

シラン・シロキサン系撥水材の塗布方法に関する一実験

Experiment on the Application Method of Mixed Silane and Siloxane Water Repellent Agent

林 大 介 坂 田 昇
三 村 俊 幸¹⁾ 神 沢 弘¹⁾

I. はじめに

近年、鉄道高架橋や港湾構造物等のコンクリート構造物において、塩害や中性化による劣化が進行し、補修を実施する機会が増加している。このようなコンクリート構造物を延命化する方法の一つとして、コンクリート表面に撥水材を塗布する工法がある。撥水材を塗布する工法は、コンクリート表面にシリコン分子を有効成分とする撥水材を浸透させることによって防水効果を付与する工法である。撥水材を塗布したコンクリートは気体を透過するが液体を透過しない、という特徴を有する。

現在、市販されている一般的な撥水材の多くは、シリコン分子の中でも低分子であるシラン分子 5~7%と有機溶剤を中心に形成されているシラン系の撥水材である。シラン系撥水材には浸透性が高い反面、揮発しやすいという特徴があり、施工の際に複数回の塗布が必要とされる。また、有機溶剤の使用による作業環境の悪さも課題として挙げられる。著者らは、これらの課題を解決する材料として、シラン分子と高分子のシロキサン分子を混合して使用するシラン・シロキサン系撥水材を開発し、その性能を評価してきた^{1) 2)}。その結果、シラン・シロキサン系撥水材は、1回の塗布で十分な撥水効果を得ることができ、塩害及び凍害の防止に有効であることが確認された。また、このシラン・シロキサン系撥水材には有機溶剤が含まれていないため、作業環境も大きく改善される。

本研究では、シラン・シロキサン系撥水材の塗布に際し、最も効果的な塗布方法及び条件の把握を目的として、塗布方向及びコンクリート表面状態（水セメント比及び表面水分率）を試験水準として行った実験の結果について報告する。

II. 実験概要

1. 使用材料

使用材料を Table 1 に、使用機器を Table 2 にそれぞれ示す。本研究では、シラン・シロキサン系撥水材の塗布にはエアレススプレーを、シラン系撥水材の塗布にはエアスプレーをそれぞれ用いた。また、シリーズ I のコンクリート配合を Table 3 に、シリーズ II のコンクリート配合を Table 4 にそれぞれ示す。シリーズ III では、W/C=65%、セメントと砂の比が 1:3 のモルタルを使用した。

2. 実験方法

(1) シリーズ I (塗布方向)

シリーズ I では、コンクリート供試体の表面水分率が $4.5 \pm 0.5\%$ の

Table 1 Properties of Materials

使用材料	摘要
撥水材	シラン・シロキサン系撥水材 アルキルアリルコキシラン (分子量: 約 250) 及び反応性 γ -シロキサン 密度: 0.9g/cm^3 , 標準塗布量: 0.2kg/m^2
	シラン系撥水材 アルキルアリルコキシラン (分子量: 約 180) 密度: 0.84g/cm^3 , 標準塗布量: 0.34kg/m^2
コンクリート	セメント 普通ポルトランドセメント, 密度: 3.16g/cm^3
	細骨材 新潟産山砂, 表乾密度: 2.63g/cm^3
	粗骨材 八王子産硬質砂岩砕石, 表乾密度: 2.65g/cm^3
	高性能 AE 減水剤 リガコンパネン酸化合物及び γ -ブチロ- β -複合体
モルタル	セメント 普通ポルトランドセメント, 密度: 3.16g/cm^3
	細骨材 豊浦標準砂, 表乾密度: 2.60g/cm^3

Table 2 Use Machinery

使用機器	摘要
エアレススプレー	電源: 100V 50/60Hz, 消費電力: 1050W, 最大圧力: 24MPa, 最大吐出量: 5.9 l/min
エアスプレー (コンプレッサー)	電源: 100V, 出力: 200W, 作動圧力, 復帰圧力: 0.39~0.49MPa, 吐出空気量: 21/25 l/min
表面水分計	高周波容量式モルタル・コンクリート水分計 (20MHz)

Table 3 Mix Proportion of Concrete (Series I)

W/C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m^3)			
				W	C	S	G
65	8	4.5	46.3	173	267	844	988

Table 4 Mix Proportion of Concrete (Series II)

No.	W/C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m^3)			
					W	C	S	G
1	40	8	4.5	41.0	168	420	705	1027
2	55			45.0	168	305	817	1010
3	60			45.5	168	280	836	1012
4	70			47.0	168	240	879	1002

範囲にあることを確認した上で、シラン・シロキサン系撥水材 1 回塗布及びシラン系撥水材 3 回塗布を、それぞれ下向き、横向き及び上向きに行った。塗布後 14 日間の養生期間をおき、供試体を割裂して割裂面に墨汁を噴霧し、着色しない範囲を浸透深さとして測定した。供試体寸法は $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ とし、打設面と直交する $100 \times 400\text{mm}$ の面を塗布対象とした。

(2) シリーズ II (水セメント比)

シリーズ II では、4 種類の配合のコンクリート供試体に対し、表面水分率が $4.5 \pm 0.5\%$ の範囲にあることを確認した上で、シラン・シロキサン系撥水材 1 回塗布及びシラン系撥水材 3 回塗布をそれぞれ横

向きに行い、塗布後14日間の養生期間をおいた後、シリーズⅠと同様に浸透深さを測定した。供試体寸法は100×100×400mmとし、打設面と直交する100×400mmの面を塗布対象とした。

(3) シリーズⅢ (表面水分率)

シリーズⅢでは、モルタル供試体の表面水分率を3~12%程度の範囲で6水準とり、シラン・シロキサン系撥水材1回塗布及びシラン系撥水材3回塗布をそれぞれ下向きに行い、塗布後14日間の養生期間をおいた後、シリーズⅠと同様に浸透深さを測定した。供試体寸法は、40×40×160mmとし、打設面と直交する40×160mmの面を塗布対象とした。

Ⅲ. 試験結果及び考察

1. シリーズⅠ (塗布方向)

シラン・シロキサン系撥水材とシラン系撥水材の塗布方向の違いによる浸透深さの比較をFig.1に示す。シラン・シロキサン系撥水材を塗布した供試体の浸透深さは塗布の方向にかかわらず同等であった。それに対し、シラン系撥水材の浸透深さは下向きよりも横向き及び上向きの方が小さい結果であった。この理由として、シラン系撥水材は水に近い性状をしているため、養生中に液ダレを生じたのに対し、シラン・シロキサン系撥水材は流動性の高いペースト状をしており、横向き及び上向きに塗布を行った場合でも附着したことが考えられた。

2. シリーズⅡ (水セメント比)

シラン・シロキサン系撥水材及びシラン系撥水材の水セメント比と浸透深さの関係をFig.2に示す。シラン・シロキサン系撥水材を塗布した供試体の浸透深さは、水セメント比が高いほど大きくなる傾向があり、シラン系撥水材を塗布した供試体の浸透深さは水セメント比に関わらずほぼ一定であった。

3. シリーズⅢ (表面水分率)

シラン・シロキサン系撥水材及びシラン系撥水材の表面水分率と浸透深さの関係をFig.3に示す。シラン・シロキサン系撥水材及びシラン系撥水材とも、塗布面の表面水分率と浸透深さの関係には相関が認められ、塗布面の表面水分率が小さいほど浸透深さが大きくなる傾向があった。

4. コンクリートの表面状態と浸透深さに関する考察

シリーズⅡ及びシリーズⅢの結果を基に算出したシラン・シロキサン系撥水材の浸透深さと水セメント比及び表面水分率の関係をFig.4に示す。シラン・シロキサン系撥水材の塗布における一つの目安として、これまで一般的に使用されてきたシラン系撥水材と同等の浸透深さを目標と考え、シリーズⅡのシラン系撥水材の実験結果である3~4mm程度となる。図中に、本実験においてシラン・シロキサン系撥水材が4mm浸透した際の水セメント比と表面水分率の関係を網掛けで示した。実施工の際には、塗布対象のコンクリートの水セメント比及び表面水分率がFig.4の網掛けの範囲にあることを確認した上での塗布がより効果的と考えられる。

Ⅳ. まとめ

本研究では、シラン・シロキサン系撥水材の塗布において、塗布方向の違いによる浸透深さの違いは生じないことを示した。また、コンクリートの水セメント比と表面水分率の範囲の目安を示した。

参考文献

- 1) 林, 坂田, 三村, 神沢; シラン・シロキサン系撥水材の開発, JCI 年次論文集, Vol.22, No.1, (2000.7), pp.301-306.
- 2) 林, 坂田, 三村, 神沢; シラン・シロキサン系撥水材の撥水性および遮塩性に関する実験的検討, 土木学会年講, Vol.53, No.5, (2000.9).

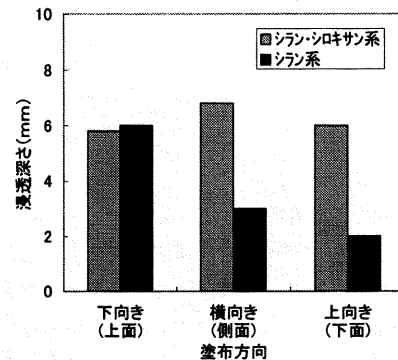


Fig.1 Relationship between Application Direction and Penetration Depth

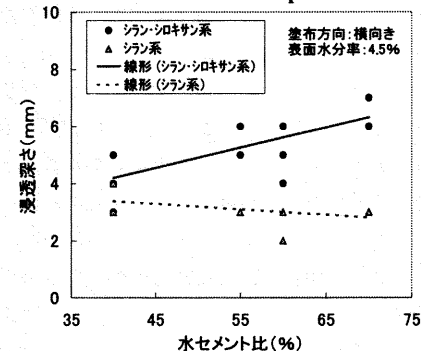


Fig.2 Relationship between W/C and Penetration Depth

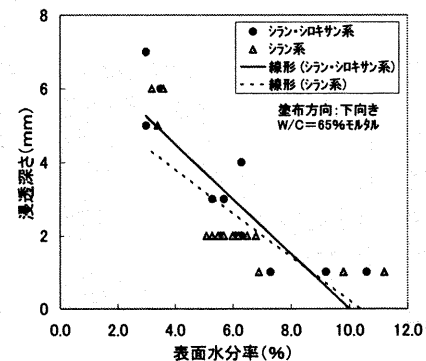


Fig.3 Relationship between Surface Water Rate and Penetration Depth

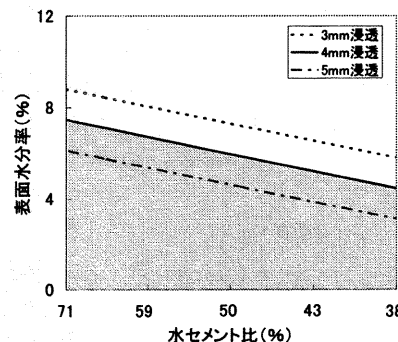


Fig.4 Relationship between Surface State and Penetration Depth