

アルコキシシラン系表面含浸材によるコンクリートの耐久性向上に関する研究

住友大阪セメント(株) 正会員 ○榊原 弘幸
住友大阪セメント(株) 杉浦 章雄
昭和コンクリート工業(株) 橘 修
(株)ディ・アンド・ディ 山口 達夫

1. 目的

シラン系、けい酸塩系等の含浸材を用いた表面含浸工法は、コンクリート表面の外観を著しく損ねることがなく、比較的少ない工程、短い期間で施工できることから、近年、コンクリートの耐久性向上を目的として使用されてきている。この中で、シラン系表面含浸材は、撥水による吸水防止性とそれに伴う遮塩性および透湿性には優れているものの、中性化抑制性については無処理に比較してある程度の効果であると報告¹⁾されている。シラン系表面含浸材の中性化抑制性がさらに向上すれば、コンクリート構造物のライフサイクルコスト低減に大きく貢献できると考えられる。そこで本研究では、中性化抑制性を向上させるため、3次元ポリマー化に優れている新しいアルコキシシランを用いた表面含浸材2種類(A,B)に関して、塗布後の外観観察およびコンクリートの耐久性試験などを行い、その耐久性向上効果について検討を行った。

2. 実験概要

実験に用いたコンクリートの配合を表1に示す。セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm^3)、細骨材は掛川産陸砂(密度 2.58g/cm^3)、粗骨材は岩瀬産碎石(Gmax20mm,密度 2.66g/cm^3)を用いた。表面含浸材の試験方法(JSCE-K571-2005)に準じて $100\times$

表-1 実験に使用したコンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				スランプ (cm)	空気量 (%)	28日圧縮強度 (N/mm ²)
		W	C	S	G			
60	45	180	300	813	978	18.5	4.5	35.4

表-2 実験に使用した表面含浸材の種類

No.	主成分	外観	固形分 (%)	密度 (g/cm ³)	粘度 (mPa·s)	使用方法
A	アルコキシシラン加水分解縮合物	無色透明	100	1.11	17	原液塗布
B	同上	無色透明	100	1.07	3	同上
C	アルキルアルコキシシラン,ポリアルキルアルコキシシロキサン,水	乳白色	50	0.95	10~200	5倍希釈
D	アルコキシシラン,フッ素樹脂,水	乳白色	25	1.03	10~200	原液塗布

$100\times 100\text{mm}$ の試験用基板を作製した。表2に示す表面含浸材を、作製した試験用基板の1面に各使用方法に準じて 200g/m^2 (含浸材Aのみ 100g/m^2 も実施)塗布し、 20°C 、 $60\%\text{RH}$ で2週間養生後、試験体とした。養生終了後、表面含浸材の試験方法(JSCE-K571-2005)に準じて、外観観察試験、透湿度試験、中性化に対する抵抗性試験、塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験を行った。また、表面含浸材Aについては、 $\Phi 100\times$ 厚さ5mmのモルタル基板(S/C=3, W/C=50%, 20°C 60%RH・2週間養生)に 200g/m^2 塗布し、 20°C 、60%RH・28日間養生を行った後、水銀圧入ポロシメーターによる細孔径分布測定および走査型電子顕微鏡による組織観察を行った。

3. 実験結果および考察

(1)外観観察試験：図1に外観観察試験結果を示す。撥水性の強いアルコキシシラン系含浸材Cに比較して、フッ素樹脂が表面で成膜するタイプの含浸材Dは若干濡れ色がある。ポリマー化が優れている含浸材A、Bでは濡れ色が強く残っている。

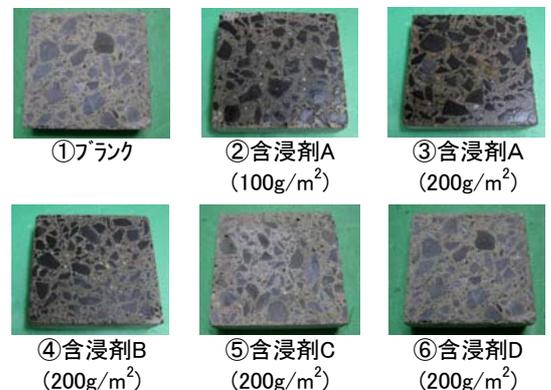


図-1 表面含浸材塗布試験体の外観(塗布1日後)

キーワード：表面含浸材，アルコキシシラン，耐久性，中性化，充填

連絡先：〒274-8601 千葉県船橋市豊富町585 住友大阪セメント(株)セメント・コンクリート研究所 TEL：047-457-0184

(2)透湿度試験：図2に透湿度試験結果を示す。いずれの含浸材も透湿度が85%以上あり、ブランクの試験体と大きな差がなく、含浸後のコンクリートでも高い透湿性を有している。

(3)中性化に対する抵抗性試験：図3に中性化に対する抵抗性試験結果を示す。含浸材Aはいずれの塗布量においても材齢26週まで中性化深さが0mmであり、非常に高い中性化抵抗性を示した。次いで材齢4週まで中性化深さが0mmであった含浸材Bが高い抵抗性を示した。中性化に対する抵抗性は、A>B>D>Cの順で高い。

(4)塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験：図4に塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験結果を示す。含浸材Aは塩化物イオン浸透深さが1mm未満であり非常に高い遮塩性を示している。塩化物イオン浸透に対する抵抗性は、A>C>B,Dの順で高い。

(5)細孔径分布測定：図5に含浸材Aを塗布したモルタルの細孔径分布測定結果を示す。塗布することで細孔直径0.1~1 μ mの細孔量が大きく減少し、毛細管空隙の充填が伺えた。

(6)走査型電子顕微鏡観察：図6に含浸材Aを塗布したモルタルの走査型電子顕微鏡写真を示す。無処理に比べて、含浸材Aを塗布したモルタルの組織は緻密であり、上記細孔径分布測定結果と合わせると、含浸材が内部に浸透し、毛細管空隙中で3次元ポリマー化して、空隙を充填していると考えられる。

一般に撥水性の強いアルコキシシラン系含浸材は、毛細管空隙に浸透し、表面にアルキル基を向けることによる撥水作用で吸水を防止し、結果として媒体となる水の移動を抑制するため、塩化物イオンの浸透を抑制していると考えられている。また、毛細管空隙を必ずしも充填していないため、CO₂や水蒸気等のガスの移動については妨げていない。これに対して含浸材A,Bは水蒸気は透過するが、CO₂は透過しにくく、中性化に対する抵抗性が高く、撥水性以外に毛細管空隙の充填が有害因子の遮蔽に大きく寄与していると考えられる。

4. まとめ

一般的なアルキル基により強い撥水性を示すアルコキシシラン系含浸材と異なり、3次元ポリマー化に優れたアルコキシシランを用いた含浸材は、モルタル、コンクリートの毛細管空隙に浸透し、充填することで、被塗布体の中性化に対する抵抗性、塩化物イオン浸透に対する抵抗性を向上できることがわかった。ただし、塗布表面に濡れ色が残ることから、使用するアルコキシシランの種類など、さらに検討を加える必要がある。

参考文献

- 1)加藤淳司他：中性化抑制機能を付与したシラン系表面含浸材の性能評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.2，pp.799-804，2007

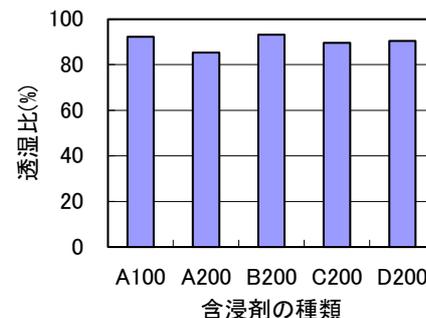


図-2 透湿試験結果

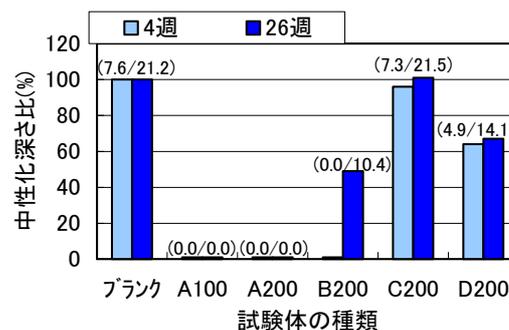


図-3 中性化に対する抵抗性試験結果 (図中の数字は各材齢における中性化深さmm)

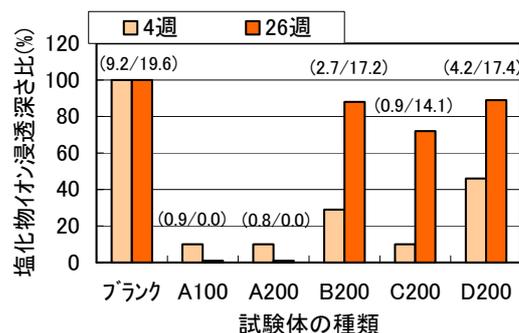


図-4 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験結果 (図中の数字は各材齢における塩化物イオン浸透深さmm)

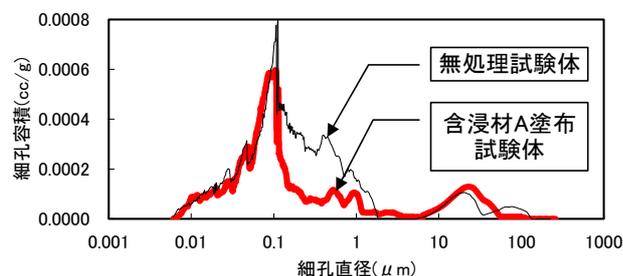


図-5 含浸材Aを塗布したモルタル試験体の細孔径分布

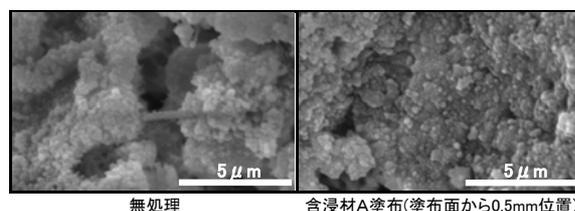


図-6 モルタルの走査型電子顕微鏡写真