

ASTM C1260 による人工軽量骨材のアルカリシリカ反応性の評価

金沢大学大学院 学生員 ○清水 和博
 太平洋マテリアル（株） 正会員 杉山 彰徳
 金沢大学大学院 学生員 酒井 賢太
 金沢大学自然科学研究科 正会員 鳥居 和之

1. 目的

近年、人工軽量骨材を使用したコンクリートでアルカリシリカ反応（以下 ASR）の発生が報告されている。¹⁾ 現行の ASR 試験（JIS A1145 及び JIS A1146）は人工軽量骨材には適用しないことが規定されている。一方、諸外国では人工軽量骨材の ASR 判定に ASTM C1260 を適用した 2, 3 の報告があるが、試験体の作製方法や判定基準の詳細については十分に議論されていないのが実状である。

本研究は、人工軽量骨材の ASR 試験法を確立するために、8 種類の人工・天然軽量骨材を使用したモルタルの膨張挙動と ASR ゲルの生成量を比較検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用した軽量骨材は 7 種類の人工軽量骨材と 1 種類の天然軽量骨材である。それらの原材料を表-1 に示す。軽量粗骨材はロールミルで粉砕後、5mm 以下に調整した。また、セメントには普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm³，ブレン値：3330 cm²/g，等価アルカリ量：0.68%）を使用した。

2.2 試験項目

骨材の ASR 試験には ASTM C1260（温度 80℃の 1N・NaOH 溶液に浸せき）を用いた。ただし、モルタルは ASTM C1260 に規格化されている質量比配合（セメント：骨材=1：2.25）と人工軽量骨材の密度を考慮した容積比配合（セメント：骨材=1：1.35）との両者で作製した。また、ASR ゲルの生成状況とその化学組成を調べるために、酢酸ウラニル蛍光法と走査型電子顕微鏡およびエネルギー分散型 X 線回折との組み合わせ（SEM-EDX 分析）を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 モルタルの膨張挙動

ASTM C1260 によるモルタル（質量比配合および容積比配合）の膨張挙動を図-1 に示す。外部から NaOH 溶液が供給される厳しい高温促進養生条件である ASTM C1260 では、いずれの軽量骨材も浸せき 28 日材齢までに膨張が発生しており、短期間に ASR が促進されているのが確認できた。しかし、現行の判定基準に従うと、すべての人工軽量骨材は材齢 14 日の膨張率が 0.1%以下であり、「無害」と判定された。また、容積比配合のものは人工軽量骨材の種類（骨材 D, E, G）によっては大きな膨張を示すものがあるとともに、試験体間の膨張量のばらつきが質量比配合のものよりも大きく減少した。

3.2 ASR ゲルの生成量とその化学組成

酢酸ウラニル蛍光法により測定したモルタル破断面の蛍光発色面積率（ASR ゲルの生成量）を表-2 に示す。両配合ともに黄土を原料とする人工軽量骨材 B 以外のものはすべて蛍光発色が観察された（写真-1 参照）。

表-1 軽量骨材の種類

軽量骨材の種類	原材料
骨材 A: 人工(細, 粗)	膨張頁岩
骨材 B: 人工(粗)	黄土
骨材 C: 人工(粗)	石炭灰
骨材 D: 人工(細, 粗)	膨張頁岩
骨材 E: 人工(細)	真珠岩
骨材 F: 人工(細)	廃棄ガラス
骨材 G: 人工(細)	真珠岩
骨材 H: 天然(粗)	火山礫

キーワード 軽量骨材, アルカリシリカ反応, ASTM C1260, 酢酸ウラニル蛍光法

連絡先（〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学工学部土木建設工学科 TEL076-264-6373）

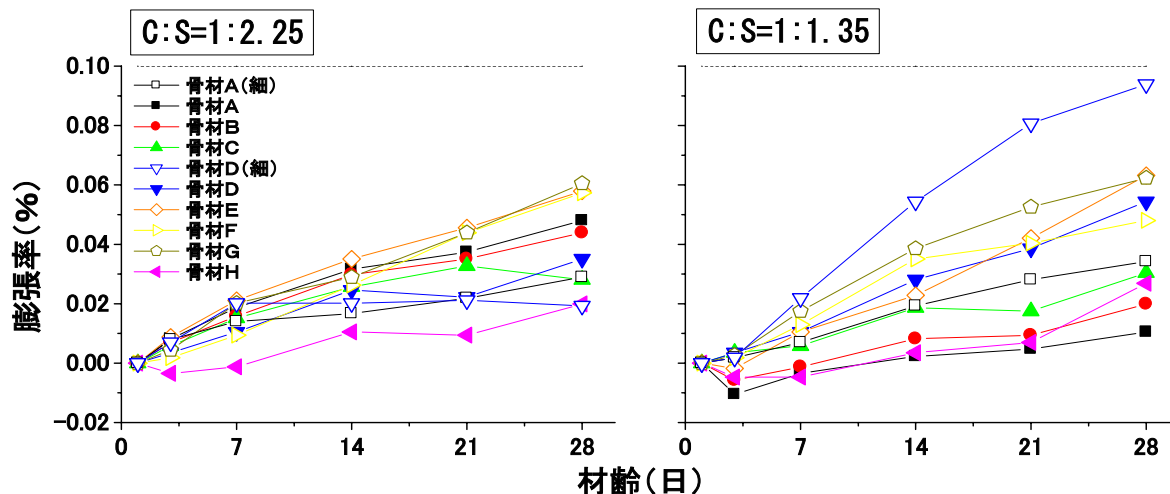


図-1 モルタルの膨張挙動の比較 (ASTM C1260)

また、質量比配合と容積比配合との発色面積率はほぼ同じであり、配合の相違が ASR ゲルの生成量に大きな影響を及ぼさないことが判明した。一方、ASR ゲルは人工軽量骨材の殻周辺や内部空隙だけでなく、ASR ゲルの移動の過程でモルタル中の気泡内にも滞留していた（写真-2 参照）。骨材の殻周辺に生成された ASR ゲルの化学組成は、シリカ分が 45～54%，アルカリ分（ $\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$ ）が 16～26%，カルシウム分が 13～22%であり、化学組成的に膨張性を有する ASR ゲルであった。このように、人工軽量骨材を使用したモルタルの ASR ゲル生成量は軽量骨材の種類によって明確に相違することから、人工軽量骨材のアルカリシリカ反応性の判定に ASTM C1260 が適用可能であると判断された。しかし、人工軽量骨材を使用したモルタルでは ASR ゲルによる膨張圧が骨材の内部空隙により大きく緩和されるので、モルタルの判定基準値は 0.05%に下げることが適当であると考えられた。

4. まとめ

本研究で得られた主要な結果をまとめると、以下のようである。

- (1) ASTM C1260 では、いずれの人工軽量骨材を使用したモルタルも浸せき 28 日材齢までに膨張が発生しており、短期間に ASR が促進されていた。
- (2) 人工軽量骨材を使用したモルタルの ASR ゲル生成量は軽量骨材の種類によって明確に相違することから、人工軽量骨材のアルカリシリカ反応性の判定に ASTM C1260 が適用可能であった。

参考文献

- 1) 杉山彰徳，鳥居和之，本田貴子，石川雄康：人工軽量骨材のアルカリシリカ反応性，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，2005 .

表-2 モルタル破断面の蛍光発色領域の面積率の比較 (%)

	C:S=1:2.25	C:S=1:1.35
骨材 A (細)	4.0	2.7
骨材 A (粗)	19.5	23.7
骨材 B (粗)	0.0	0.0
骨材 C (粗)	1.2	8.8
骨材 D (細)	0.5	2.4
骨材 D (粗)	11.5	14.6
骨材 E (細)	69.6	72.4
骨材 F (細)	55.5	61.1
骨材 G (細)	19.9	12.2
骨材 H (粗)	8.4	11.4

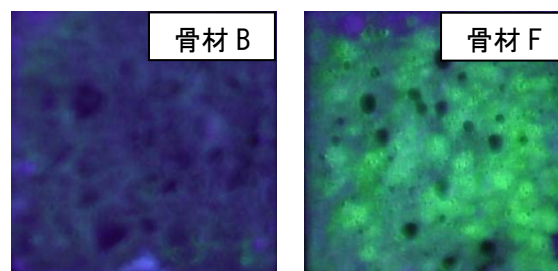


写真-1 ASR ゲルの発色状況（容積比配合）

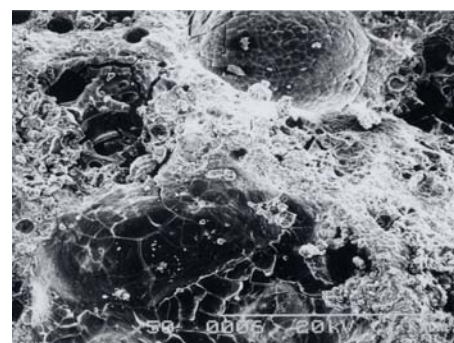


写真-2 骨材 F 周囲に生成した ASR ゲル（容積比配合）