

けい酸塩系表面含浸材と反応促進材の併用による劣化因子の抑制効果に関する研究

福岡大学 学生会員 ○山田浩嗣 福岡大学大学院 正会員 添田政司
 福岡大学 正会員 樋原弘貴 福岡大学 正会員 村上哲
 福岡大学大学院 学生会員 阿部稜

1. はじめに

近年、既設構造物の維持管理や予防保全を目的として、安価で施工が容易である表面含浸工法の利用が増加している。¹⁾この工法で使用される材料の一つとしてけい酸塩系表面含浸材があるが、この材料はCaとの反応を前提としているため、中性化が進行している場合や、高炉セメントを使用したコンクリートに対しては改質効果が得られ難い可能性がある。²⁾そこで、改質効果が得られ難いコンクリートに対して、含浸材を塗布する前に反応促進材を付与し、人工的に空隙内にC-S-H系結晶を生成させる手法の検討が進められているが、その効果については不明な点が多い。³⁾そこで本研究では、けい酸塩系表面含浸材と反応促進材の併用が劣化因子の抑制効果に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用した材料

実験に用いたけい酸塩系表面含浸材は、3種類(略号A, B, C)の製品を用いた。反応促進材は、3種類(略号a, b, c)の製品を用いた。いずれのけい酸塩系表面含浸材もけい酸ナトリウムを主成分とするもので、いずれもpH12以上の高アルカリ材料である。反応促進材aは、Caイオン溶液に亜硝酸リチウム等の酸が添加されたものである。反応促進材bは、生コンプラントから排出される回収水にNaOHや亜硝酸等の添加材や反応遅延剤を加えて4000ppm以上のCaイオン濃度にしたものである。反応促進材cは、bの回収水を飽和水酸化Ca水溶液に置換して作製したものである。また、けい酸塩系表面含浸材と反応促進材の組み合わせに関しては、表-1に示すように通常使用とは異なる組み合わせについても検討を行った。

表-1 各試験における組み合わせ

含浸材	反応促進材		
	A	○	○
B	-	○	-
C	-	-	○

2.2 試験体概要 使用した供試体は、高炉セメントB種(略号BB)を用いた、W/B55%の円柱コンクリートを使用した。反応促進材および表面含浸材の塗布方法は、温度20℃湿度60%の環境下で、反応促進材を試験面に刷毛で0.05g/cm²塗布し、1日間の乾燥を設けた後、表面含浸材を同様の方法で同量塗布した。その後、1日1回の散水処理を3回行った。また、比較用として反応促進材を塗布せず、表面含浸材のみを塗布するものも設けた。

2.3 試験方法

中性化促進試験方法は、CO₂濃度5±0.2%、湿度60±5%、温度20±2℃の環境下で28, 56, 91, 119日間の4期間で中性化促進を行った。万能試験機により供試体を割裂し、フェノールフタレイン溶液の散布により呈色しなかった範囲を中性化域とし、ノギスにて等間隔で5点測定し平均したものを中性化深さとした。

塩水浸漬試験方法は、JSCE-G572に準拠して91日間の塩水浸漬試験を行った。浸漬終了後は、1cmごとにモルタルの粉体を採取して、JIS-A 1154に準拠して電位差滴定装置により、全塩化物イオン量を、また、併せてJCI-SC4に準拠して可溶性塩化物イオン量を深さごとに測定した。

3. 実験結果及び考察

図-1には、BBに併用した場合の中性化促進期間に伴う中性化深さの経時変化の一例を示す。いずれの組み合わせにおいても含浸材のみを塗布した場合の中性化深さは、無塗布の80%程度であった。また、含浸材種類によって大差はなく、既往の知見としてOPCに塗布した場合には、無塗布の20%~50%であることから³⁾、それよりも中性化の抑制が小さい結果となった。BBコンクリートにおいては、含浸材の反応に必要なCa²⁺の絶対量が少ないために、顕著な抑制効果が確認されなかったものと考えられた。一方で、反応促進材を併用した場合には、いずれも含浸材単独よりも中性化深さが小さくなる傾向を示した。種類の違いについてみると、Axaの組み合わせのものが、最も中性化深さが小さく、無塗布の20%程度となっている。その他の組み合わせにおいては、無塗布の50~70%程度となった。反応促進材と併用することで、反応に必要なCa²⁺がコンクリート内に付与されるため、従来の含浸材のみの工法よりも効果が高くなることが確認できた。

図-2には図-1で示した経時変化により算出した各組み合わせにより中性化速度係数を示す。無塗布に比べると、いずれの組み合わせにおいても、幾分か中性化速度係数が低下していることが分かる。含浸材のみを塗布した場合、無塗布の60%~70%の値となり、また、反応促進材を併用した場合には、無塗布の50%~60%となった。反応促進材を併用することで、より劣化の進行を抑えることができると考えられる。ま

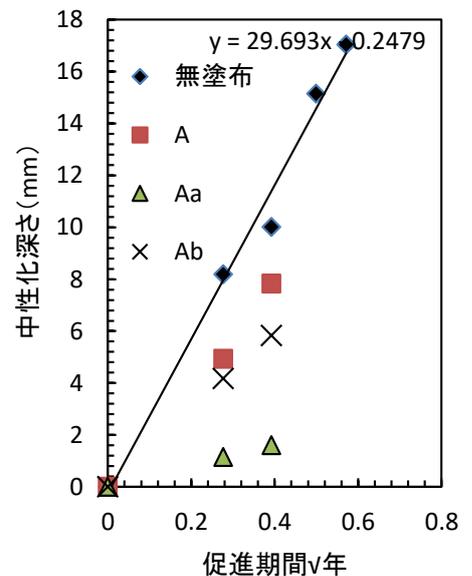


図-1 中性化深さの経時変化

た、Axa や Axb の様に同じ含浸材を使用した場合でも、反応促進材の種類によって中性化に対する抵抗性が異なっているため、コンクリートの品質改善には、反応促進材の性能に大きく依存することが分かった。

図-3には、浸漬91日における全塩化物イオン量分布の一例を示す。この結果、含浸材のみの全塩化物イオン量は、いずれも無塗布よりも表層で大きくなっているが、深部になるに従って低下するという結果が得られた。多少なりともコンクリートの表層が緻密化されたことにより、内部への塩化物イオンの浸透が抑制されたものと考えられる。一方の、反応促進材と併用した場合には、含浸材 A および B との組み合わせのケースでは、含浸材のみよりも僅かではあるが 15mm 以降で、さらに減少していることが確認された。また、Cxc のケースにおいては、それ以上の塩化物イオン浸透抑制を確認することができた。

図-4には、浸漬91日における可溶性塩化物イオン量分布の一例を示す。この結果、含浸材のみを塗布した場合の可溶性塩化物イオン量は、無塗布よりも低くなっている。さらに、反応促進材と併用した場合には、Axa, Bxb の組み合わせで明確に減少する結果を示し、表面含浸材と反応促進材によって生成された結晶に塩化物イオンの固定化能力を有することが分かった。以上のことから、腐食発生には、可溶性塩化物イオンが大きな影響を及ぼすと考えられることから、鉄筋腐食の抑制に対しても期待できると推察された。また、今回は一律量を塗布したが、塗布量が多くなるほどコンクリート内に生成される結晶量も多くなると考えられるため、塗布量に応じて劣化抑制効果も高くなると予想される。今後、含浸材の性能を確実に付与できることや劣化抑制効果の高い新たな工法として期待できる工法と考える。

4. まとめ

本研究は、けい酸塩系表面含浸材と反応促進材による併用工法におけるコンクリートの品質改善効果を把握する目的で実験を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) 反応促進材を併用することによって、コンクリート改質効果が向上することが確認され、中性化の抑制効果はけい酸塩系表面含浸材のみよりも 1.2 倍程度高くなった。
- 2) コンクリートの品質改善には反応促進材の性能に大きく依存することが分かった。
- 3) 塩化物イオンに対する抵抗性は、全塩化物イオンに対しては、明確な抑制効果を確認することができなかったが、併用することで塩化物イオンの固定化量が向上した。
- 4) 併用工法においては、可溶性塩化物イオン量を大幅に抑制することができることが得られた。

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) 坂元貴之，武若耕司，山口明伸，中村慎：塗布時のコンクリート材齢の違いが表面含浸材の塩害抑制効果に及ぼす影響について，土木学会西部支部研究発表会，pp.719-720，2011
- 3) 金堀雄伍，樫原弘貴，添田政司，久保田崇嗣，阿部稜：けい酸塩系表面含浸材に併用する反応促進材の違いがコンクリートの品質改善に与える影響，アップグレード論文報告集，第16巻，pp.529-534，2016.10

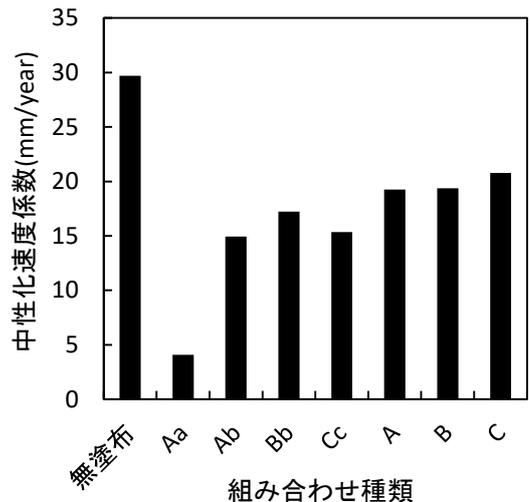


図-2 各組み合わせにおける中性化速度係数

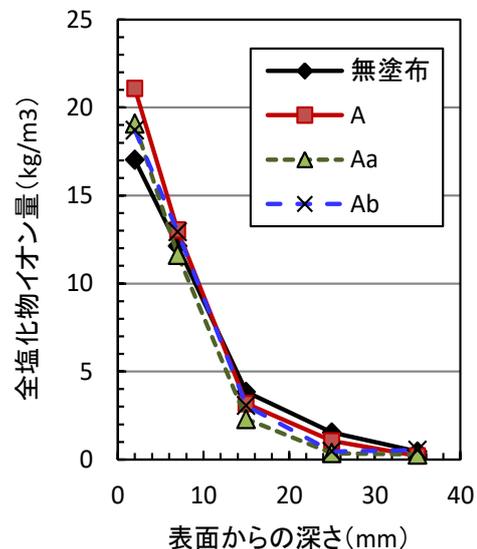


図-3 浸漬91日における全塩化物イオン量

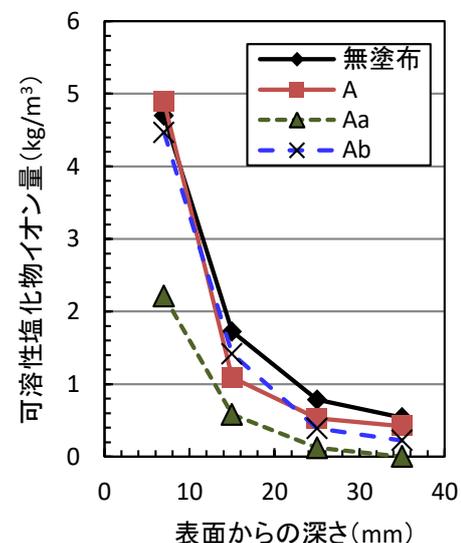


図-4 浸漬91日におけ可溶性塩化物イオン