

反応型けい酸塩系表面含浸材の組成の違いがコンクリートの改質効果に与える影響

鹿児島大学大学院 学生会員 ○畑野 貴洋 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸 鹿児島大学大学院 正会員 審良 善和
前田建設工業(株) 正会員 中島 良光 (株)フォーシェル 非会員 工藤 哲也

1. はじめに

コンクリート表面に塗布することでコンクリート表層部の品質を改善し耐久性の向上を図ることができるけい酸塩系表面含浸材（以下、含浸材）が注目を集めている。含浸材はコンクリートに浸透することで表層部を緻密化し劣化因子の侵入を抑制する効果を有するが、主成分によって緻密化のメカニズムが異なり、主に反応型と固化型の2種類に分けられる。特に、けい酸ナトリウムまたはけい酸カリウムを主成分とする反応型含浸材（以下、それぞれNa系含浸材、K系含浸材、Na+K系含浸材、これらに添加剤を加えたものなど様々な種類の反応型含浸材が存在する。しかし、この材料はまだ研究途上にあり、反応型含浸材の化学組成の違いが改質効果に与える影響などは十分に明らかになっていない。

現在、著者らの既往の実験結果から、Na系含浸材とK系含浸材は同じ反応型含浸材と分類されるが、Na系含浸材とNa系とK系を混合させた含浸材で性能改善効果が異なる場合があること、また、同じNa系含浸材でも添加剤の有無または主成分含有量の違いにより劣化因子の侵入抑制効果に差が生じることを確認した。そこで、本研究では、反応型含浸材の主成分であるけい酸ナトリウム（以下、Na）とけい酸カリウム（以下、K）の混合割合や添加剤と考えられるAlイオンの有無がコンクリートの性能改善効果に及ぼす影響を定量的に把握し、性能改善効果の高い材料配合を提案することを目的に実験的な検討を行った。

2. 性能評価試験に使用した表面含浸材の種類

性能評価試験に使用した含浸材の種類を表-1に示す。ここでは、モル濃度を一定としたけい酸ナトリウム水溶液とけい酸カリウム水溶液の混合比率（Na：K）をモル濃度比で10:0から0:10まで変化させたもの、またそれぞれにAlを150ppm添加したもの計10種類について検討を行った。

表-1 含浸材の種類

Na：K(モル濃度比)				
10:0	7.5:2.5	5:5	2.5:7.5	0:10
Na：K(モル濃度比)+Al添加(150ppm)				
10:0	7.5:2.5	5:5	2.5:7.5	0:10

3. 供試体概要

供試体寸法および表面含浸材の塗布面などの供試体概要を図-1に示す。供試体は、普通ポルトランドセメントを使用したW/Cが55%のモルタル供試体を作製し、材齢28日まで養生後、打設側面以外の4面をエポキシ樹脂で被覆したものを用いた。含浸材塗布後、14日間の湿潤養生と14日間の気中養生を行い各種試験に供した。

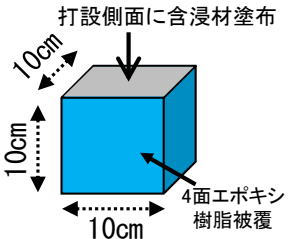


図-1 供試体概要

4. 各種性能評価試験方法

4.1 吸水率試験

供試体の質量(W)を0.1gまで測定後、試験面が側面になるように水中に浸漬した。所定の期間経過後、試験用容器から供試体を取り出し、表面の水分を除去した後、質量(W_{ai})を0.1gまで測定し、吸水率(W_a)を算出した。吸水率の算出方法を式(1)に示す。なお、供試体は1水準あたり3個とし、平均値で評価した。

$$W=100 \times (W_1-W_0) / W_0 \quad \dots (1)$$

ここで、Wは吸水率(%), W₀は試験開始時の供試体質量(g), W₁は水中浸漬後の供試体質量(g)である。

4.2 中性化促進試験

CO₂濃度5%, 温度20℃, 湿度60%以上の中性化促進環境下に供試体の試験面が側面になるようにして静置し、中性化促進試験を行った。試験28日, 56日, 112日後に供試体を割裂し、フェノールフタレイン法にて中性化深さ

キーワード けい酸塩系表面含浸材, 反応型, 吸水率, 中性化, 塩水浸漬

連絡先 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 TEL 099-285-8480

を測定した。なお、供試体は1水準あたり3個とし、平均値で評価した。

4.3 塩水浸漬試験

3%の塩化ナトリウム水溶液を用いて塩水浸漬試験を実施した。浸漬126日後に供試体を割裂し、割裂断面に硝酸銀溶液を噴霧して、白色に呈色した部分を塩化物イオン浸透領域とし、塩化物イオン浸透深さを測定した。なお、供試体は1水準あたり3個とし、平均値で評価した。

5. 結果および考察

5.1 吸水率試験

試験開始7日後におけるモルタル供試体の吸水率を図-2に示す。含浸材を塗布した全ての供試体の吸水率は無塗布供試体に比べて小さく、吸水が抑えられる状況が認められた。これは、反応型含浸材を塗布することで表面が緻密化された効果が表れたものと考えられた。NaとKの配合割合ごとの性能について着目すると、Naのモル濃度比が大きくなるにしたがい、吸水率が小さくなる傾向が認められた。これは、けい酸ナトリウムがけい酸カリウムよりも反応速度が速いことが影響し、コンクリート表層部分がより緻密化したためと推察される。また、Al添加の有無については、どの配合割合も性能の明確な差は認められず、Al添加による性能向上効果は認められなかった。

5.2 中性化促進試験

各種含浸材を塗布したモルタル供試体の中性化速度係数を図-3に示す。含浸材を塗布した全ての供試体において、中性化の進行を抑制する効果が認められた。含浸材の種類の違いに着目すると、Naの配合割合が多くなるにつれて中性化の進行をより抑えていることが明確となった。吸水試験の結果と同様に、けい酸塩の反応速度の差が影響したものと考えられる。また、Al添加の効果についても、吸水試験の結果と同様に、性能向上効果は確認されなかった。

5.3 塩水浸漬試験

塩水浸漬126日目における塩化物イオン浸透深さを図-4に示す。含浸材を塗布した全ての供試体において、無塗布供試体に比べ塩化物イオンの浸透を抑制する効果が認められた。含浸材の種類の違いについて着目すると、吸水率試験および中性化促進試験結果と異なる傾向が得られ、Na:K=7.5:2.5で配合した含浸材を塗布した場合に、他の配合割合より塩分浸透抑制効果が高いことが確認された。これも反応速度の違いが影響したものと考えられるが、塩分浸透抑制メカニズムは不明であり、今後の課題とする。なお、Alの添加については、塩水浸漬試験においても、有意な差は認められなかった。

6. まとめ

けい酸ナトリウム・けい酸カリウムの配合割合やアルミニウム添加の有無による性能改善効果の違いについて、吸水、中性化および塩害の対策として適用する場合の最適な反応型含浸材の配合割合は少し異なる傾向にあったが、総合的に評価するとNaとKの効果的な配合比はNa:K=7.5:2.5であることを明らかとした。一方、Alを添加することによる反応型含浸材の改質性能向上効果はほとんど認められなかった。

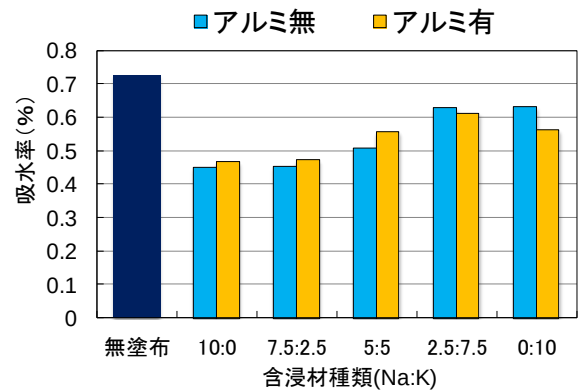


図-2 各含浸材種類の吸水率

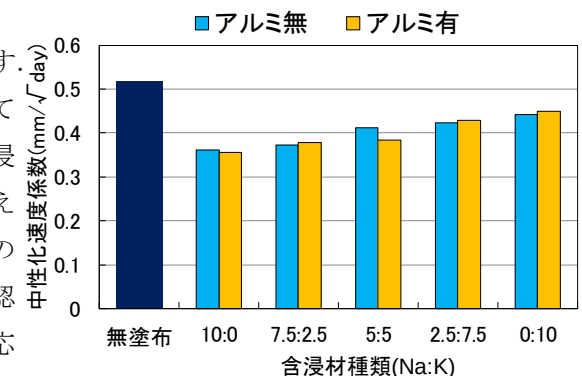


図-3 各含浸材種類の中性化速度係数

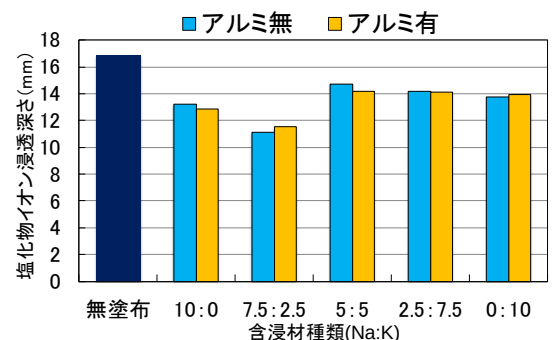


図-4 塩水浸漬試験結果(浸漬126日目)