

暴露供試体におけるコンクリート表面含浸材の塩化物イオン浸透抑制効果

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 ○浅井 貴幸
(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 野島 昭二

1. はじめに

コンクリート表面含浸材（以下、含浸材という。）は、コンクリート構造物の各種劣化（中性化、塩害、凍害、アルカリシリカ反応等）による劣化速度を抑制する効果が期待され、施工性や経済性にも優れていることから、近年、その使用実績が多くなっている¹⁾。しかし、含浸材の耐久性に関してはあまり明確でなく、経年劣化による含浸材の性能低下の程度については、現状では明確になっていない。本報では、実環境下における含浸材の性能持続性を把握するために行っている暴露試験について、塗布後3年目の調査を実施し、含浸材の塩化物イオン浸透抑制効果について検証した。

2. 実験概要

暴露場所は、東京湾アクアライン海ほたるPAの岸壁上とし、平成19年より暴露試験を開始している。波が高いときには海水が供試体に直接降りかかる塩化物イオンの浸入に対し厳しい環境下にある。また屋根の無い南面にあり、直斜日光がよく当たる環境である。写真-1に暴露状況を示す。

実験に使用する供試体は、表-1に示すシラン系含浸材4種とケイ酸塩系含浸材1種、および比較として無塗布の供試体とした。供試体の寸法は100×100×100mmとし、JSCE-K571¹⁾に従いW/C50%の1:3モルタル基盤で作製した。また、同基準に従い養生を行った後、表-1の含浸材を塗布した。

性能試験の項目は、土木学会指針（JSCE-K571）¹⁾に準拠し、外観観察、含浸深さ、EPMA分析（塩化物イオン浸透抑制効果）を行うことで、含浸材の遮塩性に関する性能低下について検証した。なお、含浸深さ以外は、暴露1年目との比較を実施している。

3. 実験結果

i) 外観観察と含浸深さ

含浸材塗布面に水を噴霧し表面の状態を観察した結果と、暴露3年目の含浸深さを表-2に示す。外観観察では、いずれの供試体も濡れ色を示し、水滴をはじくことは無かった。暴露1年目には表面で若干水をはじいていたシラン系含浸材S-2とS-3も、暴露3年目では表面の撥水性を確認できなかった。

含浸深さについては、含浸材の種類により結果が大きく異なるが、暴露3年目においても含浸層は存在し、コンクリート表面からの含浸層の消失は確認されなかった。

ii) EPMA分析

暴露3年目の供試体における塩化物イオンの浸透性を確認したEPMA画像を図-1に示す。また、図-2はEPMA画像より得られた検量線用基準試料内の特性X線値の平均値と、塩



写-1 暴露状況（海ほたるPA）

表-1 試験に使用した含浸材の種類

区分	記号	主成分 (製品資料より引用)	標準 塗布量
シラン系	S-1	シラン・シロキサン	0.20kg/m ²
	S-2	アルキルアルコキシシラン	0.40kg/m ²
	S-3	特殊シラン系化合物	0.225kg/m ²
	S-4	シラン・シロキサン	0.20kg/m ²
ケイ酸塩系	K-1	ポルトランドセメント・ 触媒化合物・シリカサンド	1.20kg/m ²

表-2 水噴霧後の外観観察と含浸深さ

記号	外観観察 暴露1年目	外観観察 暴露3年目	含浸深さ(上面) 暴露3年目
S-1	濡れる	濡れる	1.8mm
S-2	若干はじく	濡れる	7.0mm
S-3	若干はじく	濡れる	1.5mm
S-4	濡れる	濡れる	2.6mm
K-1	濡れる	濡れる	---

化物イオン濃度から換算式を作成し、各供試体の表面から 0.1mm 間隔で塩化物イオンの濃度分布を求めたものである²⁾。

暴露供試体が設置されて1年後のEPMA分析では、シラン系含浸材のS-1～S-4には塩分の浸透が認められず、含浸材の遮塩性能は維持されていることが確認されている。またK-1および無塗布には15mm程度の浸透が認められていた。暴露3年が経過した今回のEPMA画像では、シラン系含浸材にも塩化物イオンの浸透が認められ、K-1で約20mm、無塗布で25mm程度の浸透が認められた。しかし、シラン系含浸材においては、塩化物イオンの浸透が全ての供試体で0.1～0.2mm程度であり、含浸領域内に留まっている状態であった。図-2の塩化物イオン濃度分布からも、シラン系含浸材では極表層部の塩化物イオン濃度が大きく上昇しているが、内部への拡散は確認されていない。従って、暴露3年目の時点においては、無塗布と比較して含浸材は遮塩性を持続していると考えられる。

暴露供試体の塩化物イオン含有量について、暴露1年目と3年目との比較を図-3に示す。暴露1年目の塩化物含有量の分析は、サンプル試料を粉碎し、超音波で塩化物を溶解させた後、可溶性塩化物量を日本コンクリート工学協会の「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に準じて塩化物溶液をろ過し、塩化物含有量を液体クロマトグラフィーで測定した。

図-3より暴露1年目と3年目を比較すると、無塗布の供試体では塩化物イオンの増加量が大きい。シラン系含浸材においては増加の傾向が緩やかであるため、塩化物イオンの内部への浸透を浸透層が抑制していることが確認できる。なお、ケイ酸塩系含浸材では、暴露1年目と3年目とにおいて大きな変化はないが、無塗布との比較より約4割程度の塩化物イオン量の低減が確認できた。

4. まとめ

暴露3年目時点におけるシラン系含浸材の遮塩性は良好であり、塩化物イオン浸透抑制効果が維持されている状態であった。今後の6年目、10年目の暴露供試体を調査することで、含浸材の経年劣化による性能低下を評価し、含浸材の耐久性、及び塗替え更新時期等の維持管理手法について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会：表面保護工法 設計施工指針（案），2005.4
- 2) 浅井貴幸，竈本武弘，落合輝雄，池富修：EPMA を用いたコンクリート表面含浸材の塩化物イオン拡散予測，土木学会第 66 回年次学術講演会，pp. 21-22，2011.9

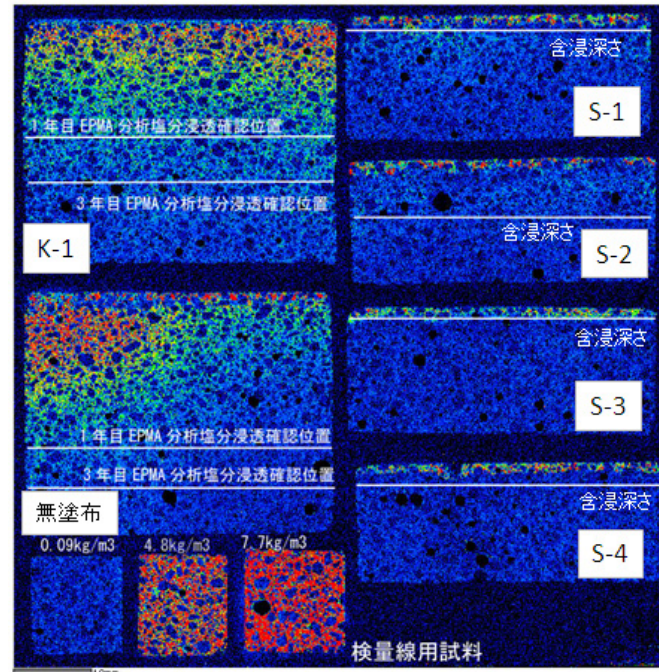


図-1 EPMA 画像（暴露3年目）

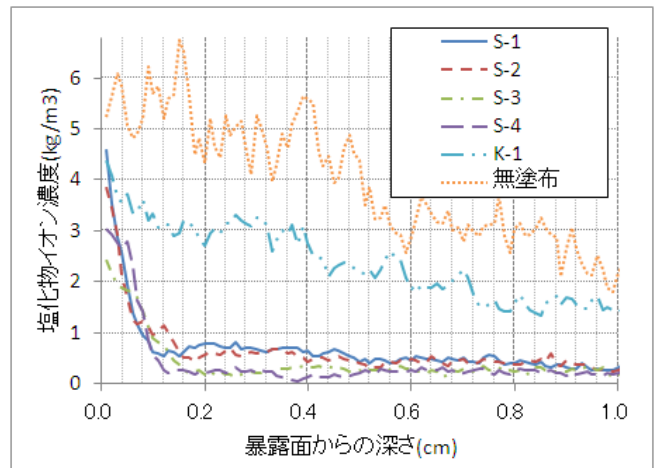


図-2 塩化物イオン濃度分布（暴露3年目）

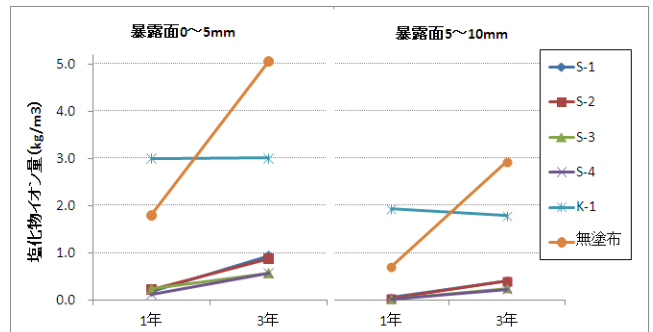


図-3 暴露1年目と3年目の塩化物イオン量の変化