

第V部門

補修・補強(4)

2023年9月14日(木) 15:10 ~ 16:30 V-7 (広島大 東広島キャンパス総合科学部講義棟 K208)

[V-319] 中性化したモルタルへのけい酸塩系表面含浸工の改質効果に与えるカルシウム補助溶液の影響

Effect of Calcium Supplementary on Reforming Effect of Silicate Type Surface Penetrants for Carbonated Mortar

*吉田 皓¹、島村 佳汰¹、近藤 拓也²、横井 克則²、黒岩 大地³ (1. 高知工業高等専門学校専攻科、2. 高知工業高等専門学校、3. 富士化学(株))

*Hikaru Yoshida¹, Keita Shimamura¹, Takuya Kondo², Katsunori Yokoi², Daichi Kuroiwa³ (1. National Institute of Technology, Kochi College Advanced Course, 2. National Institute of Technology, Kochi College, 3. FUJI CHEMICAL Co., Ltd.)

キーワード：けい酸塩系表面含浸工、中性化、亜硝酸カルシウム補助溶液、ビッカース硬さ試験、Cl⁻濃度
Silicate type surface penetrant, Carbonation, Calcium nitrite auxiliary solution, Vickers hardness test, Chloride ion concentration

近年、コンクリート構造物の劣化保全手段の一つとしてけい酸塩系表面含浸工法が注目され、積極的に研究開発が行われている。しかし、事前に中性化が進行した構造物では、けい酸塩系表面含浸材と反応するためのCa(OH)₂が不足し、十分な改質効果が得られない可能性が考えられる。本研究では、事前に中性化を促進させたモルタル供試体を作製し、その後カルシウム補助溶液を付与した後けい酸塩系表面含浸材を施工した。その供試体についてビッカース硬さ分布および塩化物イオン濃度分布の測定を行った。そして、カルシウム補助溶液がけい酸塩系表面含浸材の改質効果に与える影響について検討を行った。

中性化したモルタルへのけい酸塩系表面含浸工の改質効果に与える カルシウム補助溶液の影響

高知高専専攻科 学生会員 ○吉田 皓 島村佳汰
高知高専 正会員 近藤拓也 横井克則
富士化学(株) 正会員 黒岩大地

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の劣化保全手段の一つとしてけい酸塩系表面含浸工法が注目され、積極的に研究開発が行われている。しかし、事前に中性化が進行した構造物では、けい酸塩系表面含浸材と反応するための $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が不足し、十分な改質効果が得られない可能性が考えられる。本研究では、事前に中性化を促進させたモルタル供試体を作製し、その後カルシウム補助溶液を付与した後けい酸塩系表面含浸材を施工した。その供試体についてビッカース硬さ分布および塩化物イオン濃度分布の測定を行った。そして、カルシウム補助溶液がけい酸塩系表面含浸材の改質効果に与える影響について検討を行った。

2. 試験方法

試験要因を表-1 に示す。事前の中性化が改質効果に与える影響を確認するため、事前中性化有無を要因とした。また、表面含浸材施工前のカルシウム補助溶液供給の効果を検討するため、カルシウム補助溶液有無を要因とした。配合表を表-2 に、また使用した表面含浸材および補助溶液を表-3 に示す。母材はモルタルとし、セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。

供試体は $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 160\text{mm}$ の角柱供試体とした。供試体は打ち込み後 1 日で脱型した後、材齢 7 日まで 20°C 室内で水中養生を実施した。その後、材齢 28 日まで室内環境下に供試体を存置した。事前に中性化を行わない供試体は材齢 28 日に表面含浸材を施工した。事前に中性化を行う供試体は 20°C 、 $60\% \text{R.H.}$ 、 CO_2 濃度 5% 環境下に 4 週間供試体を存置し、その後カルシウム補助溶液および表面含浸材を施工した。

ビッカース硬さ試験は、JIS Z 2244 に従い実施した。

測定は供試体を $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 20\text{mm}$ に切断して行い、測定は供試体の切断面で行った。また、表面含浸材施工後、供試体を 28 日間室内環境下に存置し、質量濃度 3% の塩水にて塩水浸漬試験を実施した。採取したモルタル粉を用い、電量滴定法を用いることで、 Cl^- 濃度を測定した¹⁾。

3. 試験結果および考察

ビッカース硬さ分布について、事前に中性化を促進させていないものを図-1、事前中性化を 4 週間実施したものを図-2 に示す。事前に中性化を促進させていない供試体では、深さ 10mm 程度までビッカース硬さが増加し、それより深い位置ではビッカース硬さが低下する傾向を示した。これは、けい酸塩系表面含浸材とモルタル中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ との反応によって、表面が緻密化したためと考えられる。

表-1 試験要因

項目	水準
事前中性化期間	なし, 促進 4 週間
補助溶液	なし, 亜硝酸カルシウム

表-2 モルタル配合表

W/C	単体量(kg/m^3)			混和剤 (cc/m^3)
	W	C	S	AE 助剤
55	270	480	1430	500

表-3 使用した表面含浸材および補助溶液

種類	使用量 (L/m^3)
ナトリウム系	0.8
ナトリウム系+ 亜硝酸カルシウム補助溶液	

キーワード けい酸塩系表面含浸工, 中性化, 亜硝酸カルシウム補助溶液, ビッカース硬さ試験, Cl^- 濃度
連絡先 〒783-8508 高知県南国市物部乙 200 番地 1 高知工業高等専門学校 TEL 088-864-5659

事前に中性化を行った供試体に対して、けい酸塩系表面含浸材施工前にカルシウム補助溶液を付与した供試体では、図-2 に示すように、深さ 1mm から 5mm の表層部において、表面含浸材のみを施工した供試体に比べビッカース硬さが大きくなる傾向を示した。これは、含浸材施工前にカルシウム補助溶液を付与することで、事前の中性化促進により減少した $\text{Ca}(\text{OH})_2$ をモルタル中に供給された $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が補う形となり、結果として表面含浸材との反応が生じたためであると考えられる²⁾。そのため、表面含浸材施工前にカルシウム補助溶液を付与することで、表面含浸材との反応が生じる可能性は高いと考えられる。

Cl^- 濃度分布を図-3 に示す。カルシウム補助溶液を付与した供試体の Cl^- 濃度は、事前に中性化を促進させた供試体において、深さ 2.5mm と比較し 7.5mm で増加する傾向を示した。これは、中性化が進行した箇所ではフリーデル氏塩から塩化物イオンが遊離する³⁾ことが知られている。そのため今回の事例においても事前の中性化促進により表面の中性化域にて Cl^- 固定化能力が消失し、表面含浸材の緻密化効果にかかわらず中性化域を通過して侵入することで、深さ 7.5mm 地点付近で Cl^- が集まったためと考えられる。

4. まとめ

本研究では、事前に中性化させたモルタルにカルシウム補助溶液を付与したけい酸塩系表面含浸材の改質効果を確認するため、事前中性化の有無を要因としたモルタル供試体を作製し、ビッカース硬さ試験および Cl^- 濃度分布測定を実施し検討を行った。

その結果、ビッカース硬さ試験では、表面含浸材施工前のカルシウム補助溶液を付与により、表面含浸材施工後のビッカース硬さに差が生じ、カルシウム補助溶液の効果を確認できた。一方で、 Cl^- 濃度分布測定では、表面含浸材施工前にカルシウム補助溶液を付与しても、中性化部分における Cl^- 浸透阻止性は回復しない傾向が得られた。

5. 参考文献

- 1) コンクリートライブラリー137, けい酸塩系表面含浸材の設計施工指針案, 土木学会, 2012.7
- 2) 小林一輔ら: コンクリートの炭酸化のメカニズム, コンクリート工学論文集, 第1巻, 第1号, pp.37-49, 1990.1
- 3) 小林一輔ら: 炭酸化によって引き起こされるコンクリート中の塩化物, 硫黄化合物及びアルカリ化合物の移動と濃縮, コンクリート工学論文集, Vol.1, No.2, pp.69-82, 1990.7

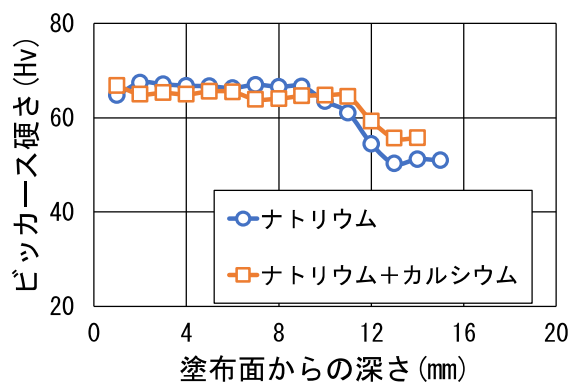


図-1 ビッカース硬さ分布
(事前中性化なし)

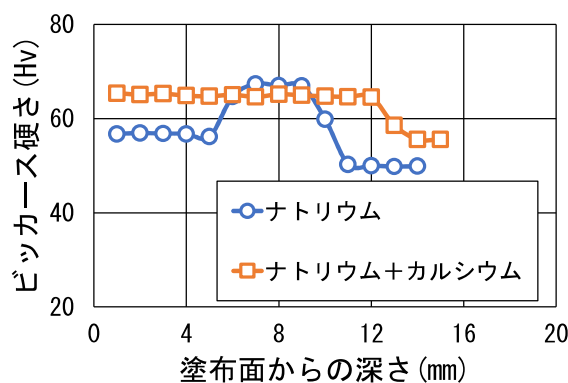


図-2 ビッカース硬さ分布
(事前中性化 4 週間)

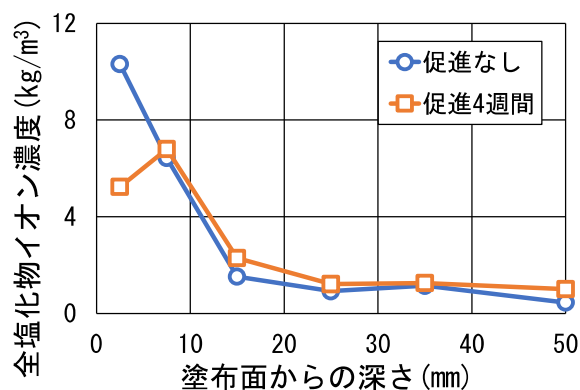


図-3 Cl^- 濃度分布
(けい酸塩系表面含浸材
+ 亜硝酸カルシウム補助溶液)