

けい酸塩系表面含浸材を用いた硫酸の侵入抑制効果に関する基礎的検討

金沢工業大学大学院 学生会員 ○大溝 尚英
 金沢工業大学環境・建築学部 正会員 宮里 心一

金沢工業大学バイオ・化学部 正会員 大嶋 俊一
 富士化学株式会社 正会員 西野 英哉
 富士化学株式会社 正会員 黒岩 大地

1. 目的

けい酸塩系表面含浸材は塩害や中性化に対する劣化抑制効果を持つことが分かっている。一方、化学的侵食に対しては効果が無いと考えられてきたが、これまでの研究から、けい酸塩系表面含浸材を塗布することにより、硫酸劣化の速度が抑制され、また硫酸劣化後でも透水抑制効果が維持されることが明らかになり、化学的侵食に対する劣化抑制が可能であると示唆された^{1,2)}。しかし、化学的侵食に対するけい酸塩系表面含浸材の塗布効果に関する検討は十分ではない。そこで、本研究では、硫酸劣化に対するけい酸塩系表面含浸材の塗布効果として、硫酸の侵入抑制効果に着目し、予防保全および事後保全の観点から検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 供試体の作製と使用材料

普通ポルトランドセメントを用い、水/セメント比 0.55、砂セメント比 3 の条件で 400×100×100 mm の型枠に打設し、脱型後、100×100×100 mm の大きさに切断した。その後、湿潤 1 日、水中 6 日、気中 28 日の期間で養生を行い、供試体を作製した。型枠に触れていた面を除いた 4 面をエポキシ樹脂でシールした。

けい酸塩系表面含浸材は、けい酸 Na 系、けい酸 Li 系の 2 種を用いた。作製したモルタル供試体のエポキシ樹脂でシールしていない 2 面のうち一方をグラインダーで研磨してから、2 mL の含浸材を刷毛により塗布し、散水と塗布を二度繰り返した。その後、20℃、湿度 80% で 14 日間、20℃、湿度 60% で 14 日間養生し、試験体とした。

2. 2 実験の流れおよび供試体の硫酸劣化

本研究では、けい酸塩系表面含浸材の塗布後に硫酸劣化させたケース A(新設構造物における予防保全を想定)と、硫酸劣化後に表面含浸材を塗布し、さらに硫酸劣化させたケース B(硫酸劣化を受けた既設構造物における事後保全を想定)の 2 つの実験ケースにて、検討を行った。実験の流れを表 1 に示す。

表 1 実験の流れ

疑似的に硫酸劣化を受けた供試体を作製するために、モルタル供試体を pH1.0±0.2 の硫酸溶液を入れた容器に 7 日間浸漬させた。浸漬後、表面の酸を布で拭き取り、20℃で 24 時間乾燥を行った。

実験ケース	実験の流れ
A	含浸材塗布→浸漬→試験
B	浸漬→含浸材塗布→浸漬→試験

2. 3 試験項目

本研究では、表面含浸材塗布における硫酸および硫酸イオンの侵入抑制効果について検討するために、それぞれの侵入深さを測定した。硫酸の侵入深さは中性化深さ試験(JIS-A1152)により測定した。硫酸イオンの侵入深さは、けい酸塩系表面含浸材の試験方法(案)の含浸深さ試験方法(JSCE-K572)を応用し、深さごとに採取した粉体と純水を混合させ、溶出した硫酸イオン濃度を ICP 発光分光分析法によって測定した。

3. 結果と考察

3. 1 酸浸漬による供試体表面の劣化

酸浸漬前後の供試体表面を図 1 に示す。酸浸漬により供試体表面が劣化し、細骨材の流出や多孔化が確認できた。



図 1 硫酸浸漬前後の供試体表面

3. 2 硫酸劣化に対する予防保全を目的とした塗布効果の検討 (左)浸漬前,(中央)浸漬(一度),(右)浸漬(二度)

実験ケース A の各試験結果を図 2、3 に示す。無処理の供試体をブランク、含浸材を塗布せず、硫酸浸漬を行った供試体を無塗布とする。図 2 より、含浸材を塗布することで、酸による中性化を抑制できていることが確認できた。また図 3 より、けい酸 Na 系含浸材を塗布した場合、硫酸イオンの侵入が抑制されたことが確認できた。含浸材の塗布により C-S-H ゲルが生成し、表層が緻密化されたことと、生じた C-S-H ゲルと酸との反応により生じたシ

リカゲルが表層に残存することによって、硫酸の侵入が抑制されたと考えられる。本研究における pH1 の硫酸条件は、実環境ではあまり見かけられない過酷な条件である。この条件において硫酸および硫酸イオンの侵入抑制が確認できたことから、予防保全として含浸材を塗布することにより、硫酸の侵入抑制効果が得られることが分かった。

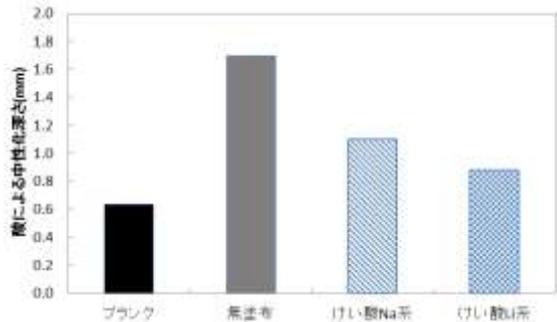


図2 実験ケース A の硫酸の侵入深さ

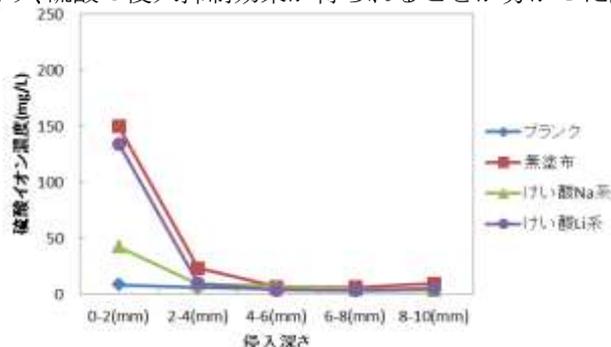


図3 実験ケース A の硫酸イオンの侵入深さ

3. 3 硫酸劣化に対する事後保全を目的とした塗布効果の検討

実験ケース B では、硫酸劣化を受けやすい環境を模擬して、硫酸浸漬後に含浸材を塗布し、さらに硫酸浸漬を行った。各試験結果を図4、5に示す。図4より、含浸材を塗布したものは硫酸の侵入が抑制されたことが確認できる。これは、3.2の場合と同じ機構により、硫酸の侵入が抑制されたと考えられる。図5では、含浸材の塗布による硫酸イオンの侵入抑制効果は確認できなかった。硫酸イオンはセメント硬化体内部を毛管現象で拡散していく³⁾作用があり、また、塗布したけい酸塩系表面含浸材がコンクリート中の Ca²⁺と反応し C-S-H ゲルを生じながら徐々に含浸していくことが原因と考えられる。この際、初めの硫酸浸漬により試験体中に侵入した硫酸イオンは、含浸していく含浸材とともに深く侵入していったため、硫酸イオンはより深く侵入したと考えられる。

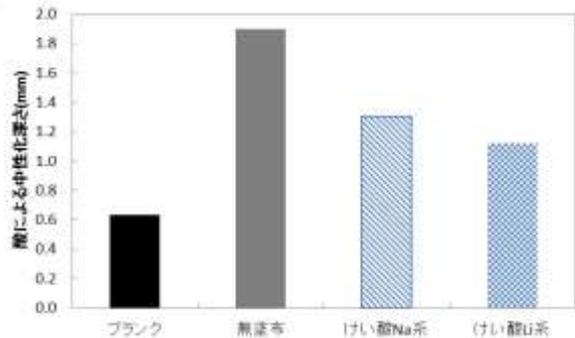


図4 実験ケース B の硫酸の侵入深さ

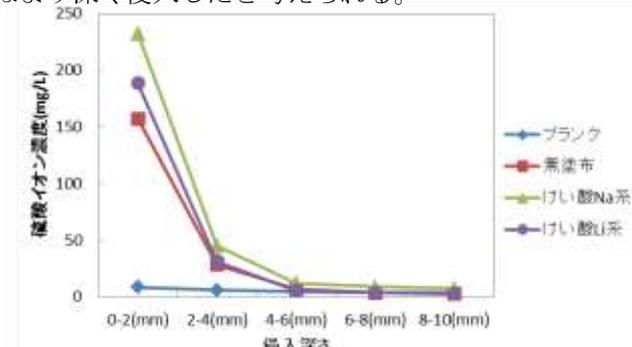


図5 実験ケース B の硫酸イオンの侵入深さ

4. まとめ

本研究では、硫酸浸漬させた場合のけい酸塩系表面含浸材の塗布効果について検討した。予防保全を想定した場合には、硫酸および硫酸イオンの侵入抑制効果を確認できた。よって、表面含浸材を塗布することで、硫酸劣化に対する予防保全として適用の可能性が示唆された。

謝辞

本研究の一部は、平成29年度前田記念工学振興財団の研究助成を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 大嶋俊一ほか：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、土木学会第66回年次学術講演概要集第5部、pp.537-538 (2011)。
- 2) 大嶋俊一ほか：化学的侵食に対するけい酸塩系表面含浸材の塗布効果に関する検討、セメント技術大会講演要旨、pp.298-299 (2016)。
- 3) 日比野誠ほか：コンクリートの劣化および劣化の事例～塩害・中性化・硫酸塩劣化の事例～、建設物価、6月号、pp.30-34 (2012)。