

人工軽量骨材のアルカリシリカ反応性

太平洋マテリアル(株) 正会員 ○杉山 彰徳
 金沢大学大学院 正会員 鳥居 和之
 金沢大学大学院 正会員 本田 貴子
 金沢大学 正会員 酒井 賢太
 人工軽量骨材協会 正会員 石川 雄康

1. はじめに

人工軽量骨材が構造物に利用されてから 40 年以上経過しているが、アルカリシリカ反応(以下 ASR と略記)による劣化事例はこれまでほとんど報告されていなかった。しかし、近年、人工軽量骨材を用いた実構造物において ASR による劣化の疑いのある事例が報告されている¹⁾。一方、人工軽量骨材の ASR の評価に関しては、いくつかの研究報告²⁾があるが、体系的な研究はほとんど行なわれていないのが現状である。本研究は 4 種類の人工軽量骨材及び 1 種類の天然軽量骨材のアルカリシリカ反応性を明らかにすることを目的として、コンクリートバー法を用いて評価を行なったものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

表-1 に軽量骨材の原料及び物理的性質を、表-2 にコンクリートの配合を示す。セメントは、普通ポルトランドセメント(密度: 3.16g/cm³、Na₂O_{eq}: 0.55%)を、細骨材は非反応性の津久見産石灰石砂(密度: 2.69g/cm³、F.M.: 2.70)を用いた。また、比較用として反応性骨材である北陸地方の川砂利を用いた。

コンクリート配合は CSA A23.2-14A(カナダ法)を参考にした。なお、粗骨材粒度分布は、20-5mm となるように調整した。

2.2 試験項目

表-3 に試験方法を示す。コンクリートバー法は①CSA A23.2-14A(カナダ法)、②ASTM C-1293(ASTM 法)、③デンマーク法の 3 種類の試験とした。カナダ法は、コンクリート中に NaOH 試薬を添加し Na₂O_{eq} を C×1.25% と調整して供試体を作製し、脱型後 40°C、相対湿度 100% の環境下で養生を行なった。ASTM 法は、供試体脱型後 40°C、1N NaOH 溶液中に浸漬させた。デンマーク法は、供試体脱型後 50°C、飽和 NaCl 溶液中に浸漬させた。ASTM 法及びデンマーク法は外部よりアルカリが常に供給される厳しい養生条件下の試験である。なお、供試体寸法は 75×75×400mm とし、本数は各水準で 3 本とした。長さ変化の測定は、脱型直後を基長とし、材齢 7 日、28 日、その後は 1 ヶ月ごとに 1 年間行なうこととした。

また、材齢 6 ヶ月時点でコンクリート破断面におけるアルカリシリカゲルの生成状況を酢酸ウラニル蛍光法により調べた。

キーワード: 人工軽量骨材、アルカリシリカ反応性、コンクリートバー法、酢酸ウラニル蛍光法

連絡先: 〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2

表-1 軽量骨材の原料及び物理的性質

骨材名	原料	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)
軽量骨材A:人工	膨張頁岩	1.66	29.4
軽量骨材B:人工	黄土	1.24	2.29
軽量骨材C:人工	石炭灰	1.71	25.1
軽量骨材D:人工	膨張頁岩	1.70	34.7
軽量骨材E:天然	火山礫	1.47	59.9
反応性骨材	川砂利	2.64	1.65

表-2 コンクリート配合

配合条件	配合値
目標スランプ(cm)	18程度
目標空気量(%)	2.0±1.0
水セメント比(%)	42.8
単位セメント量(kg/m ³)	420
細骨材率(%)	40

表-3 コンクリートバー法

試験方法	養生条件
CSA A23.2-14A	40°C、湿空(R.H.: 100%)
ASTM C-1293	40°C、1N NaOH 溶液浸漬
デンマーク法	50°C、飽和 NaCl 溶液浸漬

Tel. 043-498-3921 Fax. 043-498-3925

3. 試験結果

3.1 コンクリートバー法試験結果

図-1に ASTM 法の結果を、図-2にデンマーク法の結果を示す。

- ① カナダ法の結果は、いずれの骨材を用いた場合においても膨張を示さなかった。この原因としては、湿度の管理が難しく不十分となったため、供試体が乾燥状態になったことが一因であると推察される。
- ② ASTM 法の結果は、反応性骨材が材齢6ヶ月以降わずかに膨張傾向を示したが、いずれの軽量骨材もほとんど膨張は認められていない。また、材齢6ヶ月において NaOH 溶液が供試体中心部まで十分に浸透していないことが確認できた。
- ③ デンマーク法の結果は、反応性骨材が材齢2ヶ月以降急激に膨張し始め、供試体表面に亀甲上のひび割れも認められた。しかし、ASTM 法と同様にいずれの軽量骨材もほとんど膨張は認められていない。

3.2 ASR ゲル生成状況

写真-1及び2に酢酸ウラニル蛍光法によるコンクリート断面の発色状況を示す。

- ① カナダ法及び軽量骨材Bのデンマーク法を除く水準でアルカリシリカゲルの生成を示す蛍光発色(緑黄色、図中の白色部分)が観察された。
- ② アルカリシリカゲルの生成状況は軽量骨材の種類によって異なっており、軽量骨材Eには明確なアルカリシリカゲルの生成が確認された。

4. まとめ

4種類の人工軽量骨材及び1種類の天然軽量骨材のアルカリシリカ反応性を明らかにすることを目的として、コンクリートバー法を用いて評価を行なった結果、以下のことがわかった。

- ① 軽量骨材を用いたコンクリートはアルカリシリカゲルが生成しているが、材齢10ヶ月時点においても膨張は認められない。
- ② これは、軽量骨材の構造が多孔質でありアルカリシリカゲルが骨材の気孔中に進入し、貯留されるので ASR による膨張圧が緩和されるものと推察される。

1) 松田芳範ら：軽量骨材コンクリートを用いた実構造物の調査報告，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第4巻，pp.183-188，2004.

2) A. Mladenovic, J. S. Suput et al. : Alkali-silica Reactivity of Some Frequently Used Lightweight Aggregates, Cement and Concrete Research, 34(9), pp.1809-1816, 2004.

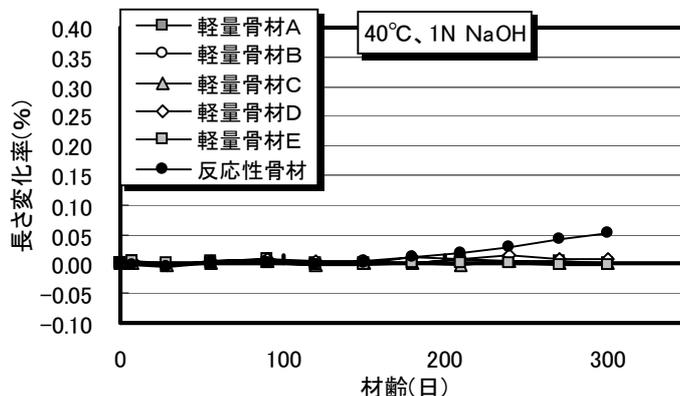


図-1 コンクリートバー法結果(ASTM 法)

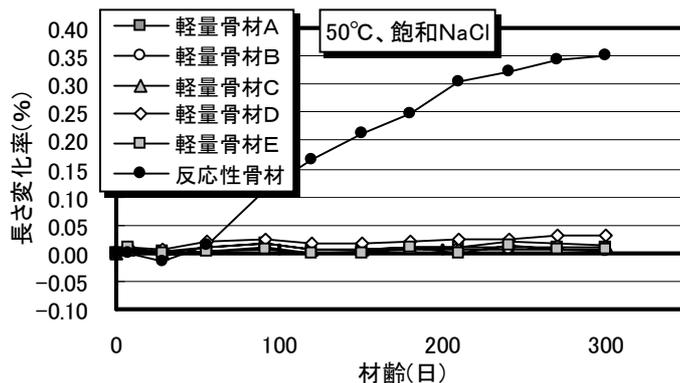


図-2 コンクリートバー法結果(デンマーク法)

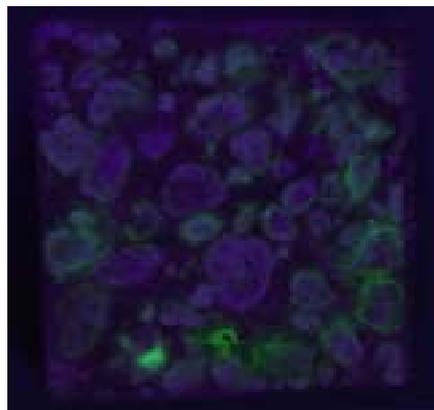


写真-1 軽量骨材Fの ASR ゲル生成状況(デンマーク法)

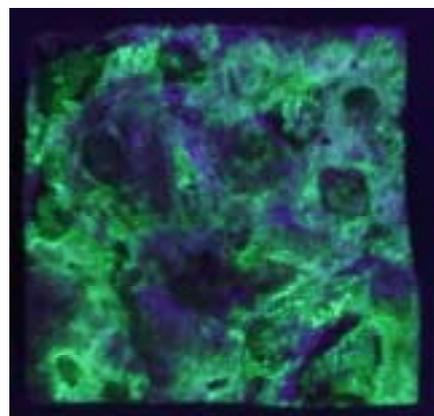


写真-2 反応性骨材の ASR ゲル生成状況(デンマーク法)