

コンクリートのひび割れ部に対するけい酸塩系表面含浸材の改質効果の比較

金沢大学院 学生会員 ○室谷 卓実
 金沢大学理工学域 正会員 五十嵐 心一

1. 序論

けい酸塩系表面含浸材の中には反応型と固化型があり、それぞれ養生方法や改質メカニズムが異なる。そのため、各種表面含浸材が表層にもたらす改質効果や組織変化も異なると考えられ、これを明らかにすることは、表面含浸工法において表面含浸材の適切な選択のための判断根拠のひとつとなる。

本研究においては、ひび割れを導入したコンクリートに対する反応型けい酸塩系表面含浸材および固化型けい酸塩系表面含浸材の改質効果を比較しながら評価することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料および供試体作製

セメントには普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm³，比表面積 3310cm²/g）を使用し、骨材には川砂（密度：2.60g/cm³，吸水率：2.03 g/cm³）および川砂利（密度：2.58g/cm³，吸水率：1.98 g/cm³，G_{max}：25mm）を用い、AE 減水剤をセメント質量に対して 0.12%，AE 助剤を 3.3% 添加した。コンクリートの示方配合を表-1 に示す。表面含浸材にはけい酸ナトリウムおよびけい酸カリウムを主成分とする反応型けい酸塩系表面含浸材（固形分率 23%，密度 1.2g/cm³）と、けい酸リチウムを主成分とする固化型けい酸塩系表面含浸材（固形分率 23%，密度 1.2g/cm³）を用いた。JSCE-K 572 におけるひび割れ透水性試験を参考にし、JIS R 5201 に準じて水セメント比が 0.50 のコンクリート円柱供試体（直径 83mm，高さ 50mm）を JIS K 6741 に規定される呼び径 75mm の VU 管に打設した。打設後 24 時間にて脱型し、20℃の水中養生を行った。材齢 28 日にて 0.2mm 以下のひび割れを導入し、含浸材製造業者の指定する仕様に従って含浸材を断面に塗布した。塗布完了後、含浸材の反応を

促すために、反応型は所定材齢まで湿空養生（相対湿度 80%），固化型は気中養生（相対湿度 60%）を行った。

2.2 電気伝導率の測定

2.1 で作製した円板状供試体を用いて、塗布後材齢 3，7，14，28 日にて JSCE-G 571 および ASTM C 1202 に準じて電気泳動法を実施した。所定材齢前日にて、真空飽水処理を行った。セル溶液には 0.3mol/L の水酸化ナトリウム溶液を使用し、30V の電圧を負荷した後、通電開始 15 分後の電流値を測定し、式(1)により電気伝導率 σ を算出した。測定に用いた装置の模式図を図-1 に示す。

$$\sigma(\mu\text{S}/\text{cm}) = \frac{IL}{V \cdot A} \quad (1)$$

ここに I は電流値 (amps)，L は供試体長さ (cm)，V は電圧値 (V)，A は供試体の投影面積 (cm²) を表わす。

2.3 反射電子像観察および画像解析

所定材齢にて供試体表面部から試料を切り出し、エタノールに浸漬した。さらにエタノールを t-ブチルアルコールに完全に置換し、凍結真空乾燥を施した後、エポキシ樹脂を含浸させた。樹脂の硬化後、試料観察面を慎重に研磨し、金-パラジウム蒸着を行い反射電子像観察試料とした。観察倍率 500 倍にて研磨面の反射電子像を取得し、グレースケールに基づく 2 値化処理を施し、未水和セメントおよび粗大毛細管空隙を抽出した。未水和セメントおよび粗大毛細管空隙の体積率から、水和度および粗大毛細管空隙径分布を求めた。

2.4 Powers モデルによる構成相の推定

2.3 にて算出した水和度を用い、Powers の水和反応モデルを適用して反応生成物量および全毛細管空隙量を求めた。反応生成物中のゲル空隙の空隙率は 0.28 とし、ゲル空隙と反応生成物固体相が一体となってセメントゲルを構成するとした。Powers モデルにより生成されたセメントゲル体積を求め、全体積から未水和セ

表-1 コンクリートの示方配合

スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (cc/m ³)	
				水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	AE助剤
12±2	50	5±0.5	40	150	300	736	1083	360	990

キーワード けい酸塩系表面含浸材，固化型，反応型，電気伝導率，毛細管空隙，画像解析

連絡先

〒920-1192 金沢大学院自然科学研究科環境デザイン学専攻 TEL076-264-637

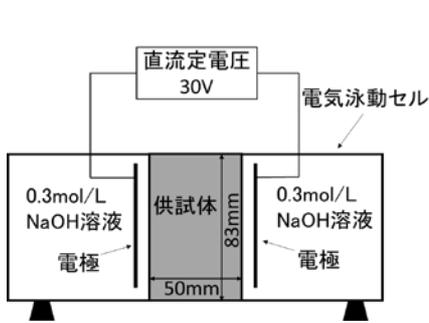


図-1 測定装置模式図

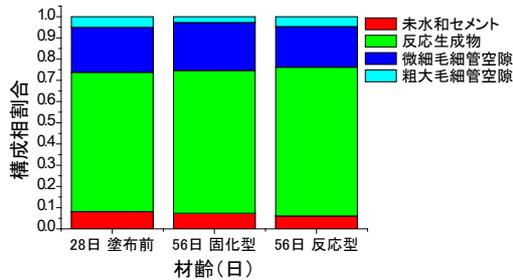


図-4 構成相割合

メントおよびセメントゲルを差し引くことによって全毛細管空隙を求めた。全毛細管空隙から画像解析より求めた粗大毛細管空隙を差し引いた残りの空隙は分解能以下の空隙であり、これを微細毛細管空隙とした。

3. 結果および考察

図-2 に電気伝導率試験結果を示す。ひび割れを導入することで電気伝導率が増加した。また、含浸材の塗布により電気伝導率が低下し、材齢 56 日においては原状供試体よりも低い値を示した。これは、含浸材の反応により電気伝導経路であるひび割れおよび毛細管空隙が充填されたためと考えられ、特に固化型のほうが短期間で電気伝導率が低下している点が特徴的である。

図-3 に塗布後 7 日におけるひび割れ部の拡大写真を示す。反応型はひび割れの閉塞は確認されなかったが、固化型はひび割れの閉塞が確認された。これより、固化型を使用した場合は主たる伝導経路と考えられるひび割れの閉塞により電気伝導経路が遮断され、反応型よりも短期間で低い値を示したと考えられる。また、固化型は 0.2mm 以下のひび割れなら比較的短期間にて閉塞可能であると思われる。

図-4 に Powers モデルと画像解析により求めた内部構成相割合を示す。いずれも未水和セメント量に変化はなく、水和反応はほとんど進行していない。このことから、電気伝導率の低下は表面含浸材の反応によるものが大きいと言える。また、固化型は反応型よりも表層の粗大毛細管空隙率が若干減少していることがわかる。

図-5 に画像解析により求めた粗大毛細管空隙径分布

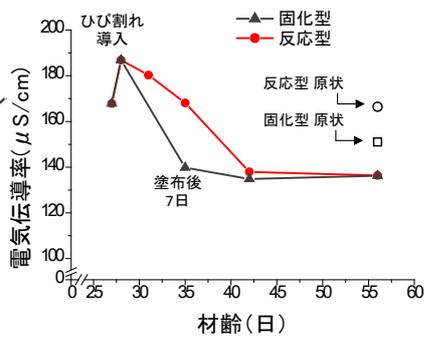


図-2 電気伝導率試験結果

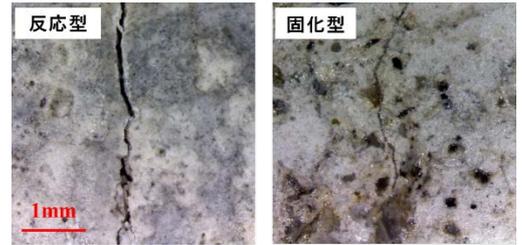


図-3 ひび割れ部の写真 (塗布後 7 日)

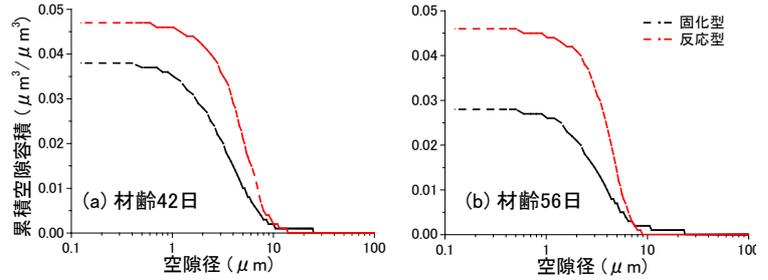


図-5 表層の粗大毛細管空隙径分布

を示す。反応型と固化型では空隙径分布が異なり、固化型のほうが反応型と比べ 2μm から 10μm 程度の大きな径の空隙が少なく、材齢の進行にともないこの寸法の空隙も減少している。以上のことから、固化型は反応型よりも表層の粗大毛細管空隙の空隙充填効果に優れており、比較的径の大きな空隙や微細なひび割れを充填することが可能であることが考えられる。また、固化型けい酸塩系表面含浸材における電気伝導率の低下はひび割れの閉塞だけでなく、表層の空隙充填の影響も含まれていると思われる。一方、反応型は表層における粗大毛細管空隙率の変化はほとんどなく、表面のひび割れの閉塞が確認されていないにも関わらず、材齢 56 日において固化型と同程度の電気伝導率を示した。このことから、反応型けい酸塩系表面含浸材における電気伝導率の低下は表層の空隙充填ではなく、導入されたひび割れの内部にて伝導経路の遮断がゆっくりと進行することによりもたらされたと考えられる。

4. 結論

固化型けい酸塩系表面含浸材と反応型けい酸塩系表面含浸材では、表層の空隙充填効果や充填可能な空隙径など異なるようであり、ひび割れがあるコンクリートに対しては、ひび割れの局所的な遮断の進行の程度が大きく異なると考えられる。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金 (基盤研究(A), 課題番号: 23246081, 基盤研究(c), 課題番号: 21560482) の交付を受けたものである。ここに記して謝意を表す。