

プロピオン酸カルシウムが天然砕石のアルカリシリカ反応に及ぼす影響

株式会社トクヤマ 正会員 ○新見 龍男
株式会社トクヤマ 正会員 加藤 弘義
愛知工業大学 正会員 岩月 栄治

1. はじめに

アルカリシリカ反応（以下、ASR）の抑制対策は 1986 年に当時の建設省から提示され、今日までその対策が取られているが、現在においても劣化事例が報告されており、コンクリートの耐久性において重要な課題となっている。筆者らはこれまで、プロピオン酸カルシウム（以下、 $(C_2H_5COO)_2Ca$ ）による ASR の膨張抑制効果について検討してきた。その結果、 $(C_2H_5COO)_2Ca$ を添加するとコンクリート中の OH⁻濃度が低下して反応が抑制されること¹⁾、ASR ゲルに Ca^{2+} が取り込まれて変質し吸水膨張性が低下すること²⁾が推測された。一方で、 Ca^{2+} の取り込みによる ASR ゲルの変質はモデル骨材である水ガラスカレットを用いた場合に確認されたものであり、実際のコンクリートに用いられる天然砕石でも ASR ゲルに対して同様の挙動が確認されるかは不明である。

そこで本検討では、反応性骨材として天然砕石を用いた場合の $(C_2H_5COO)_2Ca$ の添加による ASR ゲルの性状変化について検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 天然粗骨材の反応性試験

反応性骨材は安山岩系の天然砕石（最大寸法 10mm）を用いた。この天然砕石を JIS A 1145 の化学法により試験した結果は Sc：479mmol/L、Rc：101mmol/L であり、無害でない骨材に該当する。反応性試験は、表 1 に示す試験条件で天然砕石および特級試薬 $(C_2H_5COO)_2Ca$ を 1mol/L NaOH 水溶液に浸漬し、40℃環境で静置した。浸漬 56 日経過後にろ過し、ろ過後の残存物について SEM 観察および EDS による元素分析を行った。

2. 2 コンクリート膨張率試験

反応性骨材は 2. 1 と同じ天然砕石を使用した。セメントに普通ポルトランドセメント（ $Na_2O_{eq}=0.58\%$ ）、細骨材に標準砂および特級試薬の $(C_2H_5COO)_2Ca$ を用い、表 2 に示す配合条件でコンクリート供試体を作製した。供試体中のアルカリ量はセメント×3.0%

（ $Na_2O_{eq}=12.4kg/m^3$ ）となるように NaCl で調整した。コンクリートの混練は、JIS R 5201 と同様の方法でホバートミキサーにてモルタル成分を混練した後、粗骨材を投入して手練りした。供試体寸法は 40×40×160mm とし、両端に膨張率測定用のステンレス製プラグを埋め込んだ。供試体は打込み後 24 時間で脱型し、温度 40℃、湿度 95%以上の環境で貯蔵した。その後、14 日ごとに測定を実施し、84 日経過後の供試体内部について SEM 観察および EDS による元素分析を行った。

3. 結果と考察

3. 1 天然砕石の反応性試験結果

図 1 に、反応性試験後の P0、P0.43 および P0.86 の SEM 写真および Ca/Si 比の一例を示す。P0 には ASR

表 1 反応性試験の試験条件

	P0	P0.43	P0.86
1mol/L NaOH (ml)	25		
天然砕石 (g)	5		
$(C_2H_5COO)_2Ca$ (g)	0	1	2
C_2H_5COO/Na	0	0.43	0.86

表 2 供試体の作製概要

			P0%	P2%	P4%
配合	セメント		300	294	288
	水		150		
	標準砂		570		
	天然碎石		450		
	(C ₂ H ₅ COO) ₂ Ca	添加率(C×%)	0	2	4
		添加量(g)	0	6	12
アルカリ量(C×%)			3.0		

キーワード アルカリシリカ反応，プロピオン酸カルシウム，天然砕石，Ca/Si 比

連絡先 〒745-8648 山口県周南市御影町 1-1 (株)トクヤマ セメント開発グループ TEL 0834-345-2515

ゲルが確認され、Ca/Si 比は 0.05～0.07 であった。P0.43 では、ASR ゲルと若干形状の異なる形状の生成物が確認された。その Ca/Si 比は 0.2～0.5 であり、P0 の ASR ゲルより大きい傾向であった。一方、P0.86 では ASR ゲルと異なる粒状の生成物が確認され、その Ca/Si 比は 0.7～1.9 であった。

3. 2 コンクリートの膨張率試験結果

図 2 にコンクリートの膨張率を示す。天然砕石を用いたコンクリートは膨張性を示したが、 $(C_2H_5COO)_2Ca$ を 2%添加すると膨張率が半分程度に低減され、4%添加ではほとんど膨張しなかった。図 3 に、84 日経過後のコンクリート中の SEM 画像および Ca/Si 比の一例を示す。P0 中には図 2 に示すような ASR ゲルが確認され、Ca/Si 比は 0.2～0.6 の範囲であった。P2%は ASR ゲルに類似しているものの若干表面が荒くなっている生成物が確認され、その Ca/Si 比は ASR ゲルより若干高かった。一方で Ca/Si 比が 0.3 程度の ASR ゲルも確認され、全体として Ca/Si 比は 0.2～1.2 であった。P4%は ASR ゲルと異なり粒状のような生成物が骨材表面を覆っており、その Ca/Si 比は 0.6～1.2 で ASR ゲルより高かった。また、P4%中には ASR ゲルは確認されなかった。以上より、天然砕石を使用した場合においても、既報²⁾と同様に、 $(C_2H_5COO)_2Ca$ の添加により Ca/Si 比の高い ASR ゲルと異なる生成物が確認された。

4. まとめ

反応性骨材として天然砕石を使用した場合でも、 $(C_2H_5COO)_2Ca$ を添加した場合は ASR の反応生成物にカルシウムが取り込まれて変質すると考えられる。

参考文献

1) 岩月栄治ほか：プロピオン酸カルシウムの ASR 抑制効果に関する基礎的研究，セメント・コンクリート論文集，No.61，pp.318-323，2007

2) 新見龍男ほか：プロピオン酸カルシウムが水ガラスカレットを用いたアルカリシリカ反応に及ぼす影響，土木学会年次学術講演概要集，Vol.75，V-182，2020

3) 藤村友城ほか：ASR ゲルの化学組成分析による河川産骨材の ASR 劣化の実態，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.1，pp.899-904，2010

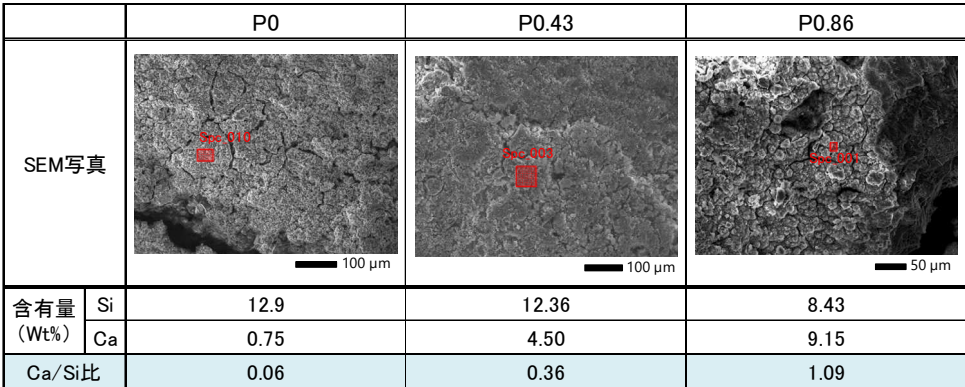


図 1 反応性試験後の SEM 画像および Ca/Si 比の一例

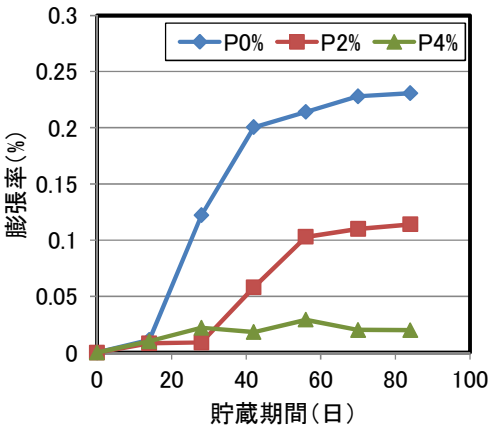


図 2 コンクリートの膨張率

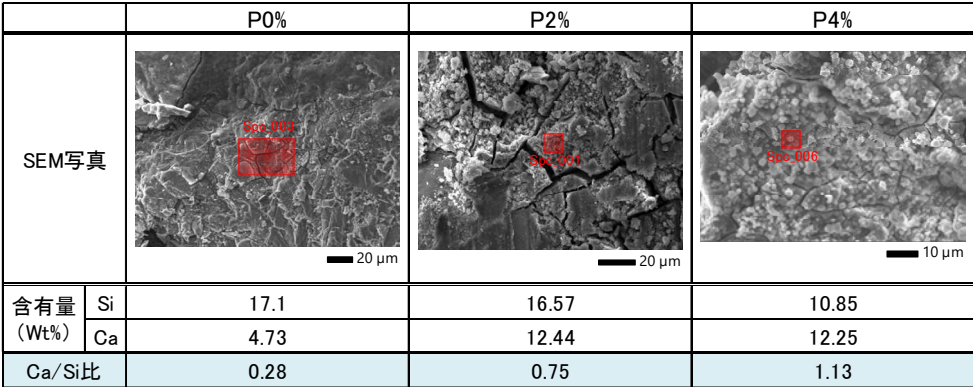


図 3 反応性試験後の SEM 画像および Ca/Si 比の一例