

## 講義③

# 超長期撥水性能を付与したシラン系含浸材 ミラクルコート coat の紹介

田中シビルテック株式会社 松田 展也

## 1. はじめに

表面含浸工法に使用する材料の一つであるシラン系含浸材は、コンクリート表面に塗布することで内部に含浸し、表層部を疎水性に改質することで撥水層（吸水防止層）を形成する材料である（図-1）。塗布後のコンクリート表面にも疎水性が付与されるため、水が当たると撥水効果が発揮される（図-2）。また、コンクリート表層内部に形成された吸水防止層は、水もしくは水が移動媒体となる塩化物イオンなどの劣化因子の侵入を抑制するが、内部の細孔を塞ぐことが無いため、コンクリート内部の水蒸気は外部に放出するという特徴がある。さらに、施工面ではローラーやエアースプレーなどを用いて簡易に塗布作業を行うことが可能であり、塗布乾燥後は無色透明となるため、見た目（景観）が変わらないなどの各種の特徴を有した材料である。

土木分野では、2005年度に「表面保護工法、設計施工指針（案）」<sup>1)</sup>が土木学会から刊行されたことで、シラン系含浸材は各社から多種多様な性能を有した材料が販売されている状況であ

り、新設および既設コンクリート構造物の予防保全対策や経年劣化に対する補修時の保護工法として幅広く使用されている。しかし、現在販売されている材料の中には、塗布後の撥水性の発現に時間が掛かる材料や、乾燥後にも濡れ色が消えずに濃い色調がそのまま残ることで外観が変化してしまう材料などがあり、施工上のトラブルの原因となることがあった。さらに、紫外線によって短期間の内に表面の撥水性が消失してしまう材料もあり、寒冷地域では凍害によるスケーリング劣化が起こる要因になるなどの問題があった。他方、過去の施工で有機系のフッ素材などを配合したシラン系含浸材が使用された部位を再補修する場合には、水性タイプのシラン系含浸材を使用すると内部への浸透が阻害され、補修効果が最大限発揮されないなどの課題があった。

そこで、上述した課題を解消するために、耐候性に優れた特殊シリコン樹脂による造膜性とシランの含浸性能を両立させ、超長期の表面撥水性を付与した水性タイプのシラン系含浸材、ミラクルコート（水性）を開発したの

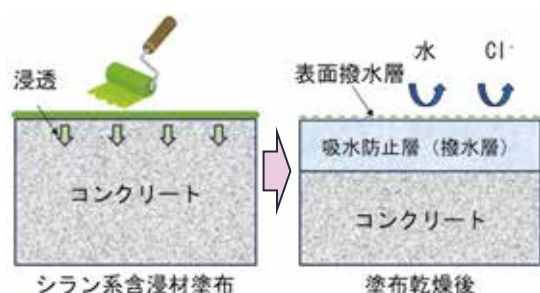


図-1 シラン系含浸材のイメージ図



図-2 シラン系含浸材の表面撥水効果

で紹介する。また、他の含浸材が使用された部位への対応として、再含浸補修が可能な、無溶剤タイプのシラン系含浸材、ミラクルートコート（無溶剤）も開発したので合わせて紹介する。

## 2. ミラクルートコートの開発

ミラクルートコートは、①耐候性、②景観性、③撥水発現性、④環境性、⑤再補修性の5つの向上を目標において、シラン・シロキサンをベースに開発した。ミラクルートコートの開発コンセプトを図-3に示す。

耐候性向上の性能評価は、紫外線によって表面の撥水性が短期に消失するという課題から、促進耐候性試験を実施し、表面の撥水性を確認した。なお、促進耐候性試験はキセノンランプ方式やサンシャインカーボンアーク灯方式よりも放射照度の高いスーパーキセノンランプ方式によって実施し、各時間経過後に水滴接触角を測定して撥水性の有無を確認した。従来のシラン系含浸材は、事前試験において照射時間 500 時間で接触角が 90° 以下となり表面の撥水性が消失したことから、照射時間 1,000 時間後でも接触角が 90° 以上あり撥水性が損なわれないことを目標とした。また、景観性の向上は、塗布乾燥後に濃い色調（濡れ色）になると見た目（景観）が変化することから、乾燥後に濡れ色が残らないこと。撥水発現性の向上は、表面の撥水効果の発現に時間を要すると効果が発揮されるまで保護養生が必要になることから、短期間で撥水効果を発揮する性能を有していること。環境性の向上は、有機溶剤などを含むと毒性や人体への危険性があることから、安全性の高い製品構成であることを目標とし、水性タイプと無溶剤タイプに分けて研究開発を行った。なお、再補修性の向上については、水性タイプの材料では実現が困難であったため、無溶剤タイプに変更し研究開発を行なった。

従来のシラン・シロキサン系含浸材は、シランとシロキサンの液状物がコンクリート内部に含浸して撥水層を形成し、残りはコンクリート

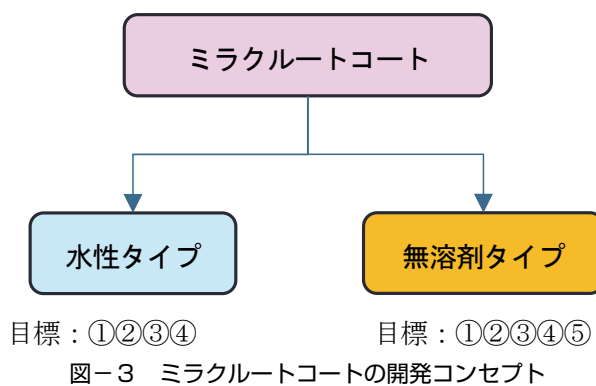


図-3 ミラクルートコートの開発コンセプト

表面に固着する状態で残存する。成分が残存することで、コンクリートの表面にも撥水性が生まれるが、残存した成分は雨水などの影響で流れされやすく、またシラン成分は紫外線劣化によって分解されやすいため、表面の撥水性が徐々に低下していくと考えられる。このため、製品開発では内部に含浸する性能はそのままに、かつコンクリート表面にシロキサンを硬化させて耐候性の強い強固な3次元状態の特殊シリコーン皮膜を形成させることで、長期間に亘り表面撥水性が持続する配合を検討し、開発を行った。

## 3. ミラクルートコートの特徴

開発したミラクルートコートは、水性タイプと無溶剤タイプの2種類を開発した。ミラクルートコートの諸元・性能一覧を表-1に示す。いずれも耐候性の高い、純100%シリコーン樹脂による造膜性とシラン系含浸材成分による含浸性を両立させた、溶剤を使用していない2液混合型のシラン・シロキサン系の含浸材である。コンクリート表面に高い耐候性を有する特殊シリコーン皮膜を形成させることで、従来のシラン系含浸材よりも長期に亘り表面の撥水性を維持する材料である。コンクリート内部への含浸性能も優れており、含浸深さはいずれも6mm以上を確認している。土木学会の表面含浸材の試験方法（JSCE-K571）による評価では、透水、吸水、透湿比、塩化物イオン浸透の抑制率はランクAであり、従来製品と同等の性能を有している。なお、中性化抑制は現在試験中である。

表－１ ミラクルコートコートの諸元・性能一覧

| タイプ  | 無溶剤（シラン・シロキサン）<br>表面皮膜タイプ <sup>※</sup> 無溶剤型高分子シリコン系表面含浸材                                                                        | 水性（シラン・シロキサン）<br>表面皮膜タイプ <sup>※</sup> 水性高分子シリコン系表面含浸材                                                       |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 性 状  | 無色液体（2液タイプ）                                                                                                                     | 白色ペースト状（2液タイプ）                                                                                              |
| 塗布量  | 230g/m <sup>2</sup> （1工程）                                                                                                       | 230g/m <sup>2</sup> （1工程）                                                                                   |
| 撥水性  | 長期表面撥水性<br>スーパーキセノン1,000時間                                                                                                      | 超長期表面撥水性<br>スーパーキセノン5,000時間                                                                                 |
| 特 徴  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 塗布後の色調変化なし</li> <li>● 翌日から表面撥水性を発揮</li> <li>● 含浸深さ6.3mm</li> <li>● 再施工含浸が可能</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 塗布後の色調変化なし</li> <li>● 翌日から表面撥水性を発揮</li> <li>● 含浸深さ6.3mm</li> </ul> |
| 施 工  | 噴霧器、ローラー・刷毛                                                                                                                     | ローラー・刷毛                                                                                                     |
| 適用条件 | 施工面：乾燥状態（表面含水率8%以下）を推奨<br>施工環境温度：0～35℃を推奨                                                                                       | 施工面：乾燥状態（表面含水率8%以下）を推奨<br>施工環境温度：5～35℃を推奨                                                                   |

また、表面に特殊シリコン皮膜を形成しても塗布後の色調変化が少なく、翌日から撥水性能を発揮する材料である（図－4）。

ミラクルコートコートの水性タイプは超長期の表面撥水性を目標に開発した材料で、スーパーキセノンランプ方式による促進耐候性試験で、照射 5,000 時間後でも撥水性を保持する材料である。他方、無溶剤タイプは、水性タイプでは困難であった他のシラン系含浸材が施工された部位への再補修に対応させた材料である。表面の撥水効果の持続時間は水性タイプよりも劣るが、古い含浸材に弾かれる事無く、内部に確実に含浸する性能を有している（図－5）。

施工性については、水性タイプは白色ペース

ト状でローラーや刷毛で塗布することが可能な材料である。無溶剤タイプは液状のためローラーや刷毛に加え噴霧器を用いての塗布施工が可能である。いずれも 1 回の塗布作業で規定量を満足する施工が可能である。

#### 4. 超長期表面撥水性能の確認

表面撥水性の確認は、スーパーキセノンランプ方式の促進耐候性試験後に接触角計を用いて、水滴接触角を測定した。測定は各照射時間で試験体を取り出し、スポイトを用いて水道水の液滴を試験体の暴露面に着滴させ、その後画像解析によって水滴の接触角度を算出した。なお、撥水性の判定は水滴の接触角が 90° 以下に



塗布 1 時間後      撥水（24 時間後）

図－4 塗布後の撥水性（無溶剤タイプ）



図－5 再補修直後の外観

なった段階で消失したと判定した。接触角度の測定画像の例を図-6に示す。

ミラクルコート水性タイプの開発目標値であった照射 1,000 時間経過後、接触角は 119.7°であり良好な表面撥水性を保持していた。その後、促進耐候性試験を継続した結果、照射 2,560 時間で 105.4°、照射 5,090 時間で 90.3°の接触角があった（表-2）。従来のシラン系含浸材において撥水性が消失した照射時間、500 時間と比較すると水性タイプの表面撥水性の持続時間は 10 倍程度の結果であり、従来品よりも超長期に亘り表面の撥水性が保持されることが確認された。

無溶剤タイプは、照射時間 1,000 時間後、接触角 105.6°であり、水性タイプと同様に良好な表面撥水性を保持した（表-3）。しかし、その後は時間経過とともに表面の撥水性が消失した。従来のシラン系含浸材において撥水性が消失した照射時間 500 時間と比較すると、無溶剤タイプの表面撥水性は 2 倍程度の結果である。無溶剤タイプは、水性タイプよりも表面撥水性の持続時間は少ないが、従来品よりも表面の撥水性が長く保持されることを確認した。

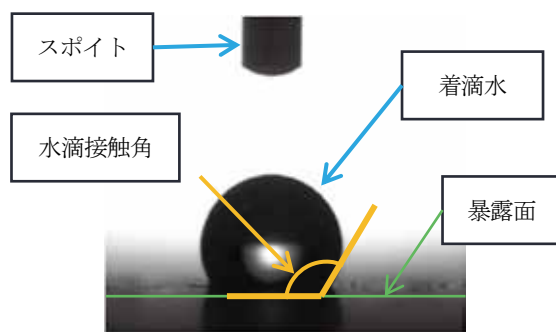


図-6 接触角度の測定画像例

表-2 促進耐候性試験後の接触角度  
(水性タイプ)

| 照射時間(h) | 0   | 500   | 1,000 | 2,560 | 5,090 |
|---------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 接触角 (度) | 121 | 120.1 | 119.7 | 105.4 | 90.3  |

表-3 促進耐候性試験後の接触角度  
(無溶剤タイプ)

| 照射時間(h) | 0   | 500   | 1,000 |
|---------|-----|-------|-------|
| 接触角 (度) | 110 | 106.4 | 105.6 |

## 5. まとめ

今回、新しく開発したシラン・シロキサン系含浸材であるミラクルコートについて紹介した。

ミラクルコート水性タイプは、超長期の表面撥水性を付与したものであり、従来品よりも表面の撥水効果が長期間に亘り発揮されることが期待できる材料である。ミラクルコート無溶剤タイプは、水性タイプよりも表面撥水性の持続効果時間は劣るが、水性タイプでは再施工が難しい、他のシラン系含浸材が使用された部位にも再含浸することが可能なため、再補修性に優れた材料である。

農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（開水路編）<sup>2)</sup> 内でのシラン系含浸材は、開水路の接水部における効果発揮の実績が乏しいため、参考工法として取り扱われており、照査方法や品質規格値なども定められていない状態である。しかし、農業水利施設でも水に接しない気中部のコンクリート構造物は多くある。具体的には、頭首工の気中部や、水路橋・貯水槽の外壁面などへの補修、新設構造物の予防保全対策として適用が可能であると考えられ、シラン系含浸材は今後、農業水利施設のコンクリート構造物でも長寿命化や予防保全に大きな効果が期待できる材料であると示唆される。

最後に、本報の作成に当り株式会社クラタ・テクノシステムの倉田社長をはじめ、社員の皆様に多大なご協力を賜った。ここに記して深く御礼申し上げる。

## 参考文献

- 1) 公益社団法人 土木学会 (2005)：表面保護工法設計施工指針（案）、コンクリートライブラリー 119
- 2) 農林水産省農村振興局整備部設計課 (2023)：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路編】、<https://www.maff.go.jp/j/nousin/mizu/sutomane/attach/pdf/kaisuiro-1.pdf>