

イオン交換樹脂を混入したモルタルの塩化物イオン吸着性

埼玉大学 学生会員 ○井上喜仁
 埼玉大学 フェロー会員 睦好宏史
 中日本高速道路株式会社 正会員 真田修

1. はじめに

近年コンクリート構造物の劣化問題や耐久性の低下に関する問題が深刻化してきている。劣化の原因として、塩化物イオンがコンクリート中に浸透して鋼材を腐食することがあげられる。本研究は、劣化の原因となるコンクリート中の塩化物イオンの浸透をイオン交換樹脂を用いて抑制する手法の開発を目的に、モルタル中に混入したイオン交換樹脂の塩化物イオン吸着効果を実験的に明らかにした。

2. イオン交換樹脂の塩化物イオン吸着効果

2.1. 実験概要

モルタル中にイオン交換樹脂を混入させた供試体により塩水浸漬試験を行った。セメントには早強ポルトランドセメント(以下「早強セメント」と)と塩化物イオンの遮蔽性に優れている高炉セメントを使用した。イオン交換樹脂は塩化物イオン交換に適した強塩基性陰イオン交換樹脂 I 形を用いた。イオン交換樹脂の混入量は、 0kg/m^3 、体積率 1%(混入量 11kg/m^3)、同 2%(混入量 21kg/m^3)、同 3%(混入量 32kg/m^3)とし、細骨材と置換して混入した。浸漬試験に用いた供試体は $10\times 8\times 10\text{cm}$ の直方体モルタル供試体で浸漬面として 1 面を残して他の面をエポキシ樹脂塗料で被覆した。これにより、塩化物イオンの浸透面が 1 面のみとなり、塩化物の浸透を表面からの深さによって評価できるようにした。浸漬条件は、1 サイクルを乾燥 6 日間、浸漬 1 日間とする乾湿繰返し試験によるものとし、浸漬期間は 28 日、56 日、84 日とした。浸漬は 20°C の恒温恒湿環境で濃度 10% の NaCl 水溶液に浸漬させた。浸漬期間終了後、供試体を乾燥状態にして、厚さ 10mm のスライス状に切断した後、 $149\mu\text{m}$ 以下の粉末試料へと粉砕し電位差滴定法により全塩化物量及び可溶性塩化物量を測定した。

2.2. 実験結果

図-1、2 は、それぞれ早強セメント及び高炉セメント

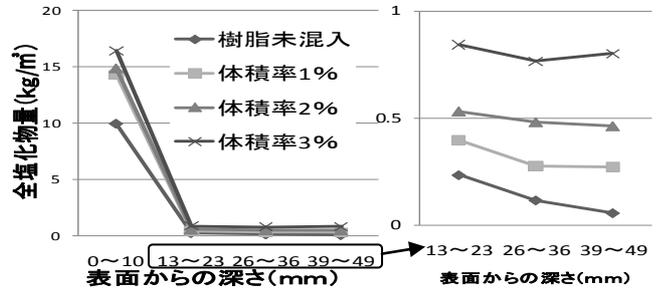


図-1 全塩化物量(早強ポルトランドセメント)

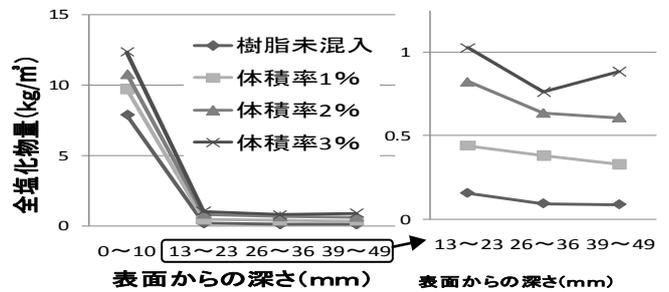


図-2 全塩化物量(高炉セメント)

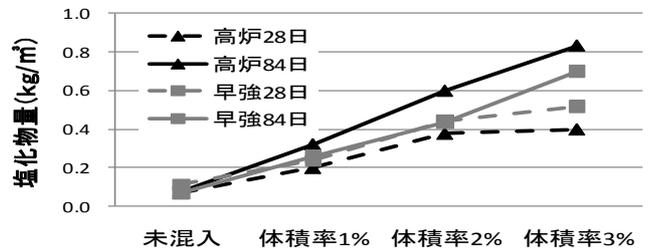


図-3 固定塩化物量

トを用いた場合の供試体表面からの深さと全塩化物量との関係を示したものである。早強セメント(図-1)と高炉セメント(図-2)ともに、樹脂の混入量が増加するに伴い、塩化物量も増加する傾向が確認された。イオン交換樹脂による浸透抑制効果はないと言える。すなわち、イオン交換樹脂がモルタル中の塩化物イオンを吸着することにより樹脂付近で一時的に濃度勾配が生じることで、イオン交換樹脂がモルタル中の塩化物イオンを吸着することによって、外部からの塩化物イオンの浸透を促進したと考えられる。従

キーワード 塩化物イオン 塩害 イオン交換樹脂 全塩化物量 固定塩化物量

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 TEL 048-858-3427

って、樹脂の混入量が増加するほど、塩化物イオンの濃度勾配が大きくなり、外部からの塩化物イオン量も増加すると考えられる。

図-3 は全塩化物量から可溶性塩化物量を引いた固定塩化物量(早強セメントと高炉セメントの浸漬期間 28、84 日)とイオン交換樹脂の混入量との関係を示したものである。全塩化物量の結果と同様に、樹脂の混入量が増加するに伴い塩化物量も増加することが明らかになった。また、図-3 より早強モルタルと高炉モルタルを比較すると、固定塩化物量に関して、浸漬期間が 28 日時点では早強モルタルの方が高炉モルタルよりも固定塩化物量が大きい傾向を示すが、84 日時点になるとその傾向が逆転している。すなわち材齢が長期化するに従い高炉セメントが有する塩化物イオンの固定化が発揮された可能性がある。以上の結果より、樹脂を混入することで塩化物量が増加し、塩化物イオンの浸透抑制の効果は見られなかった。

3. イオン交換樹脂による逆拡散現象に関する検討

3.1. 実験概要

上記の結果よりイオン交換樹脂をモルタル中に混入することにより、塩化物イオンをより浸透させることから塩害を受けた既設 RC 構造物中の塩化物イオンをコンクリート表面方向に移動させることが可能かどうかを検討した。すなわち、塩化物イオンの逆拡散現象に着目した実験を行った。逆拡散現象とは、既設構造物に内在する塩化物イオンが外側に向かって移動する現象であり、この現象に対する樹脂混入モルタルの効果を検証するために図-4 に示す供試体を作製した。塩化物イオンを含んだモルタルに樹脂混入モルタルを打ち継ぎし、塩分含有モルタルから樹脂混入モルタルへの塩化物の移動を検証した。実験要因を表-1 に示す。全塩化物量の測定深さは、図-4 の上面から 0~8、11~19mm(樹脂混入モルタル)、22~30、33~41mm(塩分含有モルタル)となるようにサンプルを採取し、各位置での全塩化物量を測定した。

3.2. 実験結果

図-5 に実験結果を示す。実験結果より、この供試体において樹脂混入モルタル部分(0~19mm)の全塩化物量が増加しており、また樹脂混入モルタルと塩分含有モルタルとの境界部分(11~30mm)に向かって

表-1 逆拡散実験要因

セメント	樹脂の有無	含有塩分量
早強ポルトランドセメント	有	1.2(kg/m ³)
	有	2.5(kg/m ³)
高炉セメント	無	1.2(kg/m ³)
	無	2.5(kg/m ³)

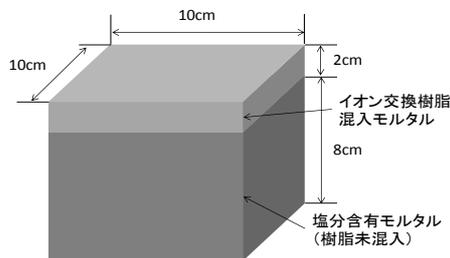


図-4 供試体概要

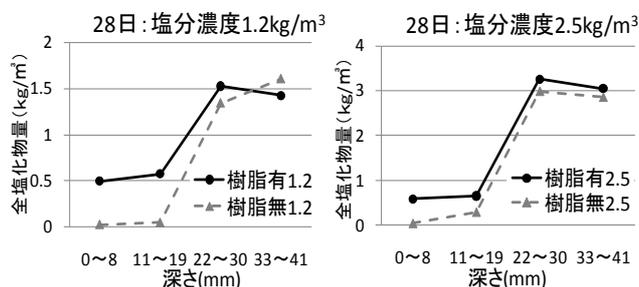


図-5 逆拡散実験による全塩化物量

塩化物イオンの濃度が高くなっていることが確認された。わずかではあるが塩化物の移動傾向が確認され、逆拡散現象が生じていることが判明した。

4. まとめ

- 1) イオン交換樹脂をモルタル中に混入させた場合、樹脂の混入量が増加するに伴い塩化物量も増加する傾向が確認された。これは、イオン交換樹脂が混入させることにより濃度勾配が発生し、外部からより多くの塩化物イオンが供試体内部に拡散し塩化物イオン濃度が増加するものと推察される。
- 2) 塩分含有モルタルに樹脂混入モルタルを打ち継ぎした供試体による逆拡散現象の実験結果では、わずかながら塩化物イオンの樹脂混入モルタル方向への移動が確認された。本実験結果は浸漬期間 28 日時点のみである、今後引き続き検討していく必要がある。

謝辞

本研究は科学研究費補助金(萌芽研究)により行われたものである。埼玉大学角田敦氏、埼玉大学大学院生敷地俊洋氏、(株)デイ・シイ上平謙二氏、二戸信和氏、オルガノ(株)山中弘次氏、中橋知美氏に多大なご協力を頂いた。ここに謝意を表します。