

## 塗布型収縮低減剤の浸透モデルと諸特性

### その1 浸透モデル

(株)フローリック 正会員 ○西 祐宜  
同 正会員 熊本 光弘

#### 1. 目的

塗布型収縮低減剤(以下塗布型 SRA)の浸透深さのモデル化を試み、実際にモルタル試験を行いモデルの整合性を確認した。また、その2ではコンクリート実験にて収縮低減効果を含めた塗布型収縮低減剤の性能確認を行なった。

#### 2. 実験概要

本実験では、表1に示す性質の異なる塗布型 SRA(界面活性剤)を用いて実験に使用した。

表1 化合物の特性

| 種別 | 化合物(用途)               | 密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 粘度 (mPa・s) | 表面張力 (mN/m) | 接触角 vs ガラス(°) |
|----|-----------------------|-------------------------|------------|-------------|---------------|
| A  | 界面活性剤(塗布型 SRA)        | 1.023                   | 23         | 34          | 25            |
| B  | 界面活性剤(塗布型 SRA)        | 1.039                   | 19         | 35          | 25            |
| C  | 界面活性剤(乾燥収縮低減剤)        | 1.017                   | 92         | 34          | 25            |
| D  | 界面活性剤                 | 1.009                   | 427        | 33          | 30            |
| E  | 界面活性剤                 | 0.957                   | 12         | 31          | 20            |
| F  | H <sub>2</sub> O(水道水) | 0.998                   | 1          | 72          | 26            |

##### (1) 浸透深さのモデル

浸透力は毛管吸収と捉え、式1に示す基礎式 Lucas-Washburn 式(以下 LW 式)を採用し浸透力の要素を抽出した。ここで、l:浸透深さ、r:毛管半径、γ:表面張力、θ:接触角、η:粘度、t:時間である。

供試体条件が同一であるとき、ある時間における浸透深さは、液体の表面張力、液体と毛細管壁の間に出来る接触角のコサインのそれぞれ平方根に比例し、液体の粘度の平方根に反比例する。垂直面における接触角の変化を考慮しない場合、浸透力は“θ>90°のときは固体表面を濡らさない”“0°<θ<90°のとき、θ が小さいほど浸透力は高い”“表面張力が高いほうが浸透力は高い”“粘度が低いほうが浸透力は高い”といった液体特性に浸透力は要約される。また、水は特に浸透力が強い液体と言える。

$$l = \sqrt{\frac{r\gamma \cos\theta}{2\eta} t} \quad \text{式(1)}$$

一方で、液体と固体の接着仕事 W<sub>A</sub> は、式2の Dupre の式で表せる。ここで、γ<sub>L</sub> は液体の表面張力であり、LW 式と同様に接触角が小さく、表面張力大きいほど接着力が強いといえる。

$$W_A = (1 + \cos\theta) \cdot \gamma_L \quad \text{式(2)}$$

また、円直面の液垂れに関しては下記の式3で表せる。ここで、X:膜厚、SO:降伏値、ρ:密度、g:重力加速度である。鉛直面に同量を塗布した場合、膜厚が厚く、密度が大きいほど液垂れ量は増加する。また、浸透力が弱いと膜厚は厚くなる。更に液体が低粘度であると降伏値が小さくなる傾向にあり、液垂れ量は増加する。

$$X = SO / (\rho \cdot g) \quad \text{式(3)}$$

浸透力に与える他の要因は、分子量や親水性の程度が挙げられる。低分子の化合物のほうがより微細な細孔に浸透しやすく、また、親水性が高いほうが吸着水を媒体に移動しやすいと考えられる。更に重力方向への圧力、固体のラフネス、毛管の形状等、本実験ではこれらの影響は無視している。

##### (2) モルタル試験

使用材料は上水道水および普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm<sup>3</sup>)、セメント強さ用標準砂(絶乾密度:2.64g/cm<sup>3</sup>, 吸水率:0.42%)を使用した。配合条件は W/C=0.5, S/C=3.0 とし、4×4×16cm の供試体を作製した。液垂れ試験は、打設後 24h で脱形した供試体を使用した。シャーレに供試体を縦置きし、150g/m<sup>2</sup> を刷毛で塗布した後、シャーレに溜まった 30 分後の液垂れ量を確認した。浸透深さ試験は、1W 標準養生した供試体を使用した。シャーレに 30g の塗布型 SRA を入れ、供試体長辺部周囲をガムテープで封緘状態にし、短面を塗布型 SRA に浸して下面吸収させ、経時的にシャーレ内の質量を測定し、浸透量を確認した。また、300 分後

キーワード 塗布型収縮低減剤, Lucas-Washburn 式, 浸透深さ, 液垂れ, 表面張力, 接着力

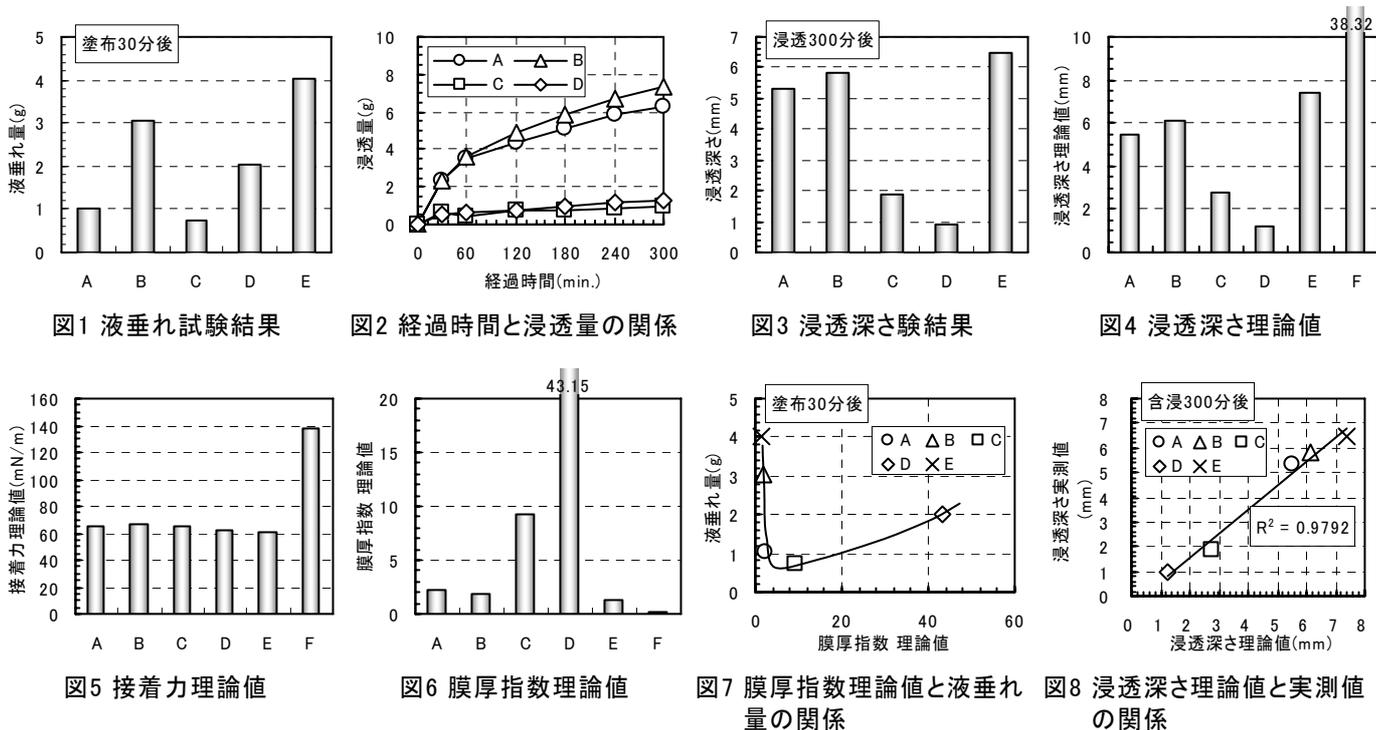
連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 33-1 (株)フローリック コンクリート研究所 TEL029-877-1945

に供試体を割裂し、色調が変化している部分を浸透深さとしてノギスで測定した。

### 3. 実験結果および考察

図1に塗布30分後の液垂れ量試験結果、図2に経過時間と浸透量の関係、図3に浸透時間300分後の浸透深さ試験結果を示す。図1に示す塗布30分後の液垂れ量は化合物の種別によって大きく異なる結果となった。また、図2に示す浸透量はAおよびBが最も多くCおよびDは殆ど浸透しない結果となった。Cは練りこみ型の乾燥収縮低減剤であるが、塗布型SRAとして特化した収縮低減剤とは浸透量が全く異なることがわかる。図3に示す浸透深さは浸透量に比例して深くなる結果であった。

モデル化に使用した条件は、モルタル実験と統一した。条件は下面表面の全毛細管半径 2500 $\mu\text{m}$ 、浸透時間 300min.、重力加速度 9.807 $\text{m}/\text{sec}^2$  と仮定した。式(1), (2), (3)を用いて算出した浸透量、接着力、膜厚指数の理論値を図4~6に示す。膜厚指数は、降伏値が粘度に依存するとして式(3)を用いて設定した指数である。膜厚指数が大きいほど膜厚は厚くなる。図4に示すように浸透深さ理論値は粘度に支配的な影響を受ける。水は最も浸透しやすい物質といえる。また、図5に示す接着力理論値は水以外に殆ど差は見られなかった。図6に示す膜厚指数も粘度の依存性が高い結果であった。図7に示す膜厚指数と液垂れ量の関係は、ある膜厚指数のときに液垂れ量が極小値を取る結果となった。この現象は化合物の粘度が小さく膜厚が非常に薄くなる場合は塗布直後、一気に液垂れし、粘度が高く膜厚が厚くなる化合物も液垂れが経時的に増加する現象を示している。塗布型SRAとして施工に適した粘度が存在することが分かる。図8に浸透深さの理論値と実測値の関係を示す。LW式を用いて算出した浸透深さの理論値と実測値の関係は非常に寄与率が高く、LW式により浸透深さが評価できることを示唆している。また、各化合物の表面張力や対ガラスの接触角があまり変わらないことから、浸透深さは化合物の粘度が支配的な影響を及ぼすといえる。



### 4. まとめ

塗布型収縮低減剤の液垂れ量が最も少なくなる、付着膜厚が存在することが示唆された。膜厚は化合物の粘度および密度、接着力、浸透力に影響を受ける。また、塗布型収縮低減剤の浸透深さはLW式で精度良く評価できることが確認された。浸透深さは化合物の粘度に依存することが判明し、理論値と実測値で高い相関性が確認された。