

けい酸塩系表面含浸材のスケーリング抑制効果に与える混和材料の影響

岡山大学	学生会員	○森本 充
アイサワ工業(株)		森脇 拓也
岡山大学	正会員	藤井 隆史
岡山大学	フェロー	綾野 克紀

1. はじめに

けい酸塩系表面含浸材（以降、含浸材）には、スケーリングを抑制する効果があると言われている¹⁾。しかし、混和材料を使用したコンクリートに含浸材を塗布した場合の抑制効果に関しては、十分な知見が得られていない。本研究では、フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末（以降、FA および GGBS）の使用が含浸材のスケーリング抑制効果に与える影響について把握するため、母材中の水酸化カルシウムに着目し、実験を行なった。

2. 実験概要

本実験では、普通ポルトランドセメント（密度：3.15g/cm³，ブレン値：3,350cm²/g）を用いた水セメント比 50% の配合を標準とし、セメント量の 30% をフライアッシュ I 種（密度：2.40g/cm³，ブレン値：5,650cm²/g）で置換したモルタルと、セメント量の 70% を高炉スラグ微粉末 4000（密度：2.89g/cm³，ブレン値：4,150cm²/g）で置換したコンクリートにより供試体を作製した。使用した骨材は、硬質砂岩砕砂（表乾密度：2.66g/cm³，吸水率：1.53%，粗粒率：2.88）と硬質砂岩碎石（最大寸法：20mm，表乾密度：2.75g/cm³，吸水率：0.45%，粗粒率：6.82）である。供試体は、脱型後材齢 91 日まで水中養生を行ない、GGBS コンクリートの養生温度を 20℃ とし、FA モルタルの養生温度をポゾラン反応促進のために 40℃ とした。また、混和材料を用いていないコンクリートに関して、JIS A 1153 に基づき 91 日間まで中性化を促進させた供試体を作製した。含浸材は、けい酸ナトリウムを主成分とする反応型を使用し、そのスケーリング抑制効果を JSCE-C507 に基づくモルタル小片試験体を用いた塩水中での凍結融解試験および JSCE-K572 に基づくコンクリート角柱供試体を用いたスケーリングに対する抵抗性試験により求めた。供試体中の水酸化カルシウム含有率は、アセトン浸漬後に真空乾燥させた小片試験体の示差熱重量分析により求めた。

3. 実験結果及び考察

図 1 は、FA を用いたモルタルの小片凍結融解試験結果である。置換率が 0% の場合、含浸材を塗布することでモルタルの質量損失が抑制されているのに対して、置換率が 30% の場合は、含浸材塗布の有無にかかわらずほぼ同サイクルでモルタル小片が崩壊しており、大きな差は認められない。図 2 は、GGBS を用いたコンクリートのスケーリング試験結果である。この場合においても FA と同様に、置換率が 0% の標準配合では含浸材を塗布することでスケーリングが抑制されているのに対し、GGBS で置換した場合は、含浸材塗布の有無にかかわらずスケーリング量は同程度である。このことから、セメントを混和材料で置換した場合、含浸材のスケーリング抑制効果が小さくなるのが分かる。図 3 に、FA を用いたモルタルの水酸化カルシウム含有率と小片凍結融解試験において質量残存率が 60% を下回った時のサイクル数の関係を示す。水酸化カルシウム含有率が低い場合は、含浸材塗布の有無にかかわらずほぼ同サイクルで質量残存率が 60% に到達している。一方で、水酸化カルシウム含有率が高い場合は、含浸材の塗布により 60% 到達サイクル数が異なり、含浸材塗布により質量損失速度が遅くなっていることがわかる。また、図 4 に GGBS を用いたコンクリートの水酸化カルシウム含有率とスケーリング試験 35 サイクル時の累計スケーリング量の関係を示す。この図からも、水酸化カルシウム含有率が低い場合には、含浸材塗布の有無にかかわらずスケーリング量はほぼ同じであり、水酸化カルシウム含有率が高い場合は、含浸材の塗布によってスケーリングが抑制されていることが確認できる。これらの結果は、モルタルおよびコンクリート中の水酸化カルシウム量はセメント量に依存するため、混和材料をセメントと置換して用いることで供試体中の水酸化カルシウム含有率が低下し、

キーワード けい酸塩系表面含浸材，スケーリング，小片凍結融解試験，混和材料

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境生命科学研究科 綾野・藤井研究室 TEL 086-251-8920

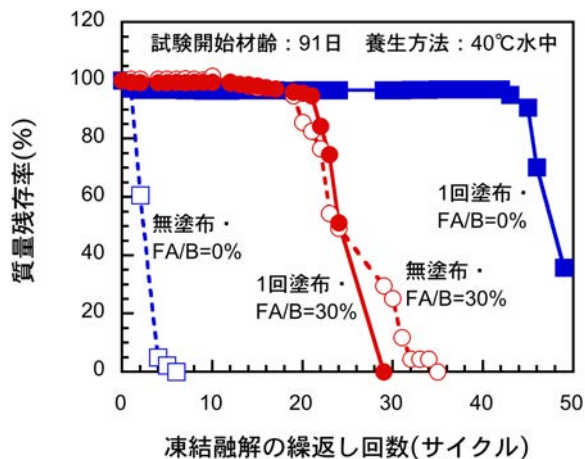


図1 FA が含浸材のスケーリング抑制効果に与える影響

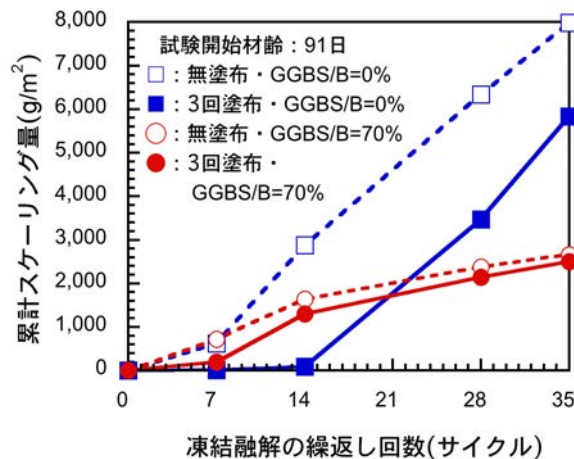


図2 GGBS が含浸材のスケーリング抑制効果に与える影響

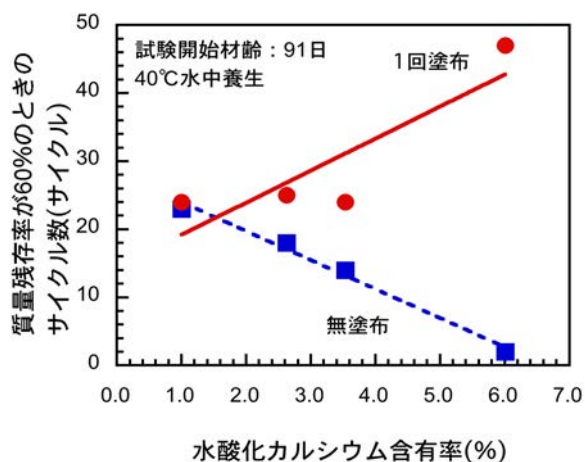


図3 FA を使用したモルタルの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有率と凍結融解抵抗性の関係

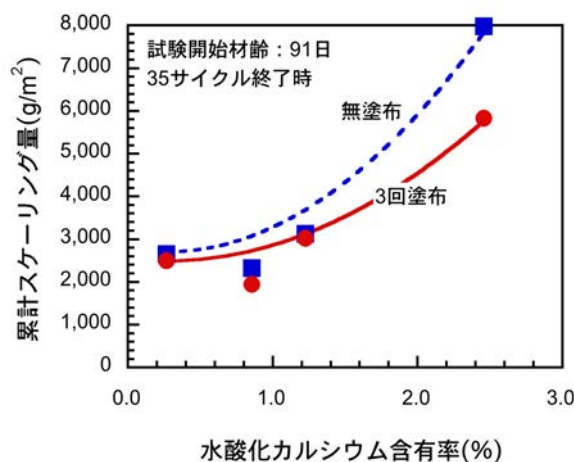


図4 GGBS を使用したコンクリートの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含有率とスケーリング量の関係

含浸材の反応が充分に行われなかったためと考えられる。図5に、中性化を促進させたコンクリートのスケーリング試験21サイクル時の累計スケーリング量を示す。中性化していない場合、含浸材の塗布によりスケーリングが抑制されているが、中性化が15mm進行した場合には、含浸材塗布の有無にかかわらずスケーリング量は同程度であった。これは、コンクリート中の水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに変化し、水酸化カルシウム含有率が低下したためと考えられ、混和材料を用いた場合と同様に、含浸材が充分に反応するための水酸化カルシウム量が不足し、含浸材が反応しなかったためと言える。

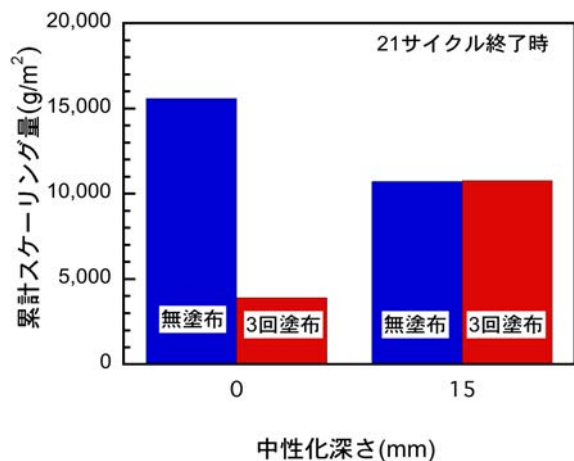


図5 中性化深さとスケーリング量の関係

4. まとめ

けい酸塩系表面含浸材のスケーリング抑制効果は、混和材料の使用や中性化促進によって低下した。これは、混和材料の置換によるセメント量の低減や炭酸化によって母材中の水酸化カルシウム含有率が低下したためと考える。

参考文献

1) 森脇拓也, 大西豊, 藤井隆史, 綾野克紀: けい酸塩系表面含浸材のスケーリング抑制効果に及ぼす施工方法の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.1, 2021