

## 塗布材齢の違いが表面含浸材の吸水抑制効果に与える影響

鹿児島大学 学生会員 ○坂元 貴之 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司  
 鹿児島大学大学院 学生会員 樋原 弘貴 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸  
 鹿児島大学大学院 学生会員 白澤 直

### 1.はじめに

近年、コンクリートの耐久性向上やひび割れ補修の目的で表面含浸材が多く活用され始めている。ただし、表面含浸材は多種多様であり、さらに、塗布方法や塗布時期などもその種類ごとに異なっている。そこで、本研究では施工実績のあるケイ酸塩系表面含浸材 6 種類を取り上げ、既に先行して研究が進められ、ある程度の知見も得られているシラン系表面含浸材 2 種類を加えた計 8 種類を用いて、吸水試験、透気性試験、乾燥収縮試験、あるいは中性化抵抗性試験等を実施し、塗布時期の違いが表面含浸材の効果に与える影響について検討を行っている。ここではこの内、吸水試験を中心に報告する。

### 2.使用した表面含浸材種類

本実験で使用した表面含浸材は、表-1 に示すように、ケイ酸ナトリウムを主成分とした A, C, F, ケイ酸ナトリウム・カリウムを主成分とした B, D, ケイ酸リチウムを主成分とした L といったケイ酸塩系表面含浸材に分類される 6 種類と、シラン系表面含浸材に分類される E, S の 2 種類である。なお、シラン系含浸材の E にはケイ酸塩も含まれており、ケイ酸塩系の特徴であるコンクリート表層部の緻密化も狙ったものとなっている。塗布量および塗布方法は、各製品取り扱い規定に準じて行った。

表-1 使用した表面含浸材種類

| 主な成分                | 含浸材種類   |
|---------------------|---------|
| ケイ酸ナトリウム            | A, C, F |
| ケイ酸ナトリウム<br>ケイ酸カリウム | B, D    |
| ケイ酸リチウム             | L       |
| シラン系+ケイ酸塩           | E       |
| シラン系                | S       |

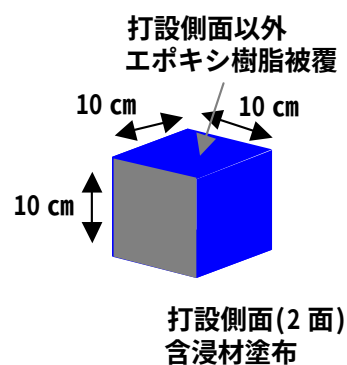


図-1 供試体概要

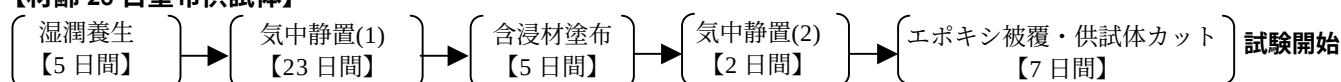
### 3.試験概要

実験に用いた供試体は、図-1 に示す水セメント比 50% の 10cm×10cm×10cm の角柱コンクリートである。表面含浸材の塗布にあたっては、試験面を打設側面（2 面）とし、そこに所定の材齢で塗布を行い、その後、試験面以外は全てエポキシ樹脂で被覆した。試験開始までの養生方法や塗布期間等については、材齢 7 日と材齢 28 日の場合それぞれについて、図-2 に示す。

#### 【材齢 7 日塗布供試体】



#### 【材齢 28 日塗布供試体】



※気中静置(1) 雨水のあたらない屋外 ※気中静置(2) 屋内環境

図-2 試験開始までの供試体の養生方法や塗布工程

### 4.吸水試験方法

図-3 に示すように、供試体は、いずれもその含浸面および無塗布供試体の試験面が側面となり、供試体の上面が水面下 20mm になるようにして、水中に浸せきした。その際、供試体の下面が試験用容器底面から 10mm になるようにスペーサーを配置しており、また、隣接供試体との間隔も十分に確保した。試験開始時から 1, 2, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 63 日後に、試験用容器から供試体を取り出し、表面の水分を除去した後、質量 (Wai) を測定し、式 (1) を用いて吸水率 (Wa) を算出した。さらに、無塗布供試体に対する塗布供試体の吸水率の比を吸水比として算出した。なお、吸水比は各 3 体の平均値で表している。

$$W_a = \frac{W_{ai} - W_{ao}}{W_{ao}} \times 100 \quad (1)$$

ここに、 $W_a$ ：吸水率（％）

$W_{ao}$ ：試験開始時の試験体質量（g）

$W_{ai}$ ：試験開始時から測定時における試験体質量（g）

## 5. 結果および考察

図-4 には、材齢 7 日あるいは 28 日にそれぞれ含浸材を塗布した場合について、吸水試験開始後 63 日を経過した時点での各種含浸材塗布供試体の吸水比（無塗布供試体の吸水率に対する比率）を示す。まず、ケイ酸塩系表面含浸材である含浸材種類 A, B, C, D, F, L を塗布した供試体についてみると、材齢 7 日で塗布した場合には、いずれの含浸材を塗布した場合とも、無塗布の場合との間に明確な差は見られず、これらの含浸材に吸水抑制効果は認められないとする結果となった。また、現在のところ理由は定かではないが、含浸材 L のように、吸水率が無塗布供試体よりも大きくなるようなものも確認された。これに対して、材齢 28 日に塗布した場合には、含浸材の種類ごとに抑制効果の程度に多少の差はみられるものの、いずれの材料も吸水比は 1 以下となり、明確な吸水抑制効果が認められた。

このように、塗布時期によって表面含浸材の効果が発揮される場合とされない場合がある状況は、別途に実施している透気性試験や中性化促進試験などの試験においても同様に表れた。ケイ酸塩系表面含浸材のコンクリート表層部の改質機構の基本は、この材料がコンクリート中の Ca イオンと反応することで、空隙内に C-S-H 結晶を生成しコンクリート表層を緻密化することにある。このことから想定されることとして、材齢 7 日程度のコンクリートでは、セメントの水和反応が十分に進行していないために、水和反応過程で生成される  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の絶対量も未だ少なく、表面含浸材の反応に必要な最低限の Ca 量がコンクリート内に存在していなかったことが一因として考えられる。なお、シラン系含浸材 E, S の場合においても、材齢 7 日で塗布した場合には含浸材 E のように無塗布よりもかえって吸水率が大きくなるものもあれば、含浸材 S のように明確な抑制効果を示すものもあり、一方、材齢 28 日で塗布した場合には、両者とも吸水抑制効果が発揮されることが分かった。

図-5 には、ケイ酸塩系表面含浸材の塗布材齢ごとに吸水比の密度分布を示す。図中の曲線は密度分布を示し、プロットは供試体個数をそれぞれ示している。密度分布が最大になる吸水比は、材齢 7 日で塗布した場合には 0.98（標準偏差 0.14）、材齢 28 日で塗布した場合には 0.79（標準偏差 0.11）となる結果を示し、材齢 28 日に塗布したものは含浸材種類ごとの効果のバラツキも小さくなることが分かった。

## 6. まとめ

塗布時期の違いが表面含浸材の効果に及ぼす影響について検討を行った結果、ケイ酸塩系含浸材は、材齢が初期のコンクリートに塗布するより、水和反応がある程度進行したコンクリートに塗布した方が適切な含浸材の効果が発揮されることが示唆された。なお、本研究はケイ酸塩系浸透性コンクリート保護材研究会との研究成果の一部について報告したものである。関係者各位に謝意を表す。

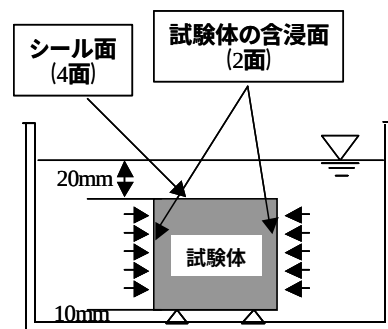


図-3 吸水試験概要

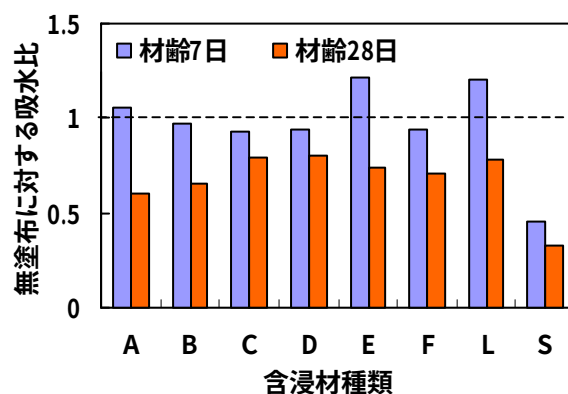


図-4 塗布供試体の無塗布に対する吸水比

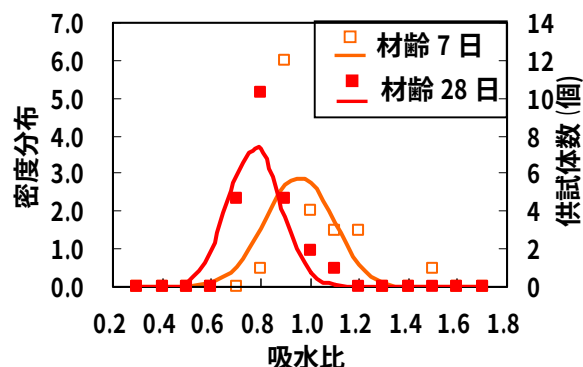


図-5 ケイ酸塩系表面含浸材の吸水比の密度分布