

塩分を多量に含んだコンクリート供試体に対するシラン系含浸材の適用性

若築建設(株) 技術研究所 正会員 ○秋山哲治

1. はじめに

シラン系含浸材（以降、含浸材と称す）は、これまで陸上土木や建築構造物に適用されている事例が多い。主な目的は、中性化の腐食抑制対策や寒冷地の凍害対策等であり、塩害対策の実績は多くない状況にある。その理由は、港湾施設では陸上土木や建築構造物と比べて、飛来塩分等によって内部に多量の塩分を含む場合が多く、その塩分が含浸材の遮水透湿性能に影響を及ぼすことが要因と推察される。しかしながら、港湾コンクリートでの含浸材の性能に関する報告は少なく、その適用性は必ずしも明確になっていないと考える。そこで、塩害対策への適用性を確認するため、塩分を多く含んだコンクリートにおける含浸材の基本性能について実験供試体を用いて検討した。

2. 実験概要

2.1 検討項目と使用材料

表-1 に検討項目と確認事項を示す。本実験では、含浸材の腐食対策への適用性を確認するため、表-2 に示す主成分の異なる 6 種類の含浸材と、表-3 に示す内在塩分量の異なる 4 種類のコンクリートを用いた。具体内容について、含浸材は、標準塗布量が約 200g/m² 前後、適用可能な表面含水率 6%～10%以下、外観は透明・液体・ゲル状がある。コンクリート供試体は、配合の仕様が水セメント比 49.7%，内在塩分量 0～20kg/m³ で設定し、圧縮強度は 41～31N/mm² であった。

2.2 実験方法

施工性の検討は、コンクリート供試体 (100×100×150mm) に含浸材を標準量塗布し、塗布回数と塗布後の表面状態（乾燥までの期間）で評価した。塗布面は供試体作製時の型枠面とし、図-1：左に示す上向きと下向きの両方で行った。

含浸深さは、JSCE-K571-2013 表面含浸材の試験方法に準じ、塗布後 2 週間後に含浸材塗布面を割裂した後、水を噴霧して濡れ色にならない部分を含浸深さ（吸水防止層）とした。塗布面の条件は、含浸材の適用可能な水分率等を踏まえて、5%以下、6%程度および 8%程度とした。

透湿性は、前記規準に準じて図-1：右に示すコンクリート供試体（乾燥させる片面のみに塗布）を用いて水分透湿量を測定した。乾燥条件は温度 23±2℃，相対湿度 60±5%とした。ここでは透湿度も確認するため、乾燥期間における水分透湿量に対する、72 時間水中半浸漬時の吸水量の質量百分率を算定した。すなわち、所定時間で吸水した水量が、乾燥期間においてどの程度外部へ放出されたかを評価する。

3. 実験結果

3.1 施工性の結果

表-4 に塩分量 0kg/m³ の結果を示す。塗布回数は、SM 系で下向き 3-6 回・上向き 6-10 回、SS 系は施工の向きに関係なく 1 回で所定量を塗布できた。塗布後の表面状態（乾燥までの期間）は、SM 系は 1 日以内、SS 系は 1-2 日、表面の色相は SS 系が若干変化した。塩分量 5～20kg/m³ での塗布回数と表面状態は、上表の結果と同様であった。

表-1 検討項目と確認事項

検討項目	確認事項
施工性	含浸材の塗布回数、塗布後の表面状態
含浸深さ	コンクリート割列面での含浸状況
透湿性	含浸材塗布面からの水分の透湿状況

表-2 実験で使用した含浸材

項目	具体内容
含浸材の種類	6 種類 ※SM 系:シランモノマー, SS 系:シランシロキサン
標準塗布量	概ね 200g/m ² 前後
表面水分率	6%以下～10%以下
外観の性状	透明, 液体, ゲル状
施工方法	噴霧器, ローラー, 刷毛

表-3 コンクリート供試体の配合

項目	具体内容
配合の仕様	水セメント比 49.7%，
内在塩分量	0, 5, 10, 20kg/m ³ ※外割混入 NaCl
圧縮強度	41, 35, 34, 31N/mm ² ※材齢 28 日

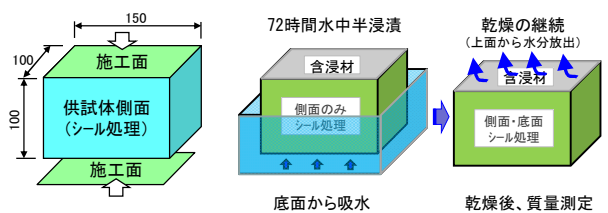


図-1 実験方法（左：施工性・含浸深さ、右：透湿性）

表-4 施工性の試験結果

項目	SM 系	SS 系
塗布回数（下向き/上向き）	3-6 / 6-10 回	1 / 1 回
塗布後の表面状態	0.5-1 日	1-2 日
表面の色相変化	無し	若干有り

キーワード：港湾構造物，塩化物イオン，シラン系含浸材，含浸深さ，透湿性

連絡先：〒153-0064 東京都目黒区下目黒 2-23-18 若築建設(株) 技術研究所 TEL 03-3492-0285

3.2 含浸深さの結果

図-2 に、塩分量と表面含水率が異なるコンクリートの含浸深さの結果の一例を示す。塩分量が多くなると、含浸深さは小さくなる傾向を示した。含浸材の種類や塩分量の大小によって含浸深さが小さくなる場合もあるが、いずれの含浸材も塗布面の表層に吸水防止層が形成されており、塩分を多量に含むコンクリートに対しても吸水防止性能を付与できると評価した。施工の向きについて、含浸材の種類と塩分量に関わらず、上向きと下向きの含浸深さの差異は最大 2mm 以下であった。

3.3 透湿性の結果

図-3 に、水分透湿量の結果（乾燥期間 28 日迄）の一例を示す。水分透湿量は、含浸材の種類によって異なる結果であったが、いずれの含浸材も塗布面から水分が放出され、乾燥期間の経過に伴って水分透湿が進行する傾向を示した。また塩分量 5～20kg/m³ の範囲（紙面上は 10, 20kg/m³ の結果は割愛）では、無塗布に対する各含浸材の水分透湿量に大きな違いが無く、塩分量 5kg/m³ で十分な水分透湿量と判断できれば、それ以上の塩分を含んだ部材でも同等の透湿性が確保できると評価した。

図-3 では、文献¹⁾に記される透湿性のグレードも併記した。この指標を用いて透湿性を分類すると、塩分量 5～20kg/m³ において、いずれの含浸材もグレード A および B の範囲となり、含浸材を塗布した場合も水分透湿量は対無塗布比として 6 割以上の透湿性を期待できると評価した。

図-4 に透湿度の結果を示す。横軸は乾燥期間、縦軸は透湿度で整理して両者の関係を近似式で整理し、72 時間吸水させた供試体が、どの程度の期間で吸水前の状態に戻るかを評価した。乾燥期間と透湿度の関係は、図に示す 1 次関数で高い相関関係を有していた。表-5 に、各内在塩分量のコンクリート供試体で得られた近似式を用いて、吸水前の状態になる期間を試算した結果を示す。同表より、内在塩分量が多くなるほど、吸水前の状態になるまで長い期間が必要であることを確認した。

4. まとめ

- (1) 含浸材の種類により、塗布回数の差異、塗布後の表面状態や色相の変化が若干あるものの、各系についていずれの含浸材においても、施工の向きに対する塗布回数の大きな差異無く施工できることを確認した。
- (2) 含浸深さについて、材料の種類や塩分量の大小によって差はあるが、塩分を含むコンクリートに対しても吸水防止層を形成し、施工の向きに対する含浸深さの差は上向きと下向きで最大 2mm と小さい結果であった。
- (3) 透湿性について、塩分量が多い場合では水分の放出速度が大幅に遅延することが懸念されたが、いずれの含浸材も塗布面から水分が放出され、乾燥期間の経過に伴って水分透湿が進行することを確認した。文献¹⁾に示す透湿量の性能グレードを用いると、含浸材を塗布した場合も対無塗布比で 6 割以上の透湿性を有すると評価した。

例えば既往の文献²⁾では、鉄筋腐食の進行速度はコンクリート内部の水分に大きく影響すると報告されている。これより、今回の検討結果も併せると、塩分を多量に含むコンクリートに対しても含浸材の適用によって、内部の水分を外部へ放出させることができ、鉄筋の腐食速度の抑制効果を期待できると考える。

参考文献 1) 土木学会:コンクリートライブラリー119 表面保護工法設計施工指針(案)および[工種別マニュアル編], 2005.4 2) 山本佳城, 梶田佳寛, 中村成春:塩化物物を混入したコンクリートの含水状態が鉄筋の腐食に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集, Vol.568, pp.27-33, 2003.1

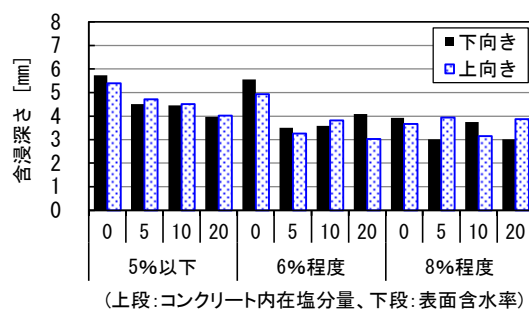


図-2 含浸深さの結果の一例

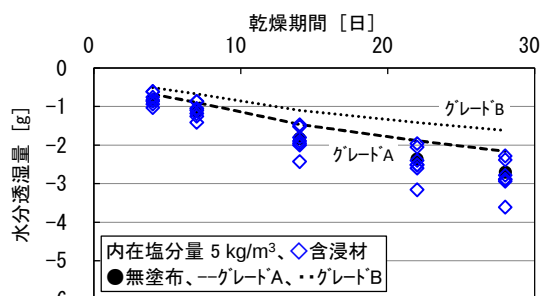


図-3 水分透湿量の結果の一例

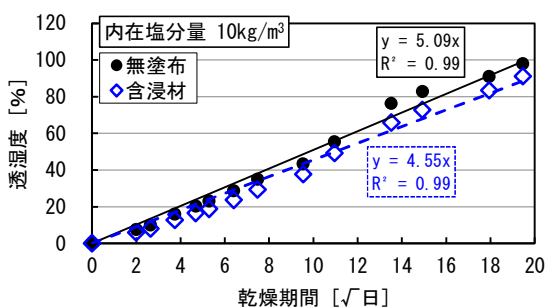


図-4 透湿度の結果の一例

表-5 吸水前の状態になるまでの期間

項目	コンクリートの内在塩分量[kg/m ³]		
	0	10	20
無塗布	0.3 年	1.1 年	1.9 年
含浸材	0.3 年	1.3 年	2.0 年