

硫酸侵食されたセメント硬化体の性状に関する基礎的研究

東京大学大学院 学生会員 ○白勢 和道
 東京大学生産技術研究所 フェロー会員 魚本 健人
 千葉工業大学 青木 寛知

1. 目的

下水道関連施設では下水や汚水から生成された硫酸によって、下水道管などのコンクリート構造物が激しく侵食され、近年大きな問題となっている。こうした中で耐硫酸性能の向上を期待した耐硫酸セメントが数多く開発され、侵食されたコンクリートの補修用吹付けモルタルのプレミックス材料として使用されている。補修方法としては硫酸に侵食された面を除去し、前述の耐硫酸セメントモルタルを吹付けるが、耐硫酸セメントによって各種性能、配合、耐硫酸性能は大きく異なる。¹⁾こうした中でモルタル表面への劣化因子の侵入抑制を目的としたポリマーエマルジョンを添加した耐硫酸セメントも多く存在し、各種ポリマーを添加した供試体の耐硫酸性能の研究も行われている。本研究では、既往の研究で耐硫酸性能を有したモルタル供試体の性能向上を目的として、ポリマーエマルジョンの添加による耐硫酸性能向上の確認実験を行った。

2. 実験概要

実験で使用する材料を表 - 1 に示す。ポリマーエマルジョンは骨材と結合材の界面を改質させる事によって、その界面の硫酸進入を抑制させるのではないかと考え、現在最も普及している材料であり、既往の研究²⁾や耐硫酸セメントで使用されている SBR 系ポリマーを実験で使用するポリマーとした。本実験では耐硫酸セメント L1 に使用されているポリマーを使用した。また、既往の研究から混和材を多量置換したモルタル供試体の硫酸浸漬後に発生するひび割れを抑制する効果の確認として高炉スラグ微粉末（以下 B）フライアッシュ（以下 F）シリカフューム（以下 S）といった混和材を混合した結合材にポリマーを添加したモルタル供試体の硫酸浸漬試験を行った。供試体は図 - 1 に示すようなφ5×10cmの円柱供試体を使用して、脱型後 28 日間水中養生した後、上下端面にエポキシ樹脂を塗布した。

試験は浸漬環境 pH=0.5, 1.0, 2.0、浸漬期間は 2, 4, 8 週(14, 28, 56 日)で行った。pH=0.5 は東京都下水道局制定下水道マニュアルでの基準と同水準であり、pH=1.0, 2.0 は硫酸塩などによる影響を模擬した。測定は図 - 1 に示すように浸漬隔週に目視検査、重量測定を行い、供試体の状況を確認した。また、浸漬終了後は 1%フェノールフタレイン溶液の噴霧による中性化深さや侵食深さ、圧縮強度を測定して耐硫酸性能を評価した。本実験では pH = 0.5 の結果を実験結果としてまとめる。

3. 実験結果

重量変化

硫酸浸漬後の重量変化を図 - 2 に示す。OPC は他の材料より硫酸侵食が大きく、耐硫酸性能が低く、ポリマー添加に関係なく重量が大幅に減少した。

キーワード 化学的侵食 ポリマーエマルジョン 硫酸浸漬試験 耐久性

連絡先 〒160-0004 東京都目黒区駒場 4 - 6 - 1 東京大学生産技術研究所魚本研究室 TEL 03-5452-6098 ex.58090

表 - 1 実験供試体の種類

供試体 記号	OPC 混和剤無	OPC	L1 混和剤無	L1	B7FS	B8F	B8S
セメント	OPC 100%		耐硫酸セメント L1 (市販品:A社)		B:70% F:10% S:10% OPC 10%	B80% F10% OPC 10%	B80% S10% OPC 10%
骨材	普通砂						
ポリマー	無	SBR	無	SBR	SBR		
特徴	W/C 50%	W/C 35%	W/C 35%	プレ ミックス	W/B 50%		
環境	pH=0.5・1.0・2.0						
方法	全浸漬・半浸漬						

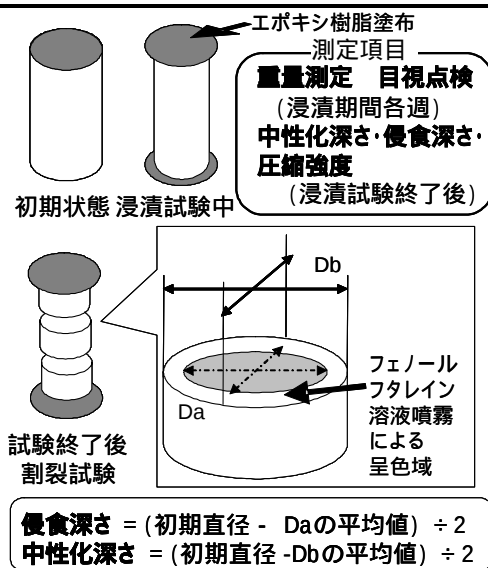


図 - 1 試験内容と供試体について

ポリマーを添加していない供試体は浸漬 2 週で重量が減少し始めたが、ポリマー添加させた場合は浸漬 5 週まで膨張して硫酸による侵食が遅延した。このような結果になったのは、ポリマーの添加によって骨材と結合材の界面を遮蔽した事で、浸漬初期では内部空隙への硫酸の侵入を妨げた為と考えられる。しかし、ポリマー自体の耐硫酸性能が低いため、浸漬 8 週目では硫酸が進入する事でその遮蔽効果が得られなくなり、ポリマーを添加していない OPC とほぼ同程度の重量減少を起こしたという事が考えられる。耐硫酸セメント L1 では重量変化率は使用材料の中で最も小さく、ポリマー添加の有無による重量変化には差がなかった。このように耐硫酸セメント L1 の結果から、ポリマーを添加する事による界面の遮蔽効果よりも硫酸との反応性の低い結合材を用いた配合の効果の方が高い耐硫酸性能を有している事がわかった。

高炉スラグ微粉末などの混和材を大量置換した B8S、B7S、B7FS は、OPC と比べると重量変化は小さく、耐硫酸性能は高いといえる。しかし目視検査より浸漬 8 週で、これら全ての供試体に縦方向のひび割れが確認された。こうしたことから混和材を大量置換した結合材を硫酸浸漬した後に現れる縦方向のひび割れは、ポリマーを添加させるだけでは解消されない事が明らかになった。

中性化深さ

硫酸浸漬後の中性化深さを図 - 3 に示す。図 - 2 の重量変化での結果と同様に OPC より各種材料を使用した供試体の耐硫酸性能は高く、耐硫酸セメント L1 が最も中性化深さが小さかった。また目視検査で OPC 以外は断面欠損していないことから、表面部分から硫酸イオン (SO_4^{2-}) が浸透している事がわかった。しかし、OPC、耐硫酸セメント L1 とともにポリマーの添加の有無による中性化深さに大きな差はなく、ポリマーの添加による中性化への抵抗も小さい事がわかった。

4. まとめ

以上、本研究より得られた結果をまとめる。

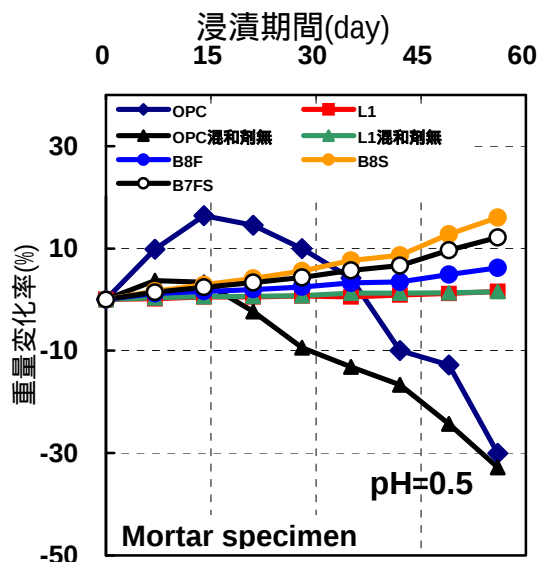
ポリマー添加の有無では硫酸浸漬後の重量変化には大きな差はなかった。しかし、OPC のようにポリマーの添加によって硫酸侵食を遅延させる効果がある事がわかった。

硫酸浸漬後の中性化深さも添加による効果に差はなかった。

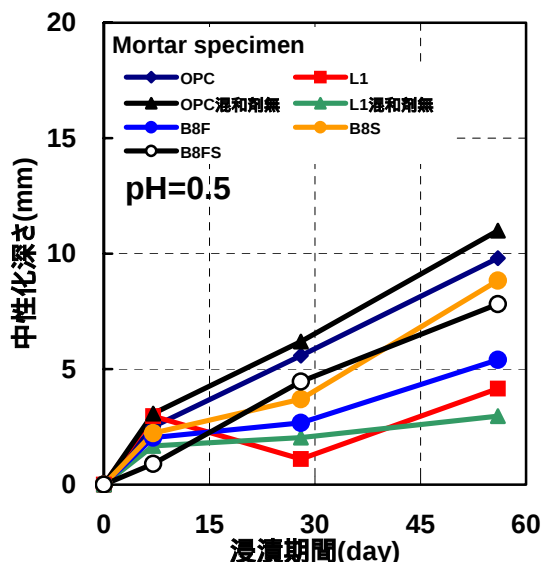
各種混和材を置換した供試体で硫酸浸漬後に問題になったひび割れはポリマーの添加では抑制されず、すべての供試体では確認され、有意な結果は得られなかった。

(参考文献)

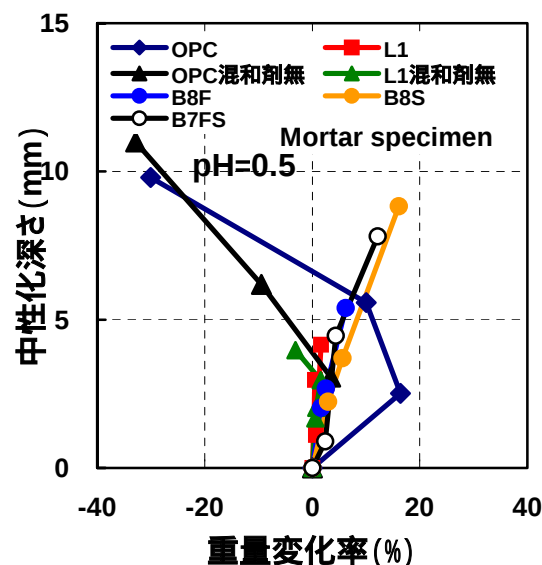
- (1)白勢 畑中 魚本：各種セメントの耐酸性に関する基礎的研究、土木学会第 58 回学術講演会概要集 2003.9 pp51-52
- (2)野中 小山 戸上：硫酸抵抗性を有するモルタル性能向上に関する基礎的研究 土木学会第 58 回学術講演会概要集 pp53-54



図—2 浸漬期間ごとの供試体の重量変化率



図—3 浸漬期間ごとの供試体の中性化深さ



図—4 重量変化—中性化深さの関係図