

各種抑制材料の少量添加による ASR 抑制効果の検討

愛知工業大学 学生会員 ○平林 文明
 愛知工業大学 正会員 岩月 栄治
 愛知工業大学 フェロー会員 森野 奎二

1. はじめに

アルカリシリカ反応(以下 ASR と称す)を起こす骨材は各地に存在する。これらの反応性骨材を有効に使用するためには ASR 抑制対策が必要である。

本研究では過去の研究から抑制効果が認められているアルミニウム系化合物¹⁾、リチウム系化合物²⁾、及びプロピオン酸カルシウム²⁾について検討した。反応性骨材としては、岩石骨材を用いずに、反応生成物に相当する水ガラスカレット(以下カレットと称す)を反応性骨材・反応生成物の代替として使用した。これは成分が SiO₂, Na₂O で生成物と類似であり、膨張が早期に起こるので基礎的実験材料として適しているからである。

2. 実験方法

2.1 使用材料

セメントはセメント協会の ASR 研究用普通ポルトランドセメント(Na₂O 等量 : 0.55%)を使用した。骨材は光学硝子用珪石粉を使用した。これは化学法とモルタルバー法とも无害であり、非反応性である。カレットは過去の実験結果から膨張の激しかった SiO₂/Na₂O が 3.6 のものを使用した。ASR 抑制材料には、アルミニウム系化合物として水酸化アルミニウム(Al(OH)₃)、フッ化アルミニウム(AlF₃)、臭化アルミニウム(AlBr₃)、リチウム系化合物として亜硝酸リチウム(LiNO₂)、炭酸リチウム(Li₂CO₃)、及び有機物の

プロピオン酸カルシウム((C₂H₅COO)₂Ca)を使用した。

2.2 カレットの性質について

アルカリ溶液に材料を浸けたときの pH 値の変化を図 1 に示す。図ではカレットは他の材料と違い pH 値が高くアルカリが溶出していることがわかる。

2.3 配合及び試験方法

モルタルの配合は、セメント : 水 : 珪石粉・カレット混合物の質量比を 1 : 0.75 : 2.25 とした。カレットの混入量は珪石粉の質量の 2.2% を内割添加した。アルカリ量は、Na₂O 等量で 0.55% とした。抑制材料のアルミニウム系化合物は 3.0、4.0、5.0%、リチウム系化合物は 1.0、2.0、3.0%、プロピオン酸カルシウムは 2.4、3.6、4.8% を外割添加した。貯蔵は 40℃ 湿潤とした。表 1 にモルタルバーの作製条件を示す。

3. 結果及び考察

3.1 アルミニウム系化合物添加モルタルの膨張挙動

図 2 にアルミニウム系化合物添加モルタルの膨張

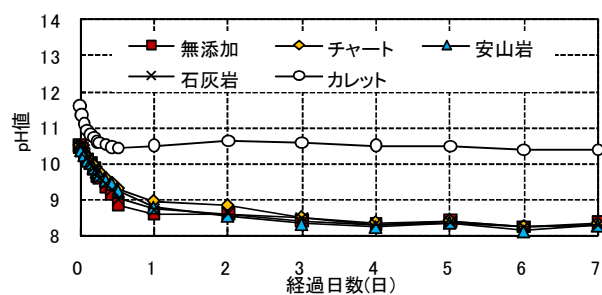


図 1 pH 値の変化

表 1 モルタルバーの作製条件

項目	Al(OH) ₃	AlF ₃	AlBr ₃	LiNO ₂	Li ₂ CO ₃	(C ₂ H ₅ COO) ₂ Ca	無添加
使用骨材	光学硝子用珪石粉(粒径 0.15mm~0.075mm)						
反応生成物の代替	水ガラスカレット(SiO ₂ /Na ₂ O=3.6、粒径 0.3mm~0.15mm)						
材料の比率	セメント : 水 : (珪石粉+カレット)=1 : 0.75 : 2.25						
カレットの混入量	珪石粉の質量の 2.2% を内割り添加						
供試体寸法、本数	28×28×140mm、3 本						
抑制材料の添加量(セメント質量)	3.0、4.0、5.0%		1.0、2.0、3.0%		2.4、3.6、4.8%		無添加
セメントのアルカリ量	0.55%(Na ₂ O 等量)						
貯蔵方法	20℃24 時間後に脱型し、その後 40℃湿潤貯蔵						

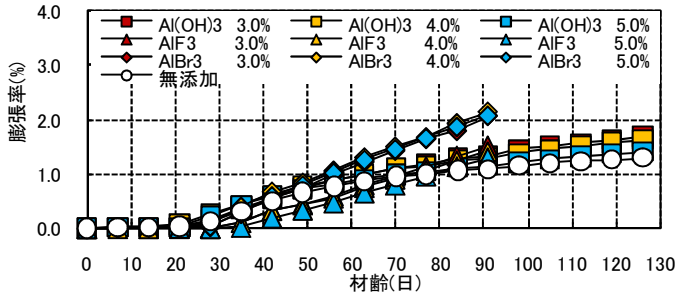


図2 アルミニウム系化合物添加モルタルの膨張挙動

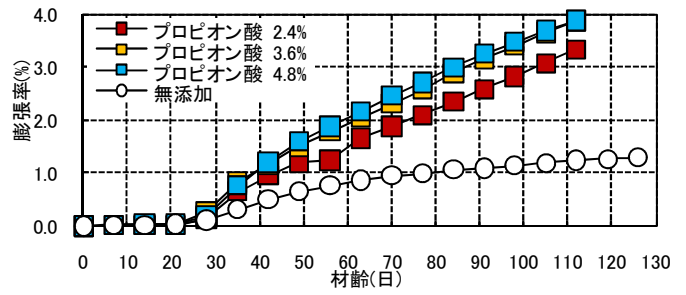


図4 プロピオン酸カルシウム添加モルタルの膨張挙動

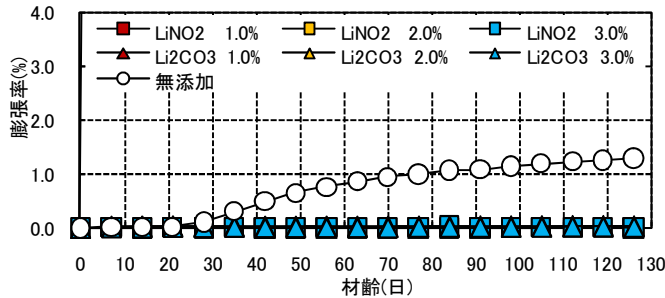


図3 リチウム系化合物添加モルタルの膨張挙動

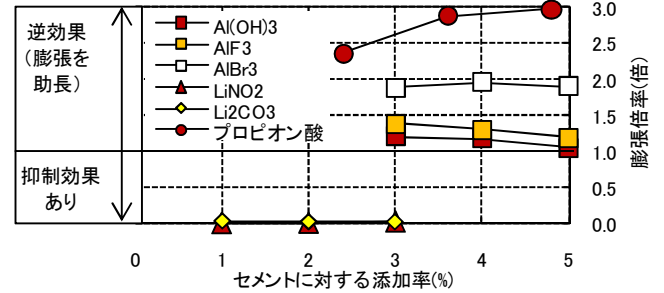


図5 ASR 抑制材料別の膨張抑制効果の比較

挙動を示す。水酸化アルミニウムを添加したモルタルは無添加と同じ膨張を示し、またフッ化アルミニウム添加では無添加より2週間ほど膨張開始が遅れただけで、その後は無添加と同じ膨張を示し、いずれも効果はみられない。臭化アルミニウムは無添加よりも高い膨張を示し、逆効果となっている。

3.2 リチウム系化合物添加モルタルの膨張挙動

図3にリチウム系化合物添加モルタルの膨張挙動を示す。図では亜硝酸リチウム、炭酸リチウムともにまったく膨張せず、抑制効果が認められる。

3.3 プロピオン酸カルシウム添加モルタルの膨張挙動

図4にプロピオン酸カルシウム添加モルタルの膨張挙動を示す。プロピオン酸カルシウムを添加したモルタルは材齢112日時点では著しい膨張がみられ、その後も膨張は継続する傾向である。

3.4 ASR 抑制材料の膨張抑制効果の比較

図5に各種抑制材料を添加したモルタルの膨張抑制効果(材齢3カ月)の有無を示す。図には、参考値として膨張倍率(抑制材料添加/無添加)を示した。亜硝酸リチウムと炭酸リチウムは図の最下段の膨張倍率0倍にプロットされ、添加率1.0%でも高い抑制効果がみられる。水酸化アルミニウムとフッ化アルミニウムは添加率が増すほど膨張倍率が低くなっているが抑制効果があるといえるほどではない。臭化アルミニウムは添加率に関係なく膨張を助長しており、添加した方が2倍の膨張となった。プロピオン酸カルシウムは天然骨材を用いたモルタルでは抑制効果

が認められた²⁾が、カレットの場合ではカレットから溶出したアルカリとプロピオン酸カルシウムによって減少したアルカリとの両者の関係から、生成物のシリカ・アルカリ比が膨張側の比率²⁾に変化したらしく、膨張を助長する結果となった。

4. まとめ

反応性骨材から生じる反応生成物の代替として、水ガラスカレットを使用したモルタルに、抑制材料を添加した結果をまとめると以下のようなものである。

- (1) リチウム系化合物である亜硝酸リチウム、炭酸リチウムはともにセメントに対して1.0%の添加で、高い抑制効果が認められた。
- (2) 水酸化アルミニウム、フッ化アルミニウム、臭化アルミニウムを添加したモルタルでは、抑制効果が認められなかった。
- (3) プロピオン酸カルシウムは、今回使用のカレットに対しては抑制効果が認められなかった。

参考文献

1) 関口達也、岩月栄治、森野奎二：ASR 膨張の水ガラスカレットによる検討、土木学会中部支部平成20年度研究発表会講演概要集、第V部、pp.465-466、2009年
 2) 岩月栄治、森野奎二、平林文明：各種混和材料によるアルカリシリカ反応の抑制対策について、資源・素材2009、pp.267-270、2009年

謝辞：本研究は平成21年度JST シーズ発掘試験A(課題番号08-188、研究代表者岩月栄治)によって行った。ここに記し謝意を表します。