

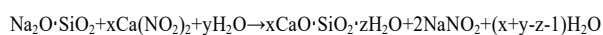
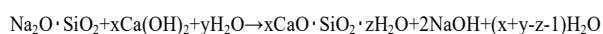
けい酸塩系表面含浸材の表面改質作用についての検証

岐阜大学 フェロー会員 小林孝一 大野洋嵩
馬居化成工業(株) 正会員 浅野達夫 海川一輝

1. はじめに

コンクリート構造物の表面保護工法においては「けい酸塩系表面含浸材」が広く用いられている。けい酸塩の主成分は、以下に示すように水酸化カルシウムと反応し、コンクリート中にけい酸カルシウム水和物（C-S-H）を生成させることで表面改質を図る。しかし、けい酸塩による表面改質作用の詳細については不明な点も多い。

・ けい酸材とカルシウム化合物との反応式の例



今回の研究では、細孔径分布の測定により表層改質の、経年供試体を用いた含浸深さ試験より薬剤成分の経時拡散の検証を行った。

2. 水銀圧入法による細孔径分布測定

寸法200×100×10mmのコンクリート平板の1面にけい酸塩を塗布した。その後、恒温室内で1ヶ月程度の気中養生を行なった後に、ニップで塗布面を含む破片を採取し、アセトンに浸漬、真空乾燥後に測定を行った。

けい酸の塗布にあたっては、まず試験面に反応促進剤として亜硝酸カルシウム水溶液を125g/m²塗布し、一晩放置後にけい酸塩を250g/m²塗布した。けい酸塩には、けい酸ナトリウム、カリウム、リチウムの3種混合液のけい酸材を基本型（SiO₂=16%）とし、基本型にシリコン水溶液を添加し撥水作用を付与したけい酸塩も用いた¹⁾。実験の様子を図1と2に、細孔径分布を図3と4に、細孔のピーク径を表1示す。



図1 薬剤塗布



図2 粉碎試験片

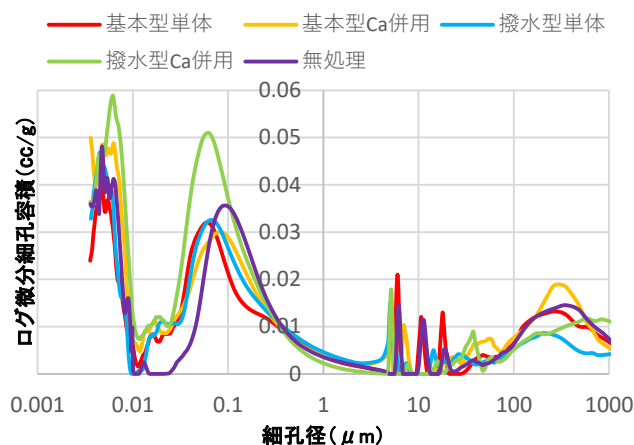


図3 細孔径分布の全体図（測定圧力0.2～6万psi）

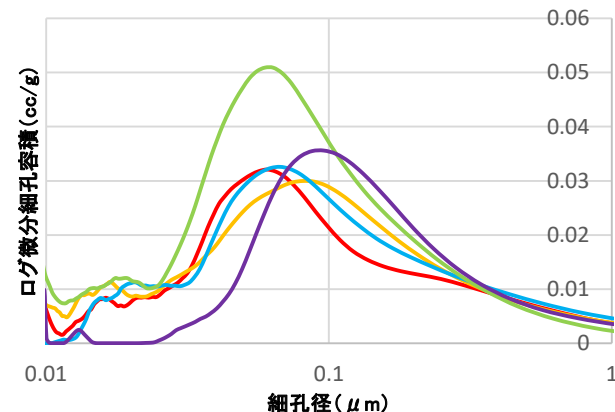


図4 細孔径分布の拡大図（測定圧力20～6万psi）

表1 細孔のピーク径 (nm)

測定 圧力 (psi)	無処理	基本型		撥水作用を付与	
		けい酸 単独	Ca 補助 剤併用	けい酸 単独	Ca 補助 剤併用
0.2～6 万	96	60	81	67	59
20～6 万	91	60	84	64	59

けい酸塩を塗布した試験体は、20～200nmの範囲で、無塗布の「無処理」に比べて細孔径が小さくなる傾向がみられた。けい酸塩の塗布によって、コンクリート表層部の毛細管空隙にC-S-Hが生成し、空隙を埋めて表層改質することが確認された。

一方で亜硝酸カルシウムの使用の有無で、差を確認するまでには至らず、けい酸塩単独塗布でも十分な改質効果が得られることも確認された。

キーワード：けい酸塩系表面含浸材、亜硝酸カルシウム、水銀圧入法、細孔径分布、含浸深さ、〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科, kobayashi.koichi.b5@f.gifu-u.ac.jp

3. 経年供試体による含浸深さ試験

次に、先と同様のけい酸塩を使用して、亜硝酸カルシウム水溶液 125g/m^2 、けい酸塩 250g/m^2 を塗布した経年供試体²⁾ (寸法: $400 \times 200 \times 200\text{mm}$, $\text{W/C}=65\%$, 塩化物イオン量: 0 kg/m^3) を岐阜大学工学部の屋上に設置し、JSCE-K572 の含浸深さ試験の方法に準じて³⁾, $\phi 5.4\text{ mm}$ のコンクリートドリルで供試体の上面, 下面, 側面の各面から深さ 5mm 毎に深さ 20mm まで試料を掘削採取して、ICP-AES 法にてアルカリ金属イオン濃度 (R) を求めた。測定は施工直後から 21 ヶ月後まで実施した。試験の様子を図 5 と 6 に、含浸深さの経時変化を図 7~10 に示す。



図 5 経年供試体



図 6 ドリル法

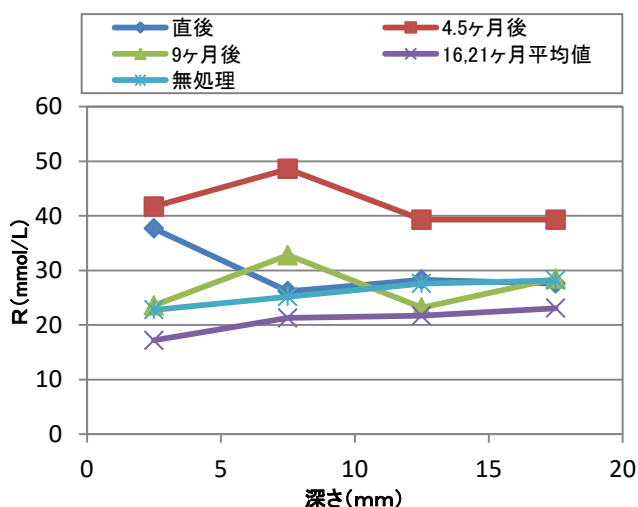


図 7 含浸深さの経時変化 (基本型, 上面)

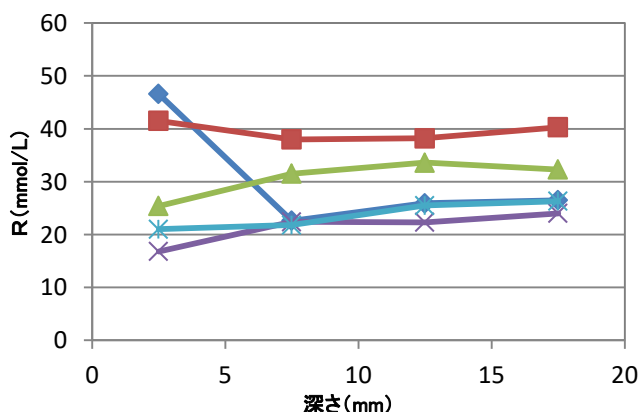


図 8 含浸深さの経時変化 (撥水型, 上面)

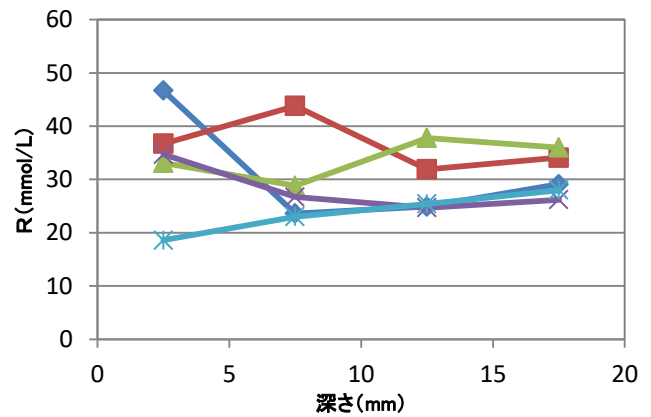


図 9 含浸深さの経時変化 (基本型, 下面)

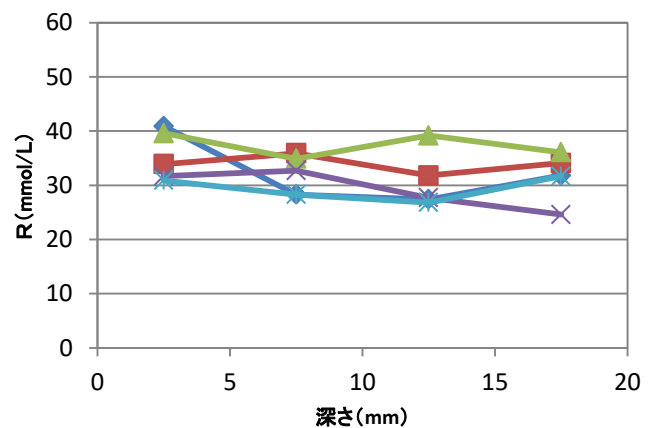


図 10 含浸深さの経時変化 (基本型, 側面)

上面は雨掛かりの影響が大きく、アルカリは時間の経過と共に奥へと浸透拡散する。撥水型は遮水効果により、基本型よりも浸透が遅い傾向にあった。

下面は雨掛かりの影響が少なく、他の面と比べて浸透が遅く、アルカリが表層部に留まる。側面は雨掛かりがあり、上面と似た分布傾向にあった。

4. まとめ

- 1) 水銀圧入法による細孔径試験においては、コンクリート空隙に C-S-H が生成し細孔径が小さくなり、表面改質を裏付ける結果が得られた。
- 2) 一方で経年供試体による含浸深さ試験からは、水溶性の薬剤成分の浸透拡散を確認した。塗布面や撥水剤の有無により拡散速度は若干異なる。

参考文献

- 1) 山田佳輝他, 撥水作用を付与したけい酸塩系表面含浸材による性能向上の検討, R3 年度土木学会全国大会学術講演会, V-378, 2021.
- 2) コンクリートメンテナンス協会 (2023 年 1 月 18 日閲覧) <https://www.j-cma.jp/>
- 3) CL119 表面保護工法の設計施工指針 (案), 2012.