

けい酸塩系表面含浸材を塗布したモルタルの耐酸性に関する化学的基礎検討

金沢工業大学 正会員 ○大嶋 俊一 金沢工業大学 大西 由人
 金沢工業大学 東 美緒 金沢工業大学 小松 優
 金沢工業大学 正会員 宮里 心一

1. はじめに

近年注目を集めている表面含浸工法では、コンクリート表面に表面含浸材を塗布する事により、劣化因子の進入抑制効果や新たな性能を付与する効果をもたらす工法である。この際用いられる含浸材の一つにけい酸塩系含浸材が挙げられる。けい酸塩系含浸材は、コンクリート中の Ca^{2+} と反応してケイ酸カルシウムを生成することにより表層を緻密化し、劣化因子の進入を抑制する効果を有する。けい酸塩系含浸材を塗布したコンクリートについて、透水防止性、中性化抵抗性、塩害抑制効果などの観点から検討した報告例¹⁾はあるが、化学的浸食に対しては適用不可とされている²⁾。しかしながら、けい酸塩系含浸材は多くの実構造物に適用されているにも関わらず、定量的な塗布効果については、十分に解明されていないのが現状である。また表面含浸材を塗布した実構造物が酸性水に接する可能性は十分にあり得ることであり、表面含浸材の耐酸性について解明することは非常に重要である。そこで本研究では、けい酸塩系表面含浸材を塗布したモルタル供試体の耐酸性について、主成分の溶出挙動を明らかにすると共に、化学的浸食に対する化学的な基礎的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料と供試体の作製

モルタル供試体の作製には、普通ポルトランドセメントと標準砂を用いた。不純物の混入を防ぐために、全ての実験を通して純水を使用した。

水セメント比を 0.5 とし、10×10×30mm の型枠に流し込み、供試体を作製した。20℃で湿潤養生を1日間に亘り行い、脱型後、材齢28日までさらに湿潤養生を行った。その後、凹凸の多い打設面のみにエポキシ樹脂を被覆し、1日間放置して樹脂を硬化させた。

表面含浸材として、市販のけい酸塩系含浸材 A～C の3種類（主成分：ケイ酸ナトリウムおよびケイ酸カリウム）を用い、エポキシ樹脂を被覆した以外の面に含浸材を塗布した。作製したモルタル供試体表面をやすりで磨き、含浸材を塗布した後、一晩乾燥させた。その後、散水处理と乾燥を3日間繰り返し、含浸材を十分に含浸させた。

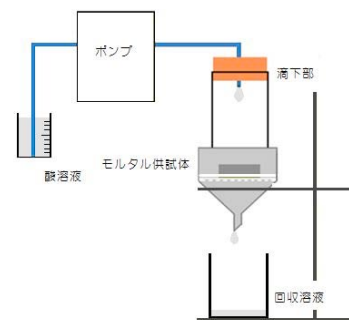


図1 酸滴下装置概略図

2.2 実験方法

作製したモルタル供試体の耐酸性を評価するために、図1のような酸滴下装置を用いて、 1mol/dm^3 の酸溶液（塩酸、硝酸、硫酸）をモルタル供試体に $8\text{cm}^3/\text{h}$ の流速で、3時間滴下した。滴下後、回収した酸溶液中の主成分 (Ca^{2+} , Si(IV) , Al^{3+} , Fe^{3+} , Mg^{2+}) の濃度を誘導結合プラズマ発光分光分析装置 (ICP-OES) により測定した。また滴下後のモルタル供試体の表面を走査型電子顕微鏡 (SEM) により観察した。

2.3 ビッカース硬さ試験

酸滴下後の供試体の中央部を切断し、供試体のビッカース硬さを、微小硬さ試験機で測定した。測定は、滴下面および表面から深さ方向 0.5mm と 1.0mm の断面で行った。試験力は 0.09807N、試験力の保持時間は 10 秒間とした。ビッカース硬さの算出は次式による。

$$\text{HV} = 0.1891 \text{ F/d}^2 \quad [1]$$

ここに、HV: ビッカース硬さ, F: 試験力 (N), d: くぼみの対角線長さの平均値 (mm)

キーワード けい酸塩系含浸材, 耐酸性, 化学的検討, モルタル, ビッカース硬さ

連絡先 〒942-0838 石川県白山市八東穂 3-1 金沢工業大学 バイオ・化学部 TEL 076-274-9251

3. 結果と考察

酸の滴下後は、酸の種類や含浸材の種類によらず、全ての供試体の表面が白く変色した。また図2に含浸材A～Cを塗布したモルタル供試体のSEM画像を示す。いずれの含浸材を塗布した場合も、表面が滑らかであり、C-S-H結晶が生成することにより表層が緻密化されたことが確認できた。図3に塩酸を滴下した後の供試体表面のSEM画像を示す。いずれの含浸材においてもひび割れは生じているが、細骨材の露出は確認できなかった。硝酸滴下後も同様であったが、硫酸を滴下した場合、含浸材Aを塗布した試料において、針状結晶が確認できた。

図4に酸滴下によりモルタル供試体から溶出した Ca^{2+} と Si(IV) の溶出量を示す。 Ca^{2+} の溶出量は、硫酸を滴下した場合、全ての含浸材において抑えられた。しかしながら、塩酸を滴下した場合は含浸材Bにおいて、また硝酸を滴下した場合は含浸材Aにおいて、溶出量が増加した。一方、 Si(IV) の溶出量は、溶出量の違いはあるが、全ての含浸材において、どの酸を滴下しても溶出量が抑えられる傾向にあった。これらのことから、酸溶液との接触により、モルタル供試体から Ca^{2+} が溶出し、表層の劣化が進行していくと思われるが、含浸材の種類によって、 Ca^{2+} の溶出速度が異なると考えられる。

酸滴下後の供試体の表面および表面から0.5, 1.0mmにおける断面のビッカース硬さ試験の結果を図5に示す。いずれの含浸材においても、表面から1mmにかけて、ビッカース硬さに大きな違いはなく、ビッカース硬さでは劣化の進行は確認できなかった。滴下後のSEM画像において細骨材の露出が確認できていないことから、含浸材の塗布により酸による化学的浸食が抑えられたと考えられる。しかしながら、滴下する酸により Ca^{2+} の溶出挙量が異なっており、含浸材の成分により耐酸性が異なると考えられる。

4. まとめ

本研究では、けい酸塩系含浸材を塗布したモルタル供試体に酸を滴下することにより、含浸材の耐酸性について、化学的な基礎検討を行った。その結果、含浸材を塗布することにより、 Ca^{2+} の溶出を抑えることができるため、酸による化学的浸食に対する抑制効果が示唆された。また含浸材の種類によって、 Ca^{2+} の溶出速度が異なるため、含浸材の成分により耐酸性が異なると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 原川卓真, 鶴田浩章: コンクリート用表面含浸材料の諸性質と劣化抑制効果, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第10巻, pp405-412, 2010
- 2) 遠藤裕丈: コンクリート表面含浸材について, 北海道開発土木研究所月報, No. 632, pp34-41, 2006

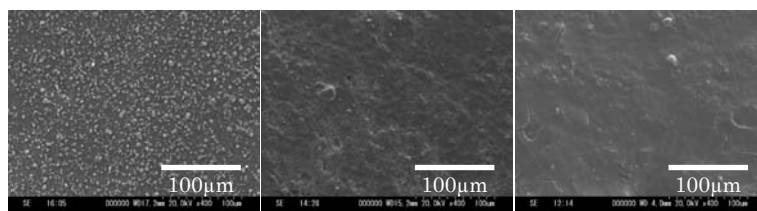


図2 酸滴下前のモルタル供試体のSEM画像(400倍)
左より, 含浸材A, 含浸材B, 含浸材Cを塗布

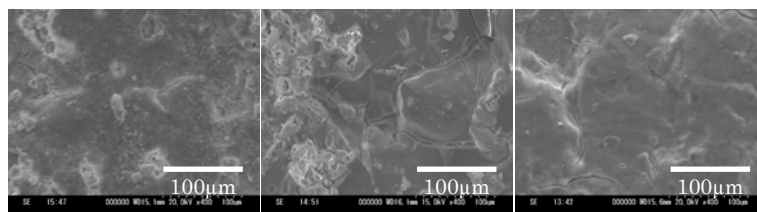


図3 塩酸滴下後のモルタル供試体のSEM画像(400倍)
左より, 含浸材A, 含浸材B, 含浸材Cを塗布

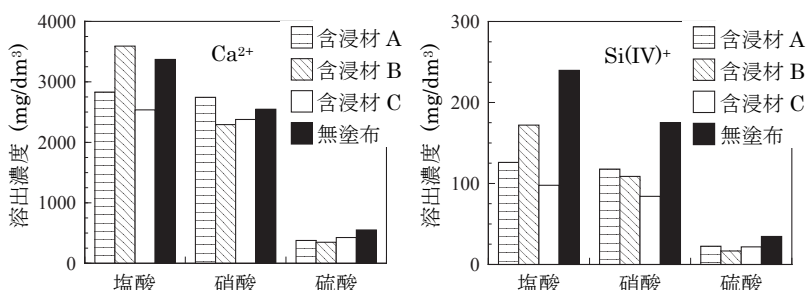


図4 モルタル供試体から溶出した Ca^{2+} と Si(IV) の溶出濃度

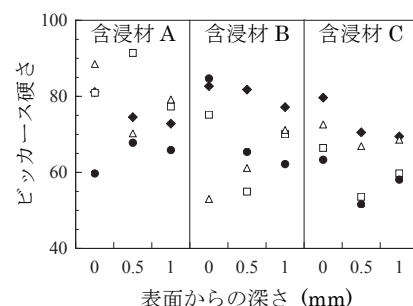


図5 酸滴下前後のビッカース硬さ

◆: 滴下前, □: 塩酸

●: 硝酸, △: 硫酸