

機能付与型けい酸塩系表面含浸材に対する各種反応促進剤の効果検証

維持管理工学研究室 中島颯太

1. 研究背景と目的

近年、コンクリート構造物に対する補修工法の中で、けい酸塩系表面含浸工法が注目されている。本研究では、重炭酸塩および亜硝酸リチウムを反応促進剤として、3種類のけい酸塩系表面含浸材と併用した場合の効果検証を行う。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用した表面含浸材および反応促進剤を表1および表2に示す。6%重曹液、10%炭酸水素K液と濃度の異なる2種類の亜硝酸Li(20%および40%)を反応促進剤としてそれぞれモルタル表面に塗布し、3種類のけい酸塩系表面含浸材(3S、撥水型、CNF型)との組み合わせの場合の性能評価を行う。モルタルの水セメント比は55%とするが、スクレーリングに対する抵抗性試験のみは水セメント比65%も用いて比較する。

表1 使用した表面含浸材

略称	物性
3S けい酸塩	Na : K : Li = 5 : 5 : 1 (質量比)
撥水型 けい酸塩	3S けい酸塩 + 撥水剤 = 97 : 3 (質量比)
CNF 型 けい酸塩	3S けい酸塩 + CNF 水分散液 = 1 : 1 (質量比)

表2 使用した反応促進剤

主成分	略称	物性
亜硝酸リチウム	亜硝酸 Li	20%、40%LiNO ₂ 水溶液
亜硝酸カルシウム	亜硝酸 Ca	15%亜硝酸 Ca 水溶液
重炭酸塩	炭酸水素 Na	6%NaHCO ₃ 水溶液
	炭酸水素 K	10%KHCO ₃ 水溶液

2.2 供試体概要

図1に供試体概要を示す。モルタルを打設、養生した後、試験面に所定量の反応促進剤および表面含浸材を塗布し、さらに養生して試験体とした。

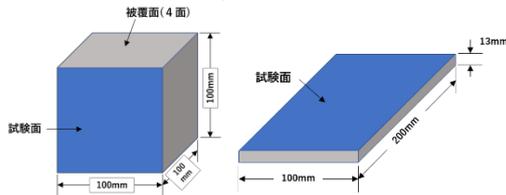


図1 供試体概要

3. 各試験方法と試験結果および考察

各種試験は、土木学会規準「表面含浸材の試験方法 (JSCE-K571-2018)」¹⁾ および「けい酸塩系表面含浸材の試験方法 (JSCE-K572-2018)」²⁾ に準拠して行った。なお以降、2022年に大野によって実施された研究の結果³⁾と比較しながら論じる。

3.1 透水量試験

図1の立方体供試体を用いて、7日間の透水量を測定した。けい酸塩等を塗布した場合の無塗布に対す

る透水量を図2に示す。

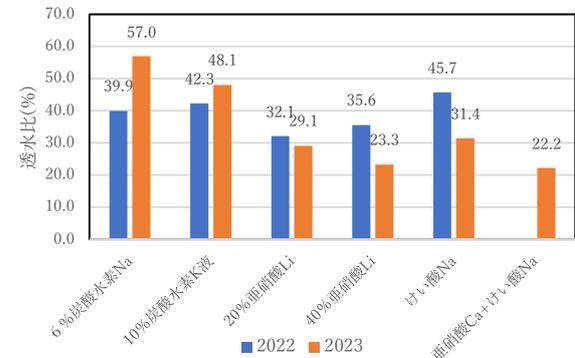


図2 透水量試験の結果

反応促進剤として亜硝酸Liを用いる、またけい酸塩に撥水材を添加することで透水抑制効果を向上することが確認された。

3.2 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験

図1の立方体供試体を用いて試験した。供試体を63日間3%NaCl水溶液に浸漬した後、割裂し、塩化物イオンの浸透深さを測定した。無塗布供試体に対する塩化物イオン浸透深さ比を図3に示す。

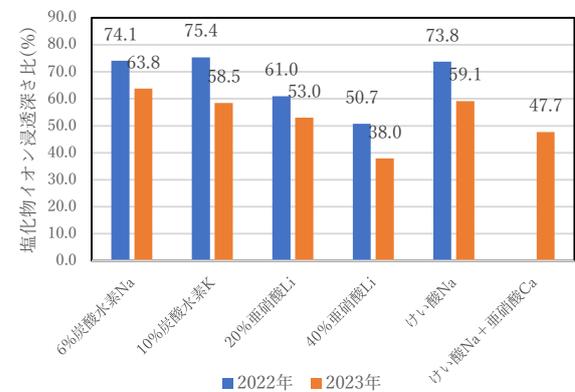


図3 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験の結果

透水量試験と同様に、反応促進剤として亜硝酸Liを用いる、またけい酸塩に撥水材を添加することで透水抑制効果を増大することが確認された。

3.3 中性化に対する抵抗性試験

図1の立方体供試体を用いて試験した。供試体を二酸化炭素濃度5%に設定した中性化装置に28日間設置後、割裂し、中性化深さを測定した。無塗布供試体に対する中性化深さ比を図4に示す。

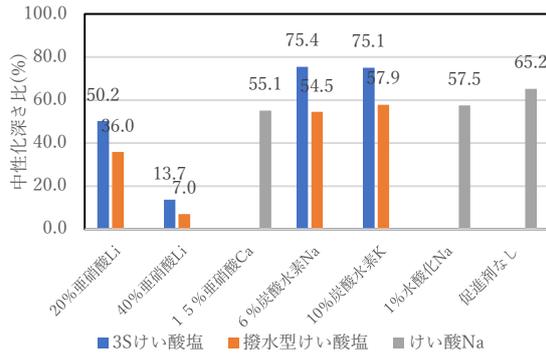


図4 中性化試験の結果

こちらでも透水量試験と同様に、反応促進剤として亜硝酸Liを用いる、またけい酸塩に撥水材を添加することで中性化抑制効果を増大することが確認された。

3.4 スケーリングに対する抵抗性試験

図1の立方体供試体の含浸材塗布面を3%NaCl水溶液に浸漬し、20°C~-20°Cの凍結融解サイクルを60サイクル繰り返し、スケーリング片の質量より無塗布供試体に対する質量損失比を算出した。W/C=55%の結果を図5、W/C=65%の結果を図6に示す。

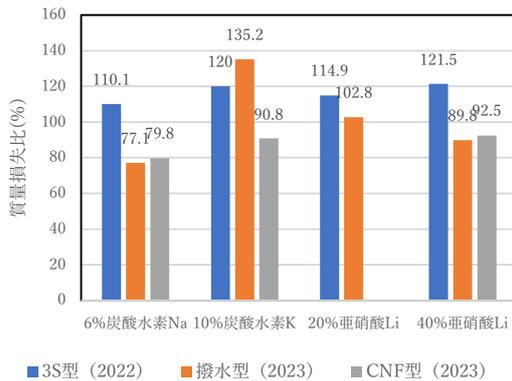


図5 スケーリング試験の結果(W/C=55%)

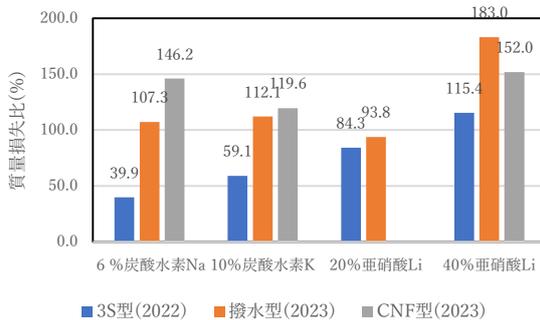


図6 スケーリング試験の結果(W/C=65%)

いずれの場合も、質量損失比に明瞭な傾向が見られなかった。撥水型は表層の空隙を塞ぎ通水性が悪くなったため、CNF型はCNFが超音波洗浄により剥離したため、大きくなったと考えられる。また亜硝酸

Liが大きくなったのは、白華現象による白華成分の剥離・溶出のためであると考えられる。

3.5 細孔径分布測定試験

図1の平板供試体から水銀圧入法により試験をした。5~10mm程度の大きさの試料を10~15個程度、試験面ができるだけ含まれるように採取し、結果を図7に示す。

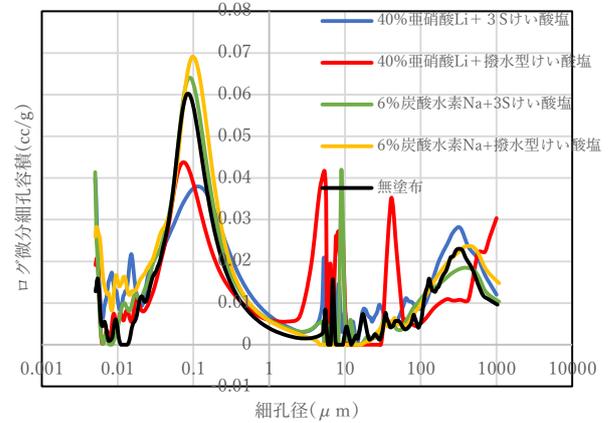


図7 細孔径分布

00.3~0.3 μmに着目すると亜硝酸Liは細孔容積が小さくなり、空隙径が小さくなることが確認された。また炭酸水素Naや撥水材の有無を比較しても明瞭な傾向は見られなかった。

4. まとめ

- ① けい酸塩系表面含浸材と亜硝酸Liを用いることで、透水抑制効果、塩化物イオン浸透抑制効果、中性化抑制効果が増大すること確認された。
- ② 撥水型けい酸塩を用いることで、透水抑制効果、塩化物イオン浸透抑制効果、中性化抑制効果がより増大すること確認された。
- ③ スケーリングに対する抵抗性試験において、けい酸塩系表面含浸材と亜硝酸Liを併用することで、白華現象が起こり、反応生成物が溶出することが確認された。そのため、亜硝酸Liを併用した場合のスケーリングへの影響は不明である。
- ④ スケーリングに対する抵抗性試験において撥水型けい酸塩は水の通水性により、CNF型けい酸塩はCNFの剥離により質量損失比が大きくなる可能性が懸念される。
- ⑤ 亜硝酸Liは3Sけい酸塩または撥水型けい酸塩と併用することで、コンクリートの空隙径が小さくなることが確認された。また炭酸水素Naや撥水材の添加の有無を比較しても明瞭な傾向はみられなかった。

参考文献

1. 土木学会規準「表面含浸材の試験方法(案)(JSCE-K571-2013)」
2. 土木学会規準「けい酸塩系表面含浸材の試験方法(案)(JSCE-K572-2013)」
3. 大野洋崇:重炭酸アルカリ塩および亜硝酸リチウムを反応促進剤として用いたけい酸塩系表面含浸材の性能評価, 岐阜大学卒業研究, 2022