

シラン系表面含浸材の含浸深さと撥水性に関する実験的検討

大成建設（株） 正会員 ○張 文博 フェロー 新藤 竹文 正会員 堀口 賢一
成和リニューアルワークス（株） 菅野 道昭 池山 正一

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の予防保全対策や経年劣化対策として、シラン系表面含浸材の被覆工法が広く適用されている。シラン系表面含浸材を塗布することで、コンクリート表層部に撥水層を形成し、水の移動に伴う外部からの劣化因子の侵入を抑制できる特長を有するが、その表層改質効果や品質の信頼性を評価する標準化手法は、まだ確立されていないのが現状である。本稿では、シラン系表面含浸材によるコンクリート表層の改質効果を定量的に評価するために、その指標として含浸深さとコンクリート表層の水接触角に着目した評価実験について述べる。

2. 試験概要

2.1 試験体

母材（被塗布材）はモルタルとし、「表面含浸材の試験方法（案）（JSCE-K 571-2013）」に準じて製作した。また、試験体の形状は、100×100×400mm で製作した母材を切断して100×100×100mm に成型したもの、150×70×20mm で製作したものの2種類とした。

2.2 評価方法および検討ケース

評価方法は、上述 JSCE-K 571-2013 に準拠した含浸深さの測定、および、JIS R 3257-1999「基板ガラス表面のぬれ性試験方法」を準用した水接触角の測定とした。

検討ケースを表-1 に示す。

検討要因としては、母材表層部の含水状態を変えたものについて3水準（Low、Mid、High）、塗布面の出来形の違いについて3種類（切断面：Cut、型枠面：Fm、均し面：Lc）とした。また、いずれのケースも含浸材の総塗布量を200 g/m²と一定にし、一般的な塗布回数は1回であるが、できるだけ均質な塗布面となるように、ここでは2回塗布を基本条件とした。

ここで、母材表層の含水状態の調整については、含水率が6.0%以下のケースは、23℃50%RHの恒温恒湿室内で所定の含水率になるまで母材を養生してから塗布した。6.0%以上のケースは、試験直前まで20℃水中に浸漬した後、23℃50%RHにて2時間静置し、指触にて表面の乾燥を確認してから塗布を行った。

すべての試験は刷毛塗りとし、1回目を塗布後、指触にて塗布面の乾燥を確認してから、2回目を重ね塗りした。

なお、使用した表面含浸材は、アルキルアルコキシシランを主成分とした一般的な市販材料であるA材、および、同種の主成分であるが撥水性の向上を目指して新たに開発したB材の2種類である。

3. 試験結果

3.1 塗布回数と含浸深さの関係

塗布回数を1回のみ、および2回に分けて塗布した場合の含浸深さを図-1 に示す。ここで、含浸深さは試験体ごとに6点を計測した。なお、含水率が高いケース（High）の含浸深さはほぼ0 mmであった。

図-1 に示すように、試験体の含水状況や含浸材の種類に関わらず、

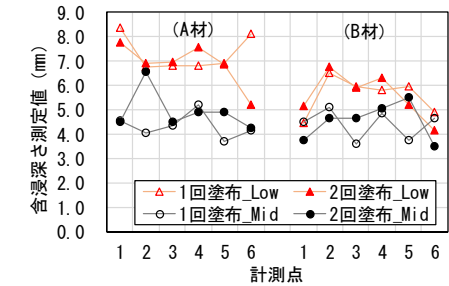


図-1 塗布回数異なる場合の含浸深さ

キーワード 予防保全、シラン系表面含浸材、含浸深さ、水接触角、表面含水率、塗布面出来形

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター 社会基盤技術研究部 TEL 045-814-7228

含浸深さのばらつきが比較的大きく、特に試験体端部（計測点 1, 6）のばらつきが大きい傾向が認められ、母材全体の含水状態の違いや塗布量の不均一さが一因と考察される。

なお、この端部を省いた中央部 4 箇所についてみれば、1 回塗布に比べ、2 回塗布の方が僅かに含浸深さが大きい傾向にあるようである。

3.2 表面含水率と含浸深さの関係

母材の表面含水率と含浸深さの関係を図-2 に示す。図-2 に示すとおり、表面含水率の増加に伴い、含浸深さが顕著に減少しており、予想どおり、被塗布面の含水状態が含浸深さに大きく影響することが分かる。

この種の浸透型含浸材の標準的な仕様である含浸深さ 4mm を満足するためには、実構造物において、表層の含水率を 5% 程度以下の状態で塗布する必要があると示唆される。ここで、含水率と含浸深さの関係には、式 (1) と式 (2) のような負の線形関係が存在する。

$$A \text{ 材} : D = -1.19w + 10.23, R^2 = 0.94 \quad \text{式 (1)}$$

$$B \text{ 材} : D = -0.85w + 8.00, R^2 = 0.82 \quad \text{式 (2)}$$

両式とも決定係数が高く、母材表層の含水率を測定することで、実際の含浸深さを予測できる可能性があり、今後さらに実構造物での実測データなども集積することで、予測式の精度が上がると思われる。

3.3 塗布面の出来形と含浸深さの関係

塗布面の出来形の違いと含浸深さの試験結果は図-3 に示すとおりである。型枠面や均し面と比べて、塗布面のち密性が高いと考えられる切断面の方が、予想に反して含浸深さが大きい結果となった。母材を作製する時の突固めやコテ均しなどによる影響も一因と考えられるが、塗布面のち密性の違いは含浸深さに大きく影響しない可能性もあり、今後さらに実験データを集積するなど、検討する必要がある。

3.4 塗布面の出来形と水接触角の関係

塗布面の出来形の違いと含浸材無塗布の結果を図-4 に示す。無塗布の表面における水接触角は約 40° であるのに対して、いずれの含浸材も 90° 以上の接触角となっており、含浸材を塗布することにより良好な撥水性を有する領域が得られることが分かる。また、B 材の水接触角は 120° 程度であり、期待したとおり撥水性の向上効果が大きい結果が得られた。なお、B 材において、型枠面の水接触角が他の面と比べて小さい結果となったが、A 材も含めて他の測定値に大きな違いはないことから、出来形の違いによる影響というより、塗布面の含水状態や塗布ムラ等の影響によるものと考察される。

前述の図-3 を見ると、B 材の方が A 材よりも僅かに含浸深さが小さくなったが、図-4 に示す水接触角は逆に B 材の方が大きい結果となった。単に含浸深さを大きくすることでは撥水性の向上には繋がらない可能性を示唆する結果であり、含浸材の表層部の膜厚や深さ方向の濃度分布を含めて、今後、定量的な検討を行なう必要がある。

4. おわりに

両剤の含浸深さはコンクリートの表層含水率と高い相関性があり、含水率を 5% 程度以下の状態で塗布する必要があることが確認された。また、含浸深さ以外に、水接触角も一つの評価指標になり得ることから、今後水接触角と耐久性の関係について定量的な評価を進める所存である。

参考文献

- 1) 小室拓弥, 永井香織, 湯浅昇, 松井勇: 表面構造と水接触角の関係に関する研究-素地を変更した場合の比較-, 日本大学生産工学部第 48 回学術講演会講演概要, 4-32, pp.511-514, 2015.

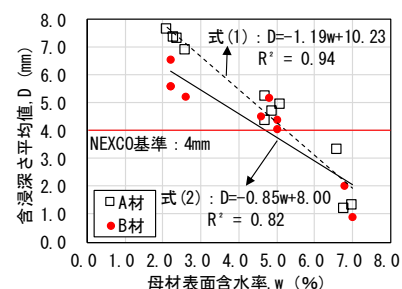


図-2 表面含水率 vs 含浸深さ

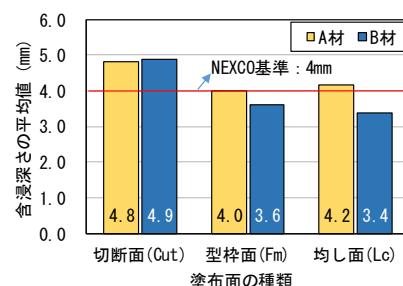


図-3 異なる塗布面の含浸深さ

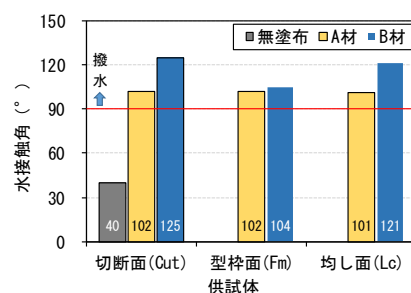


図-4 異なる塗布面の水接触角