

シラン系表面含浸材の中性化および塩化物イオン浸透に対する抵抗性に関する研究

清水建設技術研究所

正会員 ○田中博一

清水建設技術研究所

正会員 滝本和志

清水建設技術研究所

フェロー 栗田守朗

1. はじめに

表面保護工法の一つである表面含浸工法に用いられるシラン系表面含浸材は、コンクリート表層部に含浸することにより撥水性を付与して吸水防止層を形成し、外部からの水分や塩化物イオンの浸入を抑制する。従来のシラン系表面含浸材の主成分濃度は20%~40%程度のものが主流であったが、最近、主成分濃度が80%を越えるものが市販されており、その改質効果の改善が期待されている¹⁾。本研究では、主成分濃度が80%以上の4種類のシラン系表面含浸材を用いた場合のコンクリートの耐久性向上に関する基礎的な検討を実施した。

2. 試験概要

2.1 表面含浸材の種類

表-1 にシラン系表面含浸材の種類を示す。市販品のうち主成分濃度が80%以上の高濃度のものとした。

2.2 コンクリートの使用材料および配合

セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ）、細骨材は山砂（表乾密度 2.62g/cm^3 ）、粗骨材は硬質砂岩碎石（表乾密度 2.66g/cm^3 ）を使用した。表-2 にコンクリートの配合を示す。

2.3 試験体の作製方法

試験体は、打設後1日で脱型し材齢4週まで恒温恒湿室内（温度 20°C 、湿度60%）で封かん養生した。その後4週間気中乾燥させて含水状態を調整した。含水状態調整後、塗布面（試験体側面）を上に向け、刷毛により表-1 に示す各含浸材を所定量塗布した。塗布時の表面水分率（高周波容量式水分計）は5%程度であった。塗布後は、恒温恒湿室内で2週間気中養生して各種試験を実施した。

2.4 試験項目

(1) 含浸深さ試験 試験体形状は $100\times 100\times 100\text{mm}$ とした。表面改質材の試験方法（案）（JSCE-K 571）の含浸深さ試験に準じ含浸面を2分割するように割裂し、1分間水に浸漬した。水中浸漬後に割裂面の撥

表-1 シラン系表面含浸材の種類

種類	主成分	主成分濃度	塗布量 (g/m^2)	外観
含浸材 A	アルキルトリアルコキシシランおよび反応性ポリシロキサン	80%	200 (1回塗布)	クリーム状
含浸材 B	アルキルアルコキシシランおよびシロキサン	90%以上	400 (2回塗布)	ジェル状
含浸材 C	アルキルトリアルコキシシラン	98%以上	250 (2回塗布)	液状
含浸材 D	アルキルトリアルコキシシラン	95%以上	500 (3回塗布)	液状

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	ス ラ ン プ (cm)	空 気 量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				
				W	C	S	G	AE 減水 剤
53	15	4.5	45.0	160	302	825	1027	0.755

水している部分の厚さをノギスにより測定した。

(2) 促進中性化試験 試験体形状は $100\times 100\times 400\text{mm}$ とした。含浸材を塗布した $100\times 400\text{mm}$ の2側面以外をシールし、JIS A 1153 に準じて、温度 20°C 、相対湿度60%、二酸化炭素濃度5%の条件下で促進中性化した。所定の促進期間後に、JIS A 1152 に準じて試験体の割裂面にフェノールフタレインを噴霧して着色しない領域をノギスにより測定した。

(3) 塩化物イオン浸透性試験 試験体形状は $100\times 100\times 100\text{mm}$ とした。JSCE-K 571 の塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験に準じて、含浸材を塗布した $100\times 100\text{mm}$ の2側面を除いた4面をシールした試験体を3%塩化ナトリウム水溶液に試験体の含浸面が側面になるように浸漬した。63日間浸漬後にEPMAにより塩化物イオンの浸透深さを測定した。

(4) 電気泳動試験 試験体形状は $\Phi 100\times 50\text{mm}$ とした。JSCE-G 571 に準じて陽極側の試験溶液はNaOH溶液（ 0.3mol/L ）、陰極側はNaCl溶液（ 0.5mol/L ）を

キーワード シラン系、表面含浸材、含浸深さ、中性化、塩化物イオン

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL 03-3820-6970

用いた。含浸材塗布面を陰極側に設置し、電極間に15Vの直流定電圧を印加し、陽極側の塩化物イオンの増加割合が一定となるまで実施した。

3. 結果および考察

3.1 含浸深さ

図-1に塗布後2週間養生した後に測定した試験開始前および促進中性化182日後の含浸深さを示す。含浸材Aの含浸深さは2~5mmであったが、含浸材B、CおよびDの含浸深さは7~11mmで比較的大きくなった。また、いずれにおいても、促進中性化後の方が試験開始前より若干小さくなった。

3.2 促進中性化

図-2に促進期間182日までの中性化深さを示す。促進期間28日では差が認められなかったが、促進期間182日では含浸材の中性化深さは、無塗布より若干小さくなり中性化抑制効果が認められた。

3.3 塩化物イオン浸透性

図-3に63日間浸漬した後の塩化物イオン浸透深さを示す。含浸材を塗布した場合の塩化物イオン浸透深さは、無塗布より90%程度小さくなり、高い塩化物イオン浸透抑制効果が認められた。

3.4 電気泳動試験による実効拡散係数

図-4に塩化物イオン濃度の増加割合が一定となった定常時から算出した実効拡散係数を示す。含浸材Bは無塗布より小さくなったが、その他の含浸材は既往の報告²⁾と同様に無塗布とほぼ同等となり、図-3に示す塩化物イオンの浸透深さとは異なる結果となった。電気泳動試験は電気的に塩化物イオンを移動させているため、表面含浸材を塗布した場合の塩化物イオンの浸透抑制効果を適切に評価できていない可能性も考えられる。試験体の厚さ、電圧などの試験条件をさらに検討する必要がある。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 主成分濃度80%以上のシラン系表面含浸材は、含浸深さが2~11mm程度であった。
- (2) 含浸材を塗布した場合、無塗布より中性化の進行は若干小さくなり中性化抑制効果が認められた。
- (3) 含浸材を塗布した場合、無塗布より塩化物イオン浸透深さが90%程度小さくなり、高い塩化物イオン浸透抑制効果が認められた。
- (4) シラン系表面含浸材を用いた場合の電気泳動試験による実効拡散係数の算出は、試験体の厚さ、電圧などの試験条件をさらに検討する必要がある。

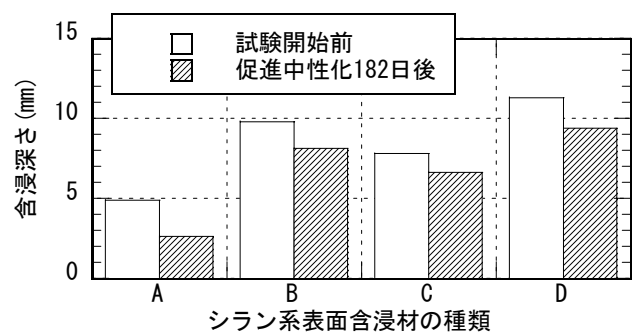


図-1 含浸深さ測定結果

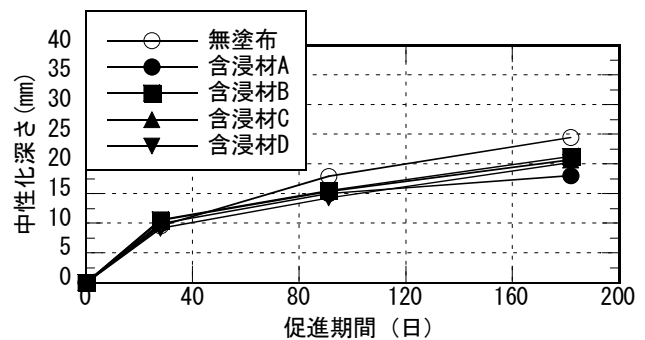


図-2 促進中性化試験結果

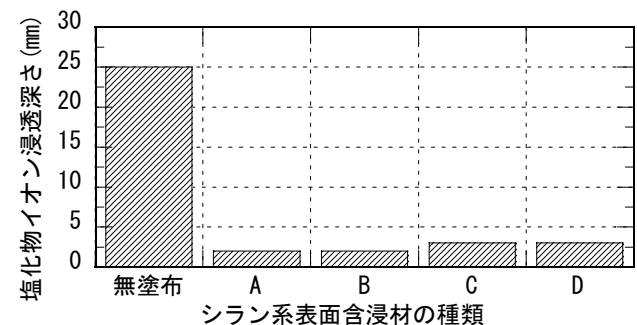


図-3 塩化物イオン浸透深さ

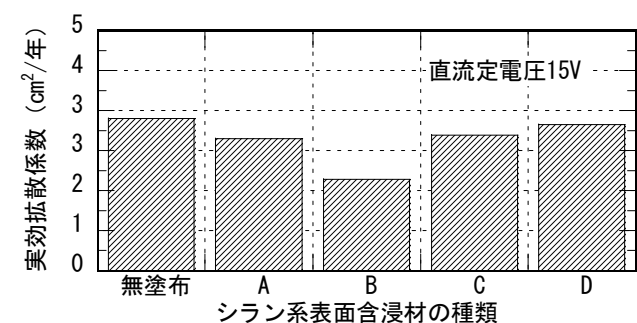


図-4 電気泳動試験による実効拡散係数

参考文献

- 1) 今野拓也ほか: コンクリートの養生条件・材齢が表面含浸材の吸水防止効果に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp.541-546, 2007
- 2) 竹田宣典ほか: 電気泳動試験による表面保護材の塩化物イオン遮断性の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.965-970, 2006