塩化物イオンを含むコンクリートへシラン系表面含浸材を塗布した後の塩化物イオン濃度勾配の変化

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 正会員 〇遠藤 裕丈 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 安中新太郎

1. はじめに

シラン系表面含浸材は、コンクリート表層に吸水抑制機能を付与し、コンクリート内部への水や塩化物イオンの侵入 を抑える浸透性の保護材である.同じ表面保護工法である表面被覆材や断面修復材に比べると短期間で施工ができ、簡 便で安価であることや、コンクリート表面の外観を大きく変えないため、施工後も目視による日常点検が可能である等 の特徴を有している.近年、コンクリート構造物の維持管理において、予防保全の重要性が広く認識されていることも あって、シラン系表面含浸材の適用事例が増えている.さらに、新設や打換えコンクリートに加えて、変状が軽微な既 設コンクリートにおいても、性能低下を抑えることを期待して適用されるケースもある.

一方,塩化物イオンの供給を受けた既設コンクリートへ表面被覆材や断面修復材を適用すると,塩化物イオンの侵入は抑えられるものの,図-1の概念のように,先に浸透した塩化物イオンが濃度の低い内部へ再拡散する事例が報告されている^{1),2)}.塩化物イオン濃度勾配が形成されているコンクリートへシラン系表面含浸材を塗布した場合,コンクリートはその後も塩化物イオンの供給や乾湿の繰り返しを受けるが,これらの作用が塗布後の塩化物イオン濃度勾配の変化に及ぼす影響について検討された事例は少ない.

そこで、塩化物イオン濃度勾配が形成されているコンク リートへシラン系表面含浸材を塗布し、その後に作用する 塩化物イオンの供給や乾湿繰り返しが塩化物イオン濃度勾 配の変化に及ぼす影響について実験的に調べた.

2. 実験概要

表-1 に供試体作製に使用するコンクリートの配合を示 す.水セメント比は55%とし、セメントは普通ポルトラン ドセメント、細骨材は苫小牧市錦岡産の海砂(表乾密度 2.65g/cm³,吸水率1.41%,除塩処理済),粗骨材は小樽市見 晴産の砕石(表乾密度2.68g/cm³,吸水率1.76%,最大寸法 20mm)を使用した.スランプはAE減水剤(リグニンスル ホン酸化合物とポリオールの複合体),空気量はAE助剤

(変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤)で調整した. 供試体は 100mm×100mm×100mm とした. 打設後は湿潤 養生を7日間行い,その後は材齢28日まで温度20℃,湿 度60%の恒温恒湿室に静置した.

表-2 は実験で使用するシラン系表面含浸材を示している.ここでは、北海道開発局道路設計要領の基準 ³を満たすA, Mの2種類を使用することとした.

図-2に実験工程を示す.実験は材齢28日から開始した. はじめに、塩水浸漬と乾燥の繰り返しを受ける乾湿環境 下でのシラン系表面含浸材の遮塩性能を把握した(実験記



図-1 表面保護工適用後の塩化物イオン再拡散の概念

表-1 コンクリートの配合

水セメ	使用セ	単位量(kg/m³)				
ント比 (%)	メント の種類	水	セメ ント	細骨材	粗骨材	
55	普通	155	282	848	1046	

スランプの実測値: 12.7cm, 空気量の実測値: 5.4%

表-2 シラン系表面含浸材

名称	成分	外観	有効 成分量(%)	塗布量 (kg/m ³)			
А	シラン・シロキサン	ジェル状	90以上	0.35			
М	アルコキシシラン	液状	90以上	0.28			

いずれも無溶剤系

実験	実験工程					
記号	•					
Ν	-	乾湿8サイクル	測定			
Α	A塗布	乾湿8サイクル	測定			
М	M 塗布	乾湿8サイクル	測定			
N-N	—	乾湿8サイクル	—	乾湿8サイクル	測定	
N-A	—	乾湿8サイクル	A塗布	乾湿8サイクル	測定	
N-M	_	乾湿8サイクル	M 塗布	乾湿8サイクル	測定	

乾湿:常温下での塩水浸漬4日,40℃乾燥3日の7日を1サイクル 測定:深さ0~100mmにおける塩化物イオン量濃度勾配を,JISA 1154に準じて測定

図-2 実験工程

キーワード コンクリート,シラン系表面含浸材,塩化物イオン,乾湿繰り返し 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 TEL 011-841-1719 FAX 011-837-8165

実験記号

号:N,A,M). 乾湿を与える面は打設面とし,打設面以外の5 面は保護のためにエポキシ樹脂でコーティングした. 打設面にシ ラン系表面含浸材を塗布し,常温下で濃度3%の塩水に4日間浸 漬し,次いで40℃の環境で3日間乾燥させる7日1サイクルの乾 湿繰り返しを8サイクル与えた.

次に、シラン系表面含浸材を塗布せずに乾湿繰り返しを8サイ クル与えて塩化物イオン濃度勾配を形成させた実験記号Nの供試 体にシラン系表面含浸材を塗布し、再び乾湿繰り返しを8サイク ル与え、塩化物イオン濃度勾配の変化を調べた(実験記号:N-N, N-A, N-M).

塩化物イオン量は、コンクリートカッターで深さ 0~15,20~35,40~55,60~75,80~95mm(以降,中間値をとって,それ ぞれ 7.5,27.5,47.5,67.5,87.5mmと記す)から試料を切り出し、JISA 1154 に準じて測定した.

表-3 は供試体を割裂し、水を噴霧した際の撥水状況をもとにシ ラン系表面含浸材の含浸深さを調べた結果である.シラン系表面 含浸材は主に深さ0~10mmに含浸していた.

3. 実験結果·考察

図-3は、シラン系表面含浸材の遮塩性能を把握するために行った実験記号 N, A, M の乾湿 8 サイクル目の塩化物イオン濃度分布の測定結果である. 無塗布の N は深さ 7.5mm に 7kg/m³の塩化物イオン量が蓄積し、深さ 80mm の範囲にかけて濃度勾配が形成されていた. 一方, A, M を塗布した供試体は塩化物イオンがほとんど侵入していなかった. 一般にシラン系表面含浸材の遮塩性能は塩水浸漬試験のみで評価される 4が、塩水浸漬と 40℃の乾燥の繰り返しを受ける環境でも遮塩性能を発揮することを確認した.

図-4 は、乾湿繰り返しを8サイクル与えて塩化物イオン濃度勾 配を形成させた実験記号Nの供試体にシラン系表面含浸材を塗布 し、再び乾湿繰り返しを8サイクル与えたときの塩化物イオン濃 度勾配を示している.実験記号N-Nをみると、塩化物イオン量は



表-3 シラン系表面含浸材の含浸深さ

A

Μ

N-A

N-M

図-3 乾湿8サイクル目の塩化物イオン濃度勾配



図-4 乾湿 16 サイクル目の塩化物イオン濃度勾配 (乾湿を 8 サイクル与えた N(図-3)に塗布して 再び乾湿を 8 サイクル与えたときの状況)

深さ 7.5mm より深さ 47.5mm の方が多く、N に比べると深さ 7.5mm は 2kg/m³の増加に対し、深さ 47.5mm は 6kg/m³増 加していた.これは、深さ 0~50mm では濃度拡散に加えて、乾燥工程から塩水浸漬工程に転じた際、塩水が供給され る打設面から乾燥した内部組織へ向けて大きな吸水作用 ⁵が発生したことで、多くの塩水が内部へ移動する現象が生じ たためと考えられる.これに対して、シラン系表面含浸材を塗布した実験記号 N-A、N-M の濃度勾配は、再び乾湿繰り 返しを与える前の N の濃度勾配とほぼ同程度であった.表面被覆材や断面修復材を施工した既設コンクリートで経年後 に見受けられる内部への塩化物イオンの再拡散の要因の一つに、乾湿時に発生する内部に閉じ込められた滞留水分の移 動 ²があげられるが、シラン系表面含浸材は水蒸気透過性を有している ³ことから、塗布後の乾燥工程で蒸発した内部 の水分の多くが外部へ移動したため、再拡散が殆ど進行しなかったと考えられる.

塩化物イオン濃度勾配が形成されているコンクリートへシラン系表面含浸材を塗布し、再び、乾湿繰り返しを与えた ところ、本実験の範囲では再拡散は確認されず、塩化物イオン濃度勾配の変化に与える影響は小さいとの知見を得た. 【参考文献】

- 1) 土木学会:表面保護工法設計施工指針(案),コンクリートライブラリー119, pp.119-122, 2005.4
- 2) 守分敦郎,長滝重義,大即信明,三浦成夫:既設コンクリート構造物の塩化物イオンの拡散過程より評価される表面処理工法の適用性, 土木学会論文集 No.520, V-28, pp.111-122, 1995.8,
- 3) 国土交通省北海道開発局:北海道開発局道路設計要領,第3集橋梁,第2編コンクリート,参考資料B「道路橋での表面含浸材の適用 にあたっての留意事項」,2019.4
- 4) JSCE K 571 「表面含浸材の試験方法(案)」
- 5) 小池賢太郎:コンクリート中の水分移動が塩化物イオンの浸透に及ぼす影響に関する基礎的研究, 鹿児島大学博士学位論文, 2016.3