

ケイ酸塩系表面含浸材によるひび割れ補修部での劣化因子の侵入抑制効果に関する基礎的研究

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

1. はじめに

近年、ひび割れ補修材の一つとして、ケイ酸塩系表面含浸材（以下、含浸材と称す）を用いたひび割れ補修が着目されている。この含浸材は水と Ca^{2+} と反応するため、漏水が生じるようなひび割れ箇所における補修に有効であり、既に実構造物において、トンネルや構造物の屋上などのひび割れに対する補修材として使用されている。しかしながら、ひび割れ部の止水効果については既に確認しているものの、劣化因子に対する侵入抑制効果については、十分に検討されていない^{1) 2)}。そこで本研究では、ひび割れを導入した供試体を作製し、含浸材を注入後、各種環境下に曝露し、各種劣化因子の抑制効果について検討を行った。

2. 実験概要および方法

本実験では、セメントに普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm^3 ）、細骨材に富士川産川砂（密度 2.65g/cm^3 、吸水率 1.93%）、粗骨材に鹿児島産砕石（密度 2.63%、吸水率 0.63%）を使用し、図-1 に示すように $\phi 10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 、かぶり 3cm となるように鉄筋を配筋した W/C70% の円柱コンクリート供試体を作製した。ひび割れは 28 日間水中養生を行った後、割裂によりひび割れ幅 0.1~0.2mm の範囲になるように導入した。その後、比較用のひび割れ無し供試体を含む全ての供試体の試験面を除く側面および底面をエポキシ樹脂にて被覆した。

実験に用いた含浸材種類は、表-1 に示す物性の含浸材 A、B の 2 種類と、含浸材 A と水溶性 Ca 化合物を混合することにより予め反応させたゲル（以下、反応ゲル A と称す）の計 3 種類を用いた。なお、比較用のひび割れ無し供試体には、含浸材 A、B の 2 種類を用いた。

ひび割れ有り供試体への含浸材注入は、図-2 に示す通り、注入器を直接ひび割れに固定し空気圧による低圧注入とした。ひび割れ無し供試体については、図-3 に示す手順で試験面全面に塗布を行った。

曝露環境としては、火山性酸性雨環境下である鹿児島市桜島と海洋環境下である鹿児島市谷山港（干満滞）の二ヶ所であり、曝露 1 年経過後に供試体を解体し、桜島曝露供試体は、中性化深さ、pH および鉄筋腐食量を、谷山港曝露供試体は、中性化深さ、塩化物イオン量および鉄筋腐食量をそれぞれ測定し、劣化因子の侵入抑制効果を評価した。

3. 結果および考察

i) 桜島曝露供試体(酸性雨環境下)

中性化深さとひび割れ幅の関係を図-4 に示す。まず、ひび割れ無し供試体（図中ひび割れ幅 0mm を示す）の中性化深さについてみると、無処理供試体は 4mm 程度であったのに対し、含浸材塗布供試体は、いずれも中性化は確認されなかった。これは、含浸材によるコンクリート表層部の緻密化によるものと考えられる。一方、ひび割れ有り供試体についてはひび割れ部の中性化深さを示したが、いずれの含浸材注

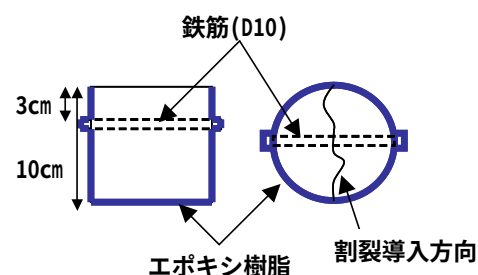


図-1 供試体概要

表-1 含浸材の物性および組成

含浸材種類		A	B
成分比 (%)	Na	5.7	8.9
	Si	10.6	17.3
pH		11.23	11.21
密度 (g/cm^3)		4.5	6.5
粘性 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)		1.1	1.23

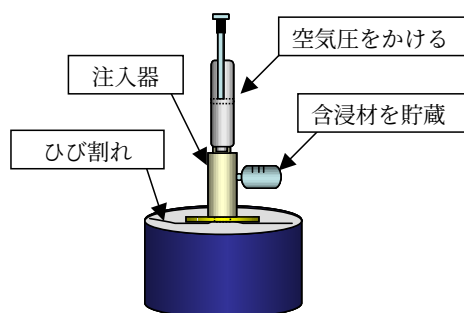


図-2 含浸材注入方法

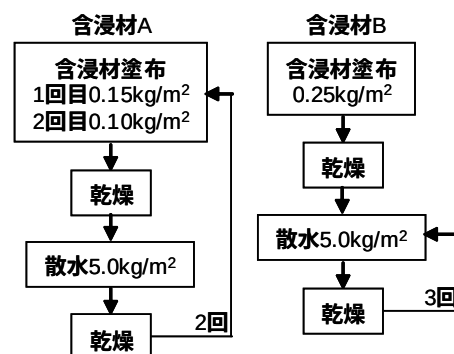


図-3 含浸材の塗布工程

入供試体とも、無処理供試体より中性化が抑制されていることが確認された。これは、含浸材を注入したことによって、ひび割れ内部にゲルが生成され、ひび割れを閉塞したことによるものと考えられる。含浸材種類ごとにみると、含浸材 A の抑制効果は含浸材 B ほど大きくはなく、ひび割れ内部に十分なゲルを生成できなかった可能性が示唆される。ただし、予めこの含浸材 A を反応させて生成した反応ゲル A を注入することで、抑制効果は明らかに改善されることが確認できた。

図-5 には、鉄筋位置の pH とひび割れ幅の関係を示す。まず、ひび割れ無し供試体についてみると、含浸材の有無に拘わらず、大きな差は認められなかった。次に、ひび割れ有り供試体についてみると、無処理供試体中の鉄筋位置の pH は、ひび割れ無し供試体に比べ、幾分か低下していたのに対し、含浸材注入供試体はいずれも、ひび割れ無し供試体と同程度であった。なお、鉄筋腐食については、曝露期間が1年と短いため、今回の解体調査では、いずれの供試体も確認されなかった。

ii) 谷山曝露供試体 (海洋環境下)

中性化深さとひび割れ幅の関係を図-6 に示す。まず、ひび割れ無し供試体についてみると、無処理供試体の中性化深さは 1.5mm 程度であったのに対し、含浸材塗布供試体では、いずれも桜島曝露供試体と同様に中性化は確認されなかった。また、ひび割れ有り供試体におけるひび割れ部の中性化深さについても、含浸材注入供試体では、ひび割れ幅の如何にかかわらず、無処理供試体と比べて明らかに小さくなる結果を示した。

図-7 には、全塩化物イオン量の測定値から Fick の拡散方程式により算出したひび割れ部の見かけの塩化物イオン拡散係数とひび割れ幅の関係を示す。この結果から、いずれの供試体もひび割れが大きくなるに従って、塩化物イオン拡散係数も大きくなる傾向にあるものの、含浸材注入供試体は、無処理供試体に比べてその値は小さく、特に 0.1mm 程度のひび割れにおいては、ひび割れ無しの無処理供試体と同程度の見かけの塩化物イオン拡散係数を示した。なお、今回の解体調査の時点では、明らかな腐食は確認されなかった。

4. まとめ

酸性雨環境や海洋環境下に1年間曝露を行い、含浸材注入によるひび割れからの劣化因子の侵入抑制効果について検討を行った。その結果、含浸材を注入することで、ひび割れからの中性化や塩化物イオンの侵入を抑制されることが確認された。

謝辞：なお、本研究は(株)環境美健との共同研究の成果の一部について報告したものである。関係各位に謝意を表す。

[参考文献]

- 1) 藤井知明, 出村克宣, 橋本純: ひび割れ供試体を用いた無機系表面含浸材の透水に対する抵抗性評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1957-1962, 2009
- 2) 櫛原弘貴, 武若耕司, 山口明伸, 白澤直: ケイ酸塩系表面含浸材を用いたひび割れ補修による止水効果に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1933-1938, 2009

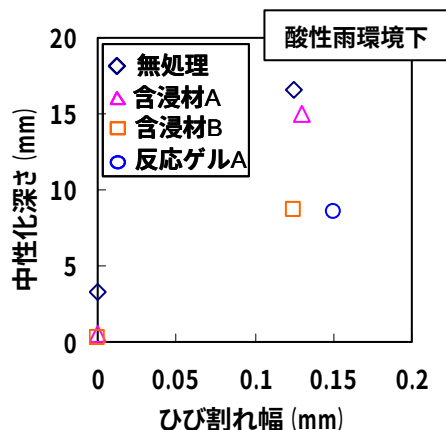


図-4 中性化深さとひび割れ幅の関係

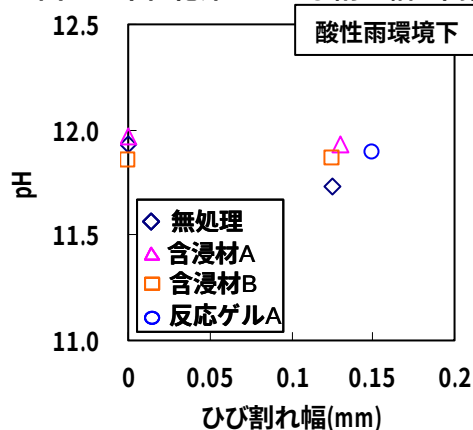


図-5 pHとひび割れ幅の関係

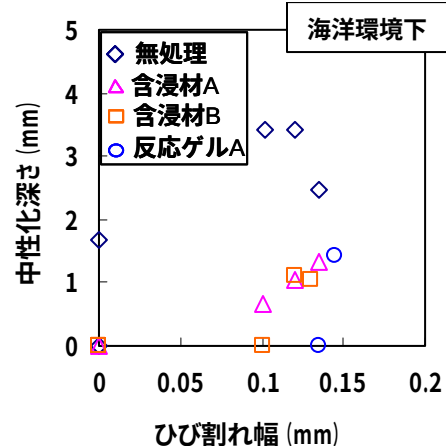


図-6 中性化深さとひび割れ幅の関係

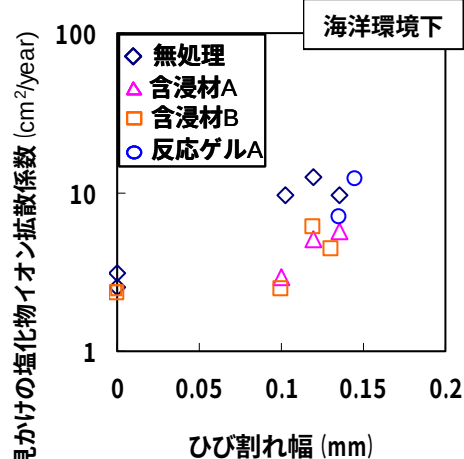


図-7 塩化物イオン拡散係数とひび割れ幅の関係