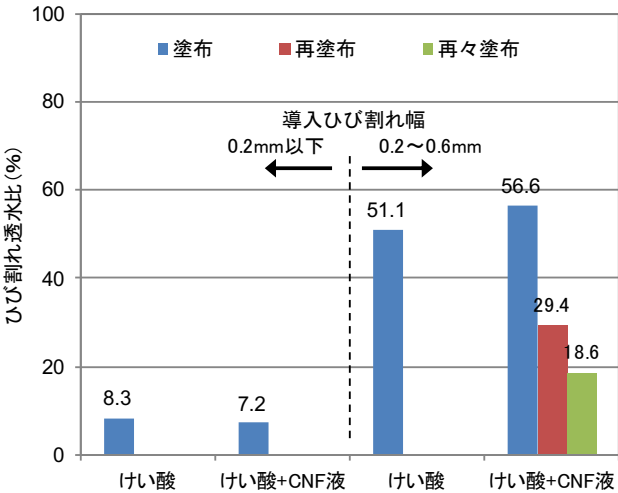


図6 ひび割れ透水性試験のひび割れ透水比

なクラックについては、一度のけい酸塩塗布では十分に閉塞しなかったために、再塗布、再々塗布を繰り返したところ、閉塞効果がみられた。

4. まとめ

- 1) CNF を混合したけい酸塩は高粘度の液体となり、ひび割れなどへの付着性向上が期待される。
- 2) CNF を混合したけい酸塩にカルシウム補助剤を併用することで、スケーリングに対する抵抗性が向上した。
- 3) 幅 0.2～0.6mm のクラックでは、CNF 液を混合したけい酸塩の塗布を繰り返すことで閉塞がみられた。

謝辞 実験にあたって CNF のサンプル提供、および写真の提供を頂いた大王製紙（株）には、ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案），土木学会，2012
2) 小林孝一ほか，けい酸塩系表面含浸剤の Ca 補助材による性能向上に関する実験的研究，土木学会第 70 回学術講演会，V-584，2015