

けい酸塩系表面含浸材の塗布がモルタルのスケーリング抵抗性に及ぼす影響

前橋工科大学工学部 環境・デザイン領域 フェロー会員 ○佐川 孝広
前橋工科大学工学部 社会環境工学科 学生会員 小口 拓海

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害・凍害対策の一環として、表面含浸材(けい酸塩系、シラン系)が広く適用されるようになった。けい酸塩系表面含浸材は、未反応の成分が乾燥によって固化物となる固化型と水が供給されることで再び反応が起きる反応型がある¹⁾。しかし、表面含浸材がセメント水和反応へ及ぼす影響について理解されているとはいいがたく、特に混和材料を用いた際の影響などは知見が不足しているのが現状である²⁾。

そこで本研究では、けい酸塩系表面含浸材の材料特性と反応性を評価するとともに、けい酸塩系表面含浸材の塗布がモルタルのスケーリング抵抗性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究では、普通セメント(N)、無水石こう入り高炉スラグ微粉末(BFS)を用いた。実験に用いたセメントは N、Nに BFS を内割 45%置換した高炉セメント B 種(BB)の 2 種類とした。表面含浸材は固化型のけい酸リチウム系(Li)、反応型のけい酸ナトリウム系(Na)、けい酸ナトリウムとリチウムを混合したけい酸塩混合系(K)の 3 種類を用いた。

2.2 実験方法

(1) 材料分析

各表面含浸材を乾燥固化したものを試料として粉末 X 線回折(XRD)、蛍光 X 線分析(XRF)を行った。

(2) 反応性の評価

等温熱量計による積算発熱量の測定、および表面含浸材と水酸化カルシウム(CH)のペースト硬化体の XRD 測定を行った。積算発熱量の測定は、N、BB の水セメント比 50%のセメントペーストにて行い、表面含浸材はセメント質量の 2%を混練水に内割置換した。XRD の測定は、各表面含浸材と CH を反応させた硬化体を粉砕し行った。

(3) 凍結融解

JIS の配合のモルタルを 15cm³のスチロール棒瓶に成型した。養生は図 1 に示す方法で行った。含浸材の塗布は製造者の指定通り行い、Li は 150、Na は 200、K は 100g/m²を供試体全面に 2 回塗布した。含浸材無塗布についても図 1 と同一の養生を行い、N、BB それぞれ 3 種類の養生条件とした。供試体は材齢 28 日まで養生後、3%の NaCl 水溶液に 2 日浸漬させた後に表乾質量を測定し、凍結融解試験を行った。供試体は各条件で 3 本使用した。

凍結融解作用は 24 時間を 1 サイクルとし、凍結温度-20℃で 16 時間、融解温度 20℃で 8 時間とし、所定の凍結サイクル終了毎に供試体の表乾質量を測定し、試験開始時の表乾質量を 100%とした質量残存率として評価した。

3. 実験結果および考察

3.1 表面含浸材の材料特性と反応性

表 1 に XRF 測定結果を示す。軽元素の Li₂O は測定範囲外であるが、けい酸塩系表面含浸材 Li、Na、K のいずれも化学組成は SiO₂が主体であり、Na₂O、K₂O の含有量が異なった。

図 2 に XRD 測定結果を示す。表面含浸材-CH 硬化体は、すべての試料で反応生成物である C-S-H のピーク

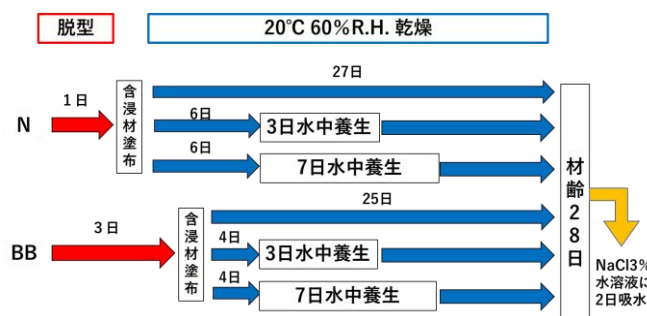


図 1 養生方法

キーワード けい酸塩系表面含浸材, セメント種類, 養生条件, スケーリング抵抗性

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 email: sagawa@maebashi-it.ac.jp

が認められ、固化型の Li で回折強度が高かった。

図 3 に積算発熱量の測定結果を示す。表面含浸材を混練時に添加した場合では、材齢 24 時間程度以降の積算発熱量は低下する傾向にあった。

3.2 凍結融解試験

図 4 に凍結融解試験結果の一例として、水中養生を 3 日行ったケースの質量残存率を示す。質量残存率は供試体 3 本の平均とし、最大、最小値も併せて示した。含浸材無塗布では、N のバラつきが大きいものの、BB に比較して N のスケーリング抵抗性は高かった。なお、水中養生 7 日や水中養生なしの条件についても概ね同様な傾向であった。ただし、水中養生なしの条件では、劣化程度は小さかった。

含浸材の影響については、N、BB とともに、含浸材の塗布によりスケーリングは抑制された。バラつきを考慮すると、含浸材種類の影響は小さいと考えられる。なお、含浸材塗布後の水中養生の有無や水中養生期間の影響は小さかった。

ここで、図 4 の 31 サイクル時点での質量残存率について、含浸材塗布の有無を比較し、各含浸材の塗布による改善率として整理したものを図 5 に示す。含浸材の塗布により N で 20%程度、BB で 20~30%程度の改善率となった。BB の改善率がやや高くなるのは、含浸材無塗布の劣化状態が N と BB で異なることが影響すると考えられ、本実験の範囲内では、セメント種類の影響は小さいと推察される。

4. まとめ

- (1) 表面含浸材の種類により化学組成は異なるが、CH と反応した硬化体にはすべて C-S-H の生成が認められた。
- (2) 含浸材無塗布では、BB より N のスケーリング抵抗性は高かった。水中養生なしの供試体に顕著な劣化は認められず、脱型後に水中養生期間を設定することで質量残存率は低下した。
- (3) N、BB とともに含浸材の塗布によりスケーリングは抑制され、セメント種類や含浸材種類の影響は小さかった。
- (4) いずれの含浸材とともに、塗布後の水中養生の有無や水中養生期間がスケーリング抑制効果に及ぼす影響は小さかった。

参考文献

- 1) 土木学会：けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案)、コンクリートライブラリー137、2012
- 2) 佐川孝広，鬼澤来輝，小池拓斗：表面含浸材の塗布効果に及ぼすセメント種類の影響，日本セラムックス協会 2022 年年会講演予稿集，2G05、2022

表 1 表面含浸材の化学組成(%)

	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃
K	86.27	12.31	-	0.67	0.14	0.45	0.09
Na	74.32	6.00	19.51	0.03	0.07	-	0.02
Li	92.75	5.93	-	0.61	0.12	0.41	0.12

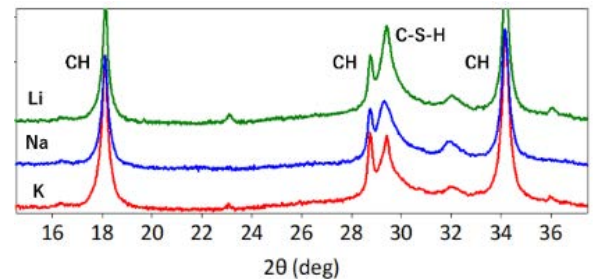


図 2 表面含浸材-CH 硬化体の XRD プロファイル

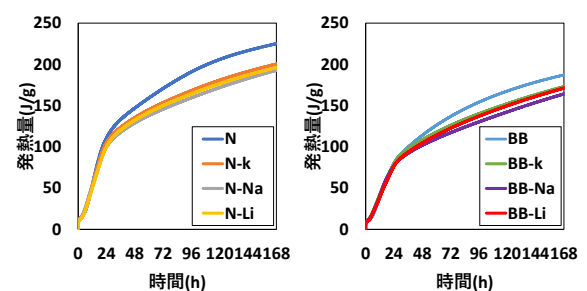


図 3 積算発熱量

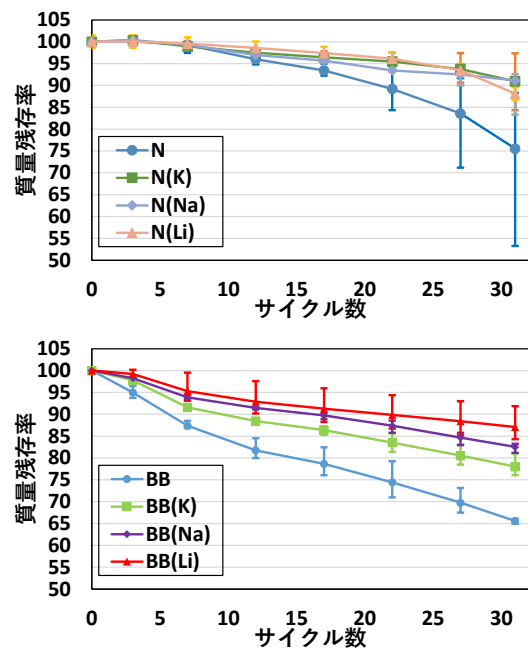


図 4 凍結融解試験結果

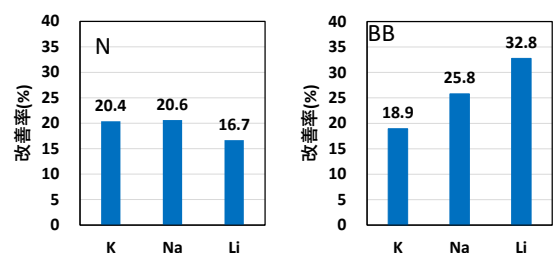


図 5 スケーリング抵抗性の改善率