

シラン系表面含浸材の促進耐候性と塩分浸透抵抗性に関する実験的考察

大成建設（株） 技術センター フェロー ○新藤 竹文 正会員 張 文博 正会員 堀口 賢一
成和リニューアルワークス（株） 正会員 菅野 道昭 池山 正一

1. はじめに

シラン系表面含浸材は、その施工の容易さもあり、コンクリートの表面保護工の一つとして広く使用されるようになった。シラン系表面含浸材による表層改善効果は、コンクリート表層部に吸水抑制層を形成することで水の浸透に伴う塩化物イオン等の劣化因子の侵入を抑制することによる。ここで、著者らは、同種の主成分にフッ素系樹脂を混合することで撥水性をより高めた新しいシラン系表面含浸材を開発¹⁾した。

本稿では、著者らの開発したシラン系表面含浸材によるコンクリート表層品質の改善効果について、特に紫外線劣化に着目した耐候性と塩分浸透抵抗性の検証を目的として実施した促進耐候性試験と塩分浸透試験について報告する。

2. 試験概要

(1) 検討ケース

促進試験に使用した塗布含浸材は、比較的広く使用されているアルキルアルコキシシランを主成分とした市販品（以下、A材と称する）、および、同種の主成分とフッ素系樹脂を混合することで撥水性をより高めた著者らの開発品（以下、B材と称する）の2種類とした。両方ともにJSCE-K 571-2013に準拠して計測した含浸深さは5～7mmであり、ほぼ同等の含浸性を有する。

検討ケースは、これら2種類を塗布した試験体と無塗布（以下、未処理と称する）の3ケースとした。

(2) 試験体

母材（被塗布材）は、水セメント比50%、砂セメント比3のモルタルとした。

促進耐候性試験に供した試験体は、 $400 \times 100 \times 100\text{mm}$ の母材から図-1に示すように $150 \times 70 \times 10\text{mm}$ を切り出した試験片とした。また、塗布面は $150 \times 70\text{mm}$ の片面とし、残りの面は全てエポキシ樹脂でシールした。塩分浸透試験には、JSCE-G 572-2018に準じて製作した $\Phi 100 \times 200\text{mm}$ の母材を $\Phi 100 \times 150\text{mm}$ に成形した試験体を使用した。また、図-1に示すように片面を塗布面とし、残りは上記と同様にシールした。

塗布作業などはJSCE-K 571-2013に準拠して行ない、いずれの試験体も塗布量 200g/m^2 を一定として、手作業にて刷毛塗りした後、試験開始まで 23°C -53%RHの恒温恒湿室にて14日間養生した。

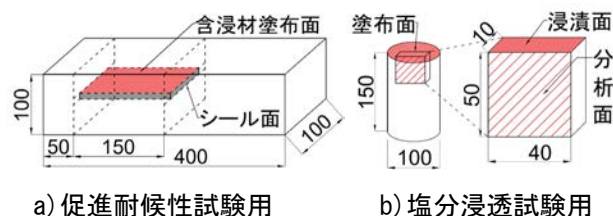


図-1 試験体の概要

(3) 試験方法

促進耐候性試験はJIS K 5600-7-7:2008（第7部、第7節）を準用し、照射照度 $300 \sim 400\text{nm} \cdot 60\text{W/m}^2$ 、温度 $38 \pm 3^\circ\text{C}$ （JIS K 5600-7-7）、相対湿度 $50 \pm 5\%\text{RH}$ （JIS A 1415）の条件にて、キセノンランプ式耐候性試験機により行った。促進サイクルは、濡れ時間18分～乾燥時間102分を1サイクルとし、250サイクル（500時間）経過ごとに、試験片を取り出し、 23°C -50%RHにて24時間静置した後、塗布面の劣化や変状状態を評価した。

経時変状の評価については、水接触角（表面撥水性）と24時間吸水率を指標とし、供試体の表面劣化を検討するため始終同一供試体を計測対象とした。水接触角の測定はJIS R 3257:1999を準用し、各塗布面について間隔5mmで計15点を計測した。ここで、水の液滴は $2\mu\text{L}$ とした。吸水試験は、JSCE-K 571-2013を準用し、塗布面から水面までの水深20mm以上を保ちながら、水中（温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ）に24時間浸漬した後、浸漬前後の質量差から吸水率を求めた。

塩分浸透試験は、濃度10%の塩水中（温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ）に1年間浸漬した後、試験体の中央部から切り出した $40 \times 10 \times 50\text{mm}$ の面でのEPMA分析に基づき、浸透深さ0.1mm毎のCl濃度のプロファイルを作成した。

3. 試験結果

(1) 促進耐候性試験

① 撥水性能

塗布含浸面における水接触角（平均値）の経時変化を

キーワード シラン系表面含浸材、撥水性、吸水抑制性、塩分浸透、紫外線抵抗性、予防保全

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター 社会基盤技術研究部 TEL 070-2653-0126

図-2に示す。一般的に水接触角が 90° 以上の場合に良好な撥水性を有すると言えるが、図を見ると、当然のことながら含浸材を塗布することにより高い撥水効果が得られるとともに、B材の場合は2000時間を超えてもその撥水性を保持しているのが分かる。ここで、促進耐候性試験では、試験サイクル500時間は実環境（東京）で概ね0.6年暴露に相当することから、B材の場合は少なくとも2.5～3年間は、その良好な撥水性を保持できるものと推察される。

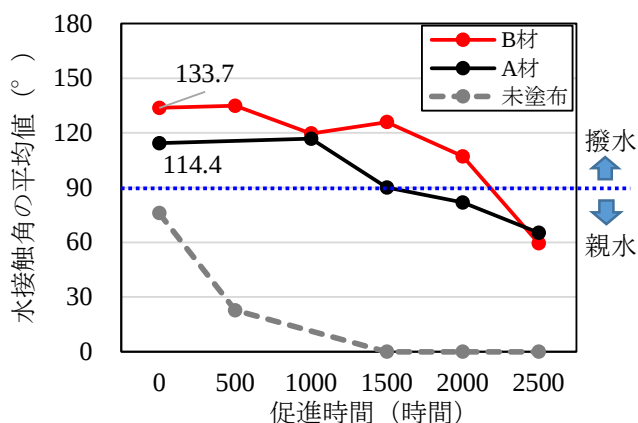


図-2 水接触角の経時変化

② 吸水性

紫外線劣化と乾湿サイクルの複合作用を受けた場合の吸水率の経時変化を図-3に示す。A材とB材を塗布したモルタルの吸水率は、いずれも促進期間5000時間を経過しても初期の1%以下の性能を維持しており、撥水性が低下しても、長期にわたり遮水性は長期にわたり期待できることが分かった。

なお、未処理の場合は、促進500時間の吸水率7%をピークに以降は2～3%で収束しているが、これは吸水率が減少したのではなく、500時間でほぼ飽水状態になったことによる。換言すれば、吸水率7%程度の母材においても、塗布含浸材を塗布することで、長期にわたり1%以下に抑制できる遮水性能を付与できることが示されたものと言える。

(2) 塩分浸透抵抗性

塩水中浸漬1年間（52週）における、EPMA分析に基づき作成した塩化物イオン濃度の深さ方向のプロファイルを図-4に示す。

図-4を見ると、未処理の場合、浸漬面至近の塩化物イオン濃度は1.3%であり、深さ40mm程度まで到達しているのが分かる。これに対して、B材を塗布した場合は、ごく表層部に0.3%程度の塩化物イオンが

認められるが、それより深部には殆ど塩分の浸透は認められず、塗布含浸材により高い塩分浸透抵抗性が長期にわたり付与できることが明らかとなった。

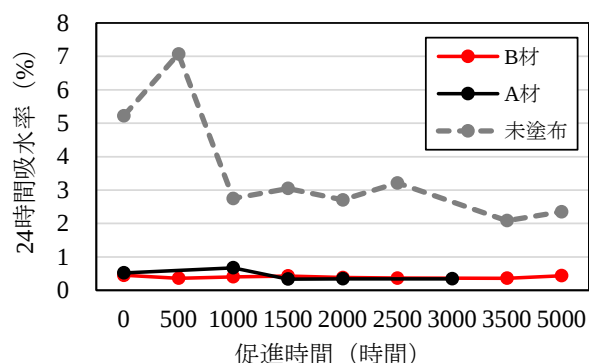


図-3 紫外線劣化に伴う吸水率の経時変化

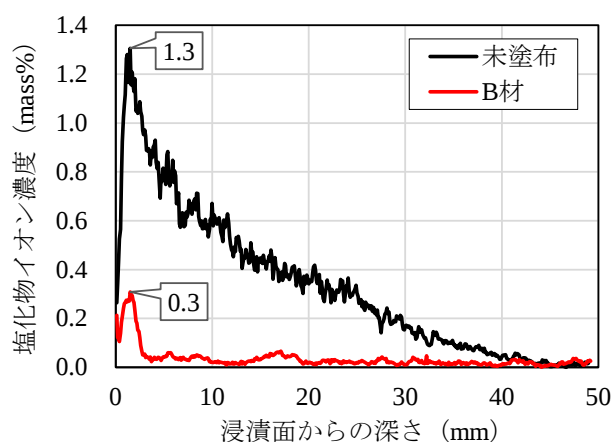


図-4 塩化物イオン濃度のプロファイル

4. おわりに

本研究によって得られた知見を以下に示す。

- (1) 紫外線と乾湿繰返しの複合作用を受ける促進耐候性試験において、著者らの開発したシラン系表面含浸材は良好な撥水性能を有し、その性能を長期にわたり保持することが明らかとなった。
- (2) 塗布含浸材の撥水性が低下した場合にも、吸水抑制効果は長期間にわたり持続することが確認された。
- (3) 塩水中浸漬1年間において、著者らの開発したシラン系表面含浸材は高い塩分浸透抵抗性を長期にわたり付与できることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 張 文博, 新藤竹文, 他: シラン系表面含浸材の含浸深さと撥水性に関する実験的検討, 土木学会全国大会第76回年次学術講演会, V-382, 2021
- 2) 古谷英彦, 他: シラン系表面含浸材の紫外線劣化の吸水試験による評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1945-1950, 2009