

表面撥水性を強化したシラン系表面含浸材の基本性能

太平洋セメント株式会社 正会員 ○浜中 昭徳*
太平洋マテリアル株式会社 正会員 竹下 永造**

1. はじめに

鉄筋コンクリートにとって最大の劣化因子である水および水に溶解する劣化因子の浸入を効果的に抑制するものとして、また比較的簡便な施工で高い効果が得られるものとして撥水性を有する表面含浸材が注目されている。シランモノマーからなる表面含浸材は分子が小さいゆえに深くまで含浸する反面、表層の撥水性を得るにはより多くの量を塗布する必要があったのに対し、オリゴマーであるシロキサンを適量配合することで表層の撥水性を付与したシラン・シロキサン系の表面含浸材が開発された¹⁾ ことが、撥水性の表面含浸材の土木構造物への適用が拓がったきっかけの1つとなっている。本研究ではシランモノマーに撥水性を強化した分子を混合することにより、含浸深さと表面撥水性の両立を図って設計されたシラン系表面含浸材の基本性能について検討した。またその中で中性化、塩化物イオン浸透の評価方法について提案をするものである。

2. 評価に用いた表面含浸材

表1に評価に用いた表面含浸材水準を示す。シラン・シロキサン系としてエマルジョンタイプと無溶剤タイプの2種、表面撥水性を強化したシラン系、の計3種について比較を行なった。

3. 試験方法

3.1. 含浸深さ, 吸水率, 透水量, 透湿度

JSCE-K 571-2013 に準じて試験を行なった。塗布基材はS/C=3 のモルタルを使用した。但し吸水率, 透水量, 透湿度は塗布 3 日後から試験を開始し 28 日間継続して行なった。

3.2. 中性化抵抗性, 塩化物イオン浸透抵抗性

3.1と同様にJSCE-K 571-2013に準じて行ない、但し各試験は塗布 3 日後より開始した。さらに、中性化試験体についてはEPMAのNa, Sの面分析及び表層から順に削り取った粉末のTG-DTAで、塩化物イオン浸透試験体についてもEPMAのClの面分析でも評価を行なった。

4. 試験結果

4.1. 含浸深さ

表面含浸材の含浸深さを図1に示す。SS-1, SS-2 は粘性が高く水平面に1回で全量を塗布したが含浸に時間を要した。BE-S は2回に分けて塗布したが含浸が早く、塗布完了に時間を要しなかった。若干の差はあるものの BE-S の含浸深さは両シラン・シロキサン系表面含浸材に遜色なかった。

4.2. 吸水率, 透水量

表面含浸材が塗布されたモルタル基材の吸水率, 透水量をそれぞれ図2, 図3に示す。いずれもシラン・シロキサン系の2種と遜色ない性能を示した。

キーワード: 表面含浸材, シラン, 含浸深さ, 中性化, 塩化物イオン浸透

連絡先: * 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株)中央研究所 tel 043-498-3905

** 〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋マテリアル(株)開発研究所 tel 043-498-3921

略号	概要	塗布量
PL	表面含浸材なし	0g/m ²
SS-1	シラン・シロキサン系, エマルジョンタイプ, フォーム状, 固形分80%	200g/m ²
SS-2	シラン・シロキサン系, 無溶剤タイプ, ジェル状, 有効成分90%以上	200g/m ²
BE-S	シラン系表面撥水強化, 無溶剤タイプ, 低粘性液体状, 有効成分99%以上	200g/m ²

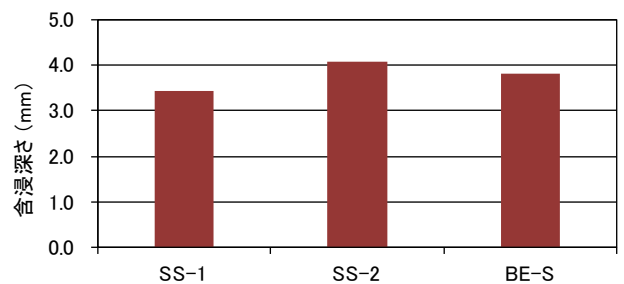


図1 表面含浸材の含浸深さ

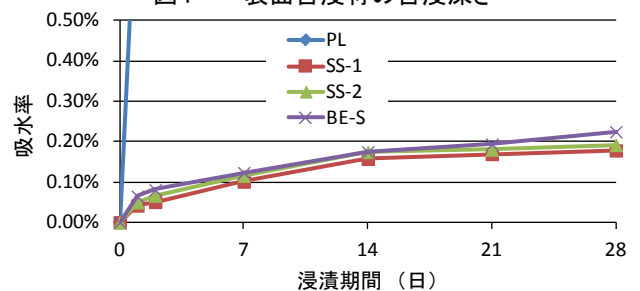


図2 吸水率

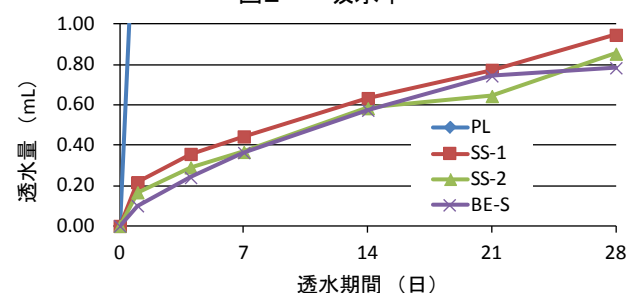


図3 透水量

4.3. 透湿度(透湿量)

透湿量経時変化を図4に示す。表面含浸材の含浸深さに応じ初期の透湿量が少なく、しかし4日以降の傾きはほぼ同一となった。含浸・改質され水の少ない領域が透湿経路の長さに影響していると推察される。

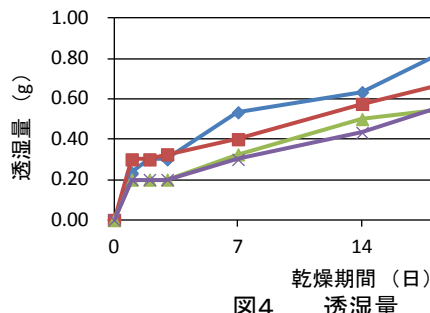


図4



写真1 中性化試験体(BE-S)のフェノールフタレイン呈色状況(表層部拡大)

4.4. 中性化

写真1にBE-Sの中性化4週後試験体表層部のフェノールフタレイン溶液呈色状況を示す。BE-S含浸領域は撥水性に改質され呈色試薬が弾かれ中性化範囲が判別しづらかった。非呈色にも見える深さは5.5~7mm程度であった。一方、小林らによってNaが非炭酸化領域から炭酸化領域へ、Sが逆に炭酸化領域から非炭酸化領域に移動・濃縮することが示されている²⁾。図5にPL及びBE-Sの中性化試験体のEPMAによる面分析結果を示す。Na及びSの濃縮状況からBE-Sの中性化深さはPLの約半分、3mm程度であると示唆される。図6にBE-Sの中性化試験体の表層から削り取った粉末のTG-DTA解析結果を示す。深さ5mmの位置で450℃付近の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の減量が認められ、700℃付近の CaCO_3 の減量が僅かとなっていることからEPMA面分析から示唆される中性化深さが確からしいことが裏付けられた。

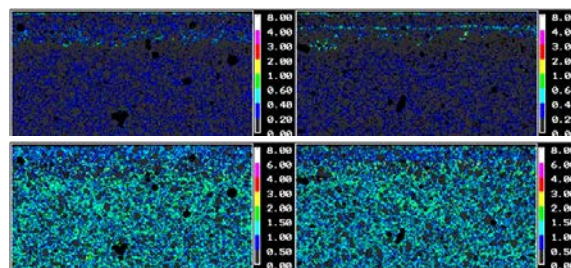


図5 中性化試験体 EPMAによる面分析結果(上面が曝気面)

上段: Na, 下段: S / 左: PL, 右: BE-S

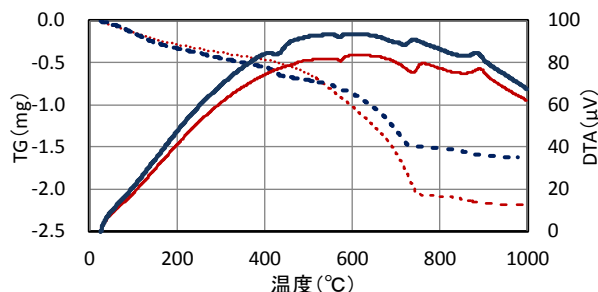


図6 中性化試験体表層のTG-DTA解析結果(BE-S)

..... TG: 深さ3mm付近 --- TG: 深さ5mm付近
— DTA: 深さ3mm付近 --- DTA: 深さ5mm付近

4.5. 塩化物イオン浸透抵抗性

63日間3%塩化ナトリウム水溶液に浸漬した試験体の塩化物イオン浸透深さを測定した。JSCE-K 571-2013では塩化物イオン浸透深さを硝酸銀溶液とフルオレセイン溶液による呈色から浸透深さを測ることとしている。しかしながら4.4と同様に呈色試薬を弾いてしまい正確な浸透深さの測定が困難であったため、EPMAによるClの面分析を行なった(図7)。BE-Sは効果的に塩化物イオン浸透を抑制しており、SS-2とほぼ同等の抵抗性を示した。

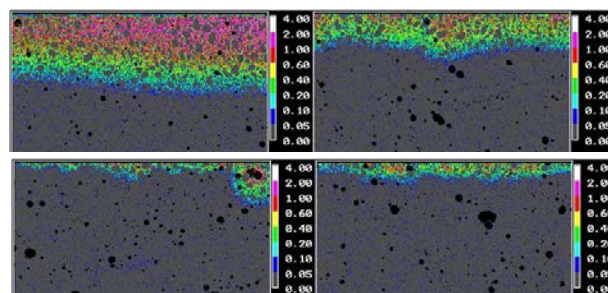


図7 塩化物イオン浸透試験体のEPMAによるClの面分析結果(上面が塩水接触面)

上段左: PL 上段右: SS-1
下段左: SS-2 下段右: BE-S

5. まとめ

- (1) 撥水性を強化した分子を混合したシラン系含浸材は含浸が早く、シラン・シロキサン系含浸材よりも塗布完了までに掛かる時間が大幅に短縮した。含浸深さ、対吸水、対透水、塩化物イオン抵抗性の各性能はシラン・シロキサン系含浸材と遜色ない結果であった。また4週の促進中性化の進行は無塗布の半分程度と高い抵抗性を示した。
- (2) 表面含浸材の含浸深さに応じて水蒸気透過の経路が長くなり、透水速度が一定となるまで時間を要した。
- (3) 撥水性含浸材塗布試験体の中性化深さ、塩化物イオン浸透深さ測定方法としてEPMAによる評価を提案する。

参考文献

- 1) 安田和弘, 渡邊賢三, 横関康祐, 坂田昇: シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材によるコンクリートの耐久性向上に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1, pp.705-710, 2002
- 2) 小林一輔, 白木亮司, 河合研至: 炭酸化によって引き起こされるコンクリート中の塩化物, 硫黄化合物及びアルカリ化合物の移動と濃縮, コンクリート工学論文集, 第1巻, 第2号, pp.69-82, 1990