

暴露試験によるシラン・シロキサン系表面含浸材の長期耐久性に関する検討

○カジマ・リノベイト(株) 正会員 神谷 由紀 鹿島建設(株) 正会員 坂田 昇
鹿島建設(株) 正会員 室野井 敏之 鹿島建設(株) 正会員 橋本 学

1. はじめに

コンクリート構造物に対して簡易かつ安価に耐久性を向上させる技術として、シラン・シロキサン系表面含浸材を用いた工法（以下、MR と称す）が広く用いられている。MR はコンクリート表面に塗布することで表層部に浸透し、水の浸透を抑制する層を形成する材料である。水の浸透を抑制することで塩化物イオンの浸透、鉄筋腐食、アルカリ骨材反応、凍害などの劣化を抑制することができる。

しかし、それら表面含浸材の長期耐久性を保証するデータがないことが現状の課題として挙げられている。そこで、本報では MR の 10 年間の暴露試験の結果について示す。

2. シラン・シロキサン系表面含浸材の概要

MR は、シリコン分子の単分子であるシランと、シランの重合体であるシロキサンの大小 2 種類のシリコン分子を含有する材料である。これらをコンクリート表面に塗布することで、分子構造の小さなシランが深くまで浸透し、大きなシロキサンがシランの揮発を抑える役割を果たす。結果として、図-1 に示すように、コンクリート表層に、深くまで高密度な吸水防止層を形成することができる材料である。また、シリコン系である MR は液体を透過せずに、気体を透過するという特徴を有している。

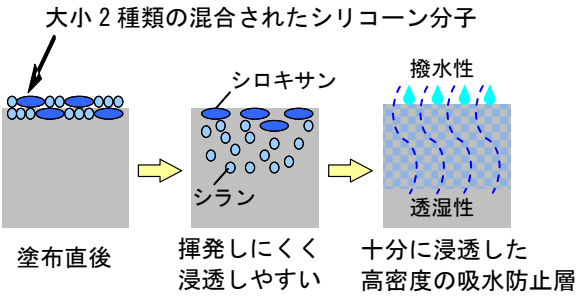


図-1 シラン・シロキサン系表面含浸材

表-1 使用材料

項目	記号	摘要
水	W	上水道水，密度：1.0g/cm ³
セメント	C	普通ポルトランドセメント，密度：3.16g/cm ³
細骨材	S	新十津川産川砂，表乾密度：2.58g/cm ³ ，粗粒率：2.75，吸水率：2.26%
粗骨材 1	G1	毘砂別産砕石，表乾密度：2.66g/cm ³ ，実積率：58.8%，吸水率：1.60%
粗骨材 2	G2	毘砂別産砕石，表乾密度：2.65g/cm ³ ，実積率：58.3%，吸水率：1.57%
膨張材	Ex	エトリンガイト系
混和剤	Ad	高性能 AE 減水剤（変性リグニンスルホン酸系）

3. 試験概要

3.1. 暴露試験概要

2002 年 11 月に、北海道の日本海側に位置する石狩市浜益区の沿岸部に、MR を塗布した供試体と塗布しない供試体を設置し、暴露を開始した。同箇所は、急勾配の小規模河川の河口に位置しており、汀線より数メートルの距離にあることから多量の塩分が飛来するとともに、凍結融解作用を受ける複合劣化環境にある。気象庁の気象統計情報によれば、浜益区における日最低気温ごとの凍結融解回数は、年間あたり 0～-5℃が約 40 回、-10～-15℃が約 15 回、-15℃以下が約 10 回であり、合計 65 回程度となる。

3.2. コンクリート供試体

暴露試験に用いたコンクリート供試体（直径 125mm×高さ 250mm）の使用材料および配合を表-1 および表-2 に示す。また、MR の塗布は 200g/m² の塗布量で供試体全面に刷毛塗りで行った。また、比較用に

表-2 コンクリートの配合

Gmax (mm)	スランプ [°] (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						Ad (C%)
					W	C	Ex	S	G1	G2	
40	8	44.3	5.5	43.5	138	312	30	765	477	583	1.00

キーワード シラン系表面含浸材 表面含浸材 塩害 劣化抑制

連絡先 〒162-0065 東京都新宿区住吉町 1-20 カジマ・リノベイト(株)技術部 TEL 03-5379-8771

無塗布の供試体も作製した。

3.3. 暴露試験の評価項目

暴露試験の評価項目を表-3に示す。試験は暴露年数 1 年、2 年、4 年、5 年、6 年、7 年、9 年および 10 年の 8 材齢について試験を行った。

4. 結果および考察

(1) 外観

暴露 10 年目の供試体を目視で観察した結果、MR を塗布した供試体および無塗布の供試体ともに、凍害劣化で見られるひび割れ、ポップアウトやスケーリングの状況は認められなかった。また、表面撥水性を確認するために、暴露 10 年目の供試体について、水を噴霧した状況を写真-1に示す。MR を塗布した供試体では水が浸透しにくく、供試体表面に滞留していることが観察された。ただし、表面撥水性は認められなかった。暴露 2 年目までは若干の表面撥水性が認められ、4 年目以降にはほとんど認められない状況であった。

(2) 吸水防止層の厚さ

吸水防止層の厚さの測定結果を図-2に示す。同図より、暴露 10 年目まで概ね 4.0mm の吸水防止層が確認できた。また、吸水防止層の厚さの経時変化に着目すると、測定結果にばらつきがあるものの、暴露 10 年目まで、吸水防止層の厚さが大きく減少するような傾向は認められなかった。以上の結果より十分な吸水防止性能を維持しているものと考えられる。

(3) 見掛けの密度

現地において測定した質量から算出した見掛けの密度を図-3に示す。同図に示すように、暴露 10 年目までの全測定において、MR を塗布した供試体の方が、塗布しない供試体よりも 50kg/m³ 程度小さい結果となった。これは、MR を塗布することによって、外部からの水の浸透が抑制され、内部の水分が水蒸気として放出されているためと考えられる。また、暴露 10 年目においても、吸水防止性能を維持しているものと考えられる。

(4) 塩化物イオン量

供試体表面から深さ 15mm の位置における全塩化物イオン量の経年変化を図-4に示す。同図より、MR を塗布することによって塩化物イオンの浸透を大きく抑制できることが確認できた。また、暴露 10 年目においても遮塩性能を有していることが確認できた。

4. まとめ

暴露期間 10 年において、表層の撥水性は低下するが吸水防止性能は維持していることが確認できた。また、暴露 10 年目の結果で、塩化物イオンの浸透を大きく抑制されていることを確認した。以上より、MR が長期耐久性に優れ、コンクリートの耐久性向上に効果があることが確認できた。

表-3 評価項目

項目	試験方法
外観	目視による
吸水防止層の厚さ	割裂面に水を噴霧し、表面から濡れ色にならない範囲までの深さを測定した。深さの測定は 1cm 間隔とし、隅角部では端部から 1cm の範囲を除いた。
見掛けの密度	質量測定による
塩化物イオン量	JIS A 1154 に準拠



塗布なし 塗布あり
写真-1 撥水性確認

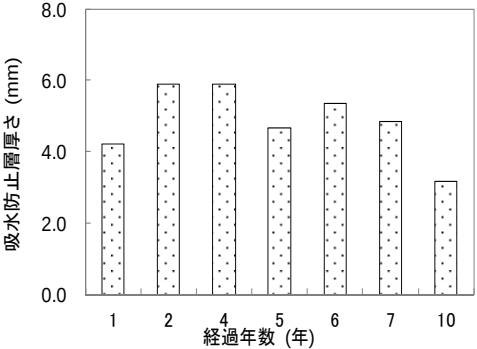


図-2 吸水防止層の厚さ

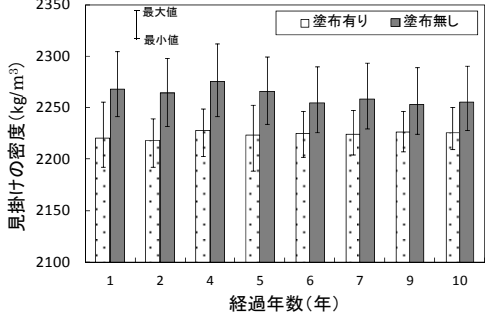


図-3 見掛けの密度

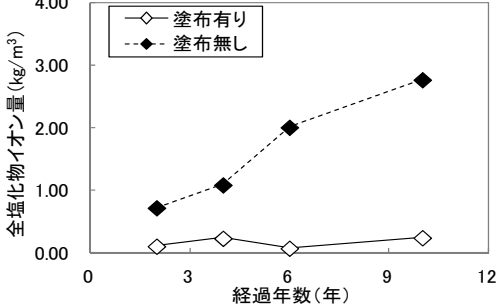


図-4 表面から 15 mm での全塩化物イオン量