

けい酸塩系表面含浸工法がコンクリートの物質移動特性に及ぼす影響

東京理科大学 学生会員 ○三上宏之
東京理科大学 正会員 三田勝也

東京理科大学大学院 学生会員 染谷望
東京理科大学 正会員 加藤佳孝

1. はじめに

近年、耐久性向上、劣化抑制の観点から数多くの補修材料、工法が提案されている。その中の一つとして、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を改質するけい酸塩系表面含浸工法が注目されている。既往の研究において、けい酸塩系表面含浸工法の中性化に対する抑制効果や吸水抑止効果は、表面含浸材（以下、含浸材）を塗布する際のコンクリートの品質により改善効果が異なることが分かっている¹⁾。このことから、塗布するコンクリートの時期が重要であると考えられるが、適切な塗布時期や含浸材を塗布したことによるコンクリートへの影響については、未解明な点が多い。本研究では、新設構造物を想定して、含浸材塗布による水和反応への影響、塗布時期による効果の違いを実験的に把握することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

使用した2種類の含浸材を表-1に示す。今回の試験では普通コンクリートとフライアッシュを用いたコンクリートを対象に、表-2に示す配合でスランプ8cm、空気量4.5%のコンクリートを作製した。

2.2 試験体作製方法

試験体は15×15×53cmの角柱試験体に、所定の材齢で含浸材を打設側面(2面)に塗布した。塗布後、気中養生を材齢28日目まで行った。吸水率試験では、試験体を15cm間隔で切り出し立方試験体とし、含浸材を塗布した面以外をアルミテープでシールしたものを試験体とした。中性化促進試験に用いた試験体は、吸水試験と同様の方法で15×15×10cmの試験体を作製した。

表-1 使用した表面含浸材

略称	主成分	塗布量(g/m ²)
Na	けい酸ナトリウム	150
Li	けい酸リチウム	120

表-2 示方配合

記号	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
			W	C	F	S	G	AE
N	55	45	175	318		804	1016	C×0.02%
FA	55	46	175	318	107	698	1001	(C+F)×0.05%

2.3 試験方法

2.3.1 吸水率試験

土木学会基準 JSCE-K571-2004「表面含浸材の試験方法(案)」に準拠して試験を行った。試験体上面が水面から20mm以上、試験体の下面が試験容器底面から10mm程度になるようにして、7日間水中に浸漬して試験した。

2.3.2 中性化に対する抵抗性試験

土木学会基準 JSCE-K571-2004「表面含浸材の試験方法(案)」に準拠して試験を行った。試験条件は温度20℃、相対湿度60%、CO₂濃度5%とし、試験期間(7、28日)ごとに試験体を割裂し、割裂面にフェノールフタレイン法を用いて中性化深さを測定した。

2.3.3 結合水量試験

結合水量の測定には、表-2の示方配合と同じ水結合材比のセメントペースト試験体を用いた。材齢3、7、10日に含浸材を塗布し、材齢28日において試験体を粉砕し、試料をアセトンに浸漬させ水和を停止させた。その後、105℃で1日乾燥させ、微粉砕した試料を温度1000℃で恒量になるまで加熱し、デシケータで温度を下げた後に試料の質量(M_i)を計測した。計測結果から、式(1)を用いて結合水量(M_a)を算出した²⁾。

$$M_a = ((M_i - M_0) / M_0) \times 100 \quad (1)$$

M_a: 結合水量(%), M_i-M₀: 質量減少量(g), M₀: 乾燥後質量

3. 試験結果および考察

3.1 吸水率試験結果

含浸材塗布時期を7日、14日に塗布した場合の吸水率比の試験結果を図-1に示す。OPC試験体においては、無塗布試験体と比較して含浸材を塗布した試験体は吸水率比が小さくなった。塗布時期の影響は、いずれの含浸材を塗布した場合にも、材齢14日に塗布した試験体の方が吸水率比が小さくなった。これは材齢7日のコンクリートでは、セメントの水和反応が十分に進行していないために、水和反応過程で生成されるCa(OH)₂の絶対量が少なく、含浸材の反応に必要なCaイオン量がコンクリート内に存

キーワード 含浸材 中性化 結合水量

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL 04-7124-1501

在していなかったことが一因として考えられる¹⁾。
含浸材の種類による効果の違いは、Na を塗布した試験体が Li を塗布した試験体と比較して吸水率比が小さくなった。FA 試験体でも、含浸材を塗布することで吸水率比は小さくなり、塗布時期による差は材齢 7 日に塗布した試験体の方が、吸水率比が小さくなった。これは、材齢 7 日より材齢 14 日の方が FA のポズラン反応が進行し、Ca(OH)₂ が消費されることで、含浸材の反応に必要な Ca イオン量がコンクリート中に少なかったことが一因として考えられる。

3.2 中性化促進試験結果

図-2 に中性化深さ比を示す。OPC 試験体では含浸材を塗布することにより、中性化深さ比が無塗布試験体と比較して小さくなった。また、塗布時期の影響は吸水率とは異なり、材齢 7 日に塗布した試験体の方が中性化深さ比は小さくなった。これは、材齢 14 日に塗布した試験体の方が含浸材とより反応したことで Ca(OH)₂ が材齢 7 日塗布の試験体より多く消費され、コンクリート表層部の Ca(OH)₂ 量が少なくなり、中性化が進行したと考えられる。含浸材の種類による影響は、特に見られなかった。FA 試験体においても、含浸材を塗布することで、中性化深さ比は小さくなった。含浸材の塗布時期の差は見られなかったが、Li を塗布した試験体より Na を塗布した試験体の方が、中性化深さ比が小さくなった。

3.3 結合水量試験結果

図-3 に結合水量の結果を示す。OPC 試験体の塗布時期による影響は、Na の試験体では材齢 10 日が最も結合水量が大きくなった。これは、材齢が経過するほどセメントの水和反応が進行したことにより、コンクリート中の Ca(OH)₂ 量が増加し、含浸材が反応しやすい環境となり、C-S-H ゲルを生成したと考えられる。Na の含浸材の塗布による結合水量への影響は、無塗布と比較して結合水量の増減が見られる。Li の含浸材を塗布した試験体と無塗布試験体の結合水量の差はみられず、塗布による影響は見られなかった。これは Na と Li の固化機構の違いによるものだと考えられる。Na の含浸材は主に反応により C-S-H ゲルを生成し緻密化するのに対し、Li の含浸材は初期段階では C-S-H ゲルを生成するが、主に Li 自体が固化し緻密化していく材料であるため、結合水量への影響が小さかったと思われる。

4. まとめ

本研究で得られた成果は次の通りである。

1) 吸水抑制効果は OPC 試験体では、材齢 14 日で塗

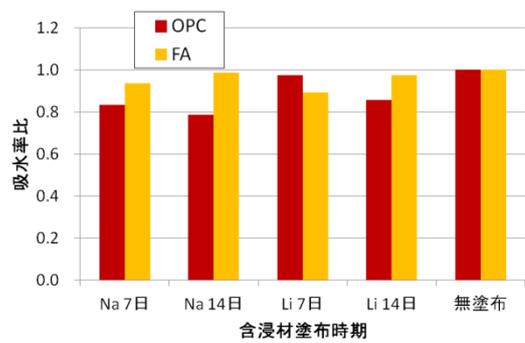


図-1 吸水率比

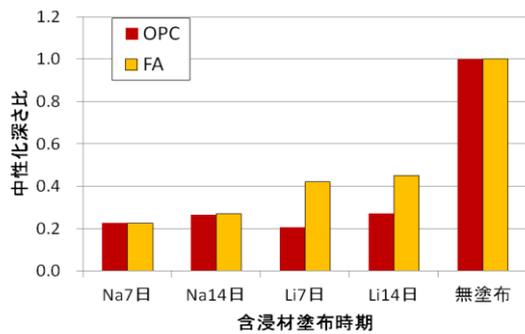


図-2 中性化深さ比

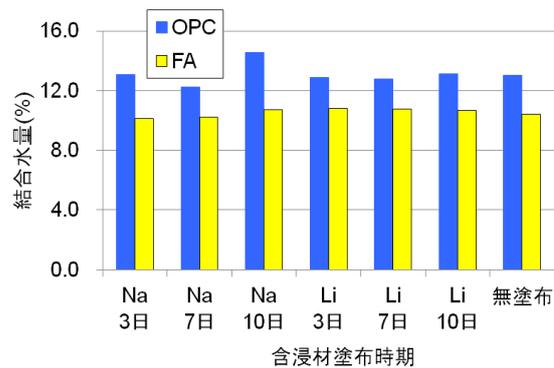


図-3 結合水量

- 布することで効果がみられた。一方、FA 試験体では、材齢 7 日で塗布した場合に効果があった。
- 2) 中性化抵抗性は材齢 7 日で塗布した場合の方が、効果があった。
 - 3) 結合水量は OPC 試験体では、材齢 10 日で塗布したものが大きくなった。Li の含浸材塗布による水和反応への影響は小さい。

参考文献

- 1) 樫原弘貴、武若耕司、山口明伸、白澤直：各種表面含浸材の性能把握と効果の違いに関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.32, No.1, 2010
- 2) 土木学会：表面含浸工法 設計施工指針 (案)、コンクリートライブラリー119, 2005.4