

原骨材の反応性が再生骨材コンクリートの膨張挙動に及ぼす影響

金沢大学大学院 学生員 ○佐藤 良恵
 太平洋マテリアル(株) 正会員 杉山 彰徳
 戸田建設株式会社 正会員 酒井 賢太
 金沢大学大学院 学生員 清水 和博

1. 目的

再生骨材の使用では、原骨材のアルカリシリカ反応(ASR)に関する性質の変化が重要となる。今回、再生骨材と原骨材のアルカリシリカ反応性を比較することにより、建設後約30年が経過した構造物から製造した再生骨材のアルカリシリカ反応性がどのように変化したのかを、把握することが可能となった。本研究では、ASR劣化橋脚から製造した再生骨材およびその原骨材のアルカリシリカ反応性を比較するために、骨材の岩石・鉱物学的試験とコンクリートバー法による3種類の促進養生試験を実施した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用した再生骨材は40mm以下の粒度に1次破碎した後、スクリー式磨砕装置で25mm以下の粒度に磨砕処理した。骨材の品質はJIS A5021「コンクリート用再生骨材H」の規格に適合している。使用骨材の物理的性質およびASR試験の結果を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³, ブレーン値:3400cm²/g, 等価アルカリ量:0.42%)を使用した。

2.2 試験項目

骨材の化学成分および岩石・鉱物学的特徴を明らかにするために、蛍光X線分析、X線回折分析、偏光顕微鏡観察およびEPMA分析を行った。コンクリートバー法としては、湿気槽養生法(NaOHおよびNaClをNa₂O eq.がセメント(質量)×2.0%となるように添加、温度40℃、相対湿度100%)、1N・NaOH溶液浸せき法(温度40℃)および飽和NaCl溶液浸せき法(温度50℃)の3種類の促進養生試験を実施した¹⁾。また、材齢6ヵ月において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線回折との組合せ(SEM-EDX分析)を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 再生骨材および原骨材の岩石・鉱物学的特徴

原骨材は能登産の安山岩砕石であり、反応性鉱物としてクリストバライトおよび火山ガラスを含有していた。表-2に示すように、原骨材と再生骨材の化学成分は同一であると判断できた。また、再生骨材は18.9%の付着モルタルを有しており、骨材中に反応環およびASRゲルの存在が認められた。

表-1 再生骨材および原骨材の物理的性質および化学法の判定結果

	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	微粒分量 (%)	化学法(JIS A1145)			反応性鉱物
				Sc (mmol/l)	Rc (mmol/l)	判定結果	
再生骨材	2.51	2.77	0.7	152	155	無害	Cr, gl
原骨材	2.64	1.30	0.1	170	135	無害でない	Cr, gl

* Cr:クリストバライト, gl:火山ガラス

表-2 再生骨材および原骨材の化学成分(%)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃	SrO
再生骨材	58.6	23.0	6.0	4.9	3.1	2.0	1.2	0.7	0.3	0.1	0.1	0.1
原骨材	58.5	23.1	5.9	4.8	3.1	2.2	1.1	0.7	0.3	0.1	0.0	0.1

キーワード 再生骨材, 原骨材, アルカリシリカ反応, コンクリートバー法

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 TEL 076-264-6373

3.2 再生骨材および原骨材を用いたコンクリートの膨張挙動

各種促進養生試験におけるコンクリートの膨張率の変化を図-1に示す。湿気槽養生法（NaOH および NaCl 添加）において、原骨材コンクリートは早期に膨張を開始し、材齢 4 ヶ月以後に膨張率が頭打ちになったのに対し、再生骨材コンクリートは材齢 2 ヶ月以後に膨張を開始し、材齢 6 ヶ月以後に膨張率が頭打ちになった。したがって、再生骨材は反応環と付着モルタルの影響で膨張が若干遅れるが、その後の膨張挙動は原骨材のものとはほぼ同様になることが判明した。しかし、再生骨材コンクリートは、骨材自身からのアルカリ溶出の影響で長期材齢において原骨材コンクリートよりも膨張率が增大した。一方、外部からアルカリが供給される 1N・NaOH 溶液浸せき法および飽和 NaCl 溶液浸せき法では、使用骨材と養生条件によりコンクリートの膨張挙動が異なった。これは、アルカリ溶液の浸透性と内部で形成されるアルカリ雰囲気との相違によるものと推察される。

3.3 再生骨材および原骨材を用いたコンクリートの ASR ゲルの生成状況とその化学組成

酢酸ウラニル蛍光法によるコンクリート破断面（湿気槽養生法（NaOH 添加）、材齢 6 ヶ月）の蛍光発色状況を写真-1に示す。コンクリートの膨張率の大きいものほど明瞭な蛍光発色が観察され、コンクリート中で新たに生成した ASR ゲルがコンクリートの膨張に寄与していることが明らかとなった。SEM-EDX 分析による ASR ゲルの化学組成の分析結果を図-2に示す。原骨材コンクリートでは養生条件に関わらずアルカリ分が多く、カルシウム分が少ない、高い膨張性を示す ASR ゲルが生成されていたのに対し、再生骨材コンクリートでは、膨張率の小さかった飽和 NaCl 溶液浸せき法では ASR ゲルが観察できず、それ以外のものでは養生条件により ASR ゲルの化学組成が相違した。これらの結果より、再生骨材コンクリートにおいて養生条件により膨張挙動が相違したのは ASR ゲルの生成速度とその化学組成の相違が関与しているものと推察された。

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) 湿気槽養生法においては、再生骨材の反応環と付着モルタルの影響により、再生骨材コンクリートは膨張の開始が遅れたが、膨張開始以後の膨張挙動は原骨材コンクリートとはほぼ同様であった。
- (2) 外部からアルカリが供給される養生条件においては、アルカリ溶液の浸透性と内部で形成されるアルカリ雰囲気との相違によりコンクリートの膨張性状が相違した。

参考文献

- 1) 清水和博, 杉山彰徳, 酒井賢太, 佐藤良恵: 再生骨材コンクリートのアルカリシリカ反応性の評価に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 29, 2007.

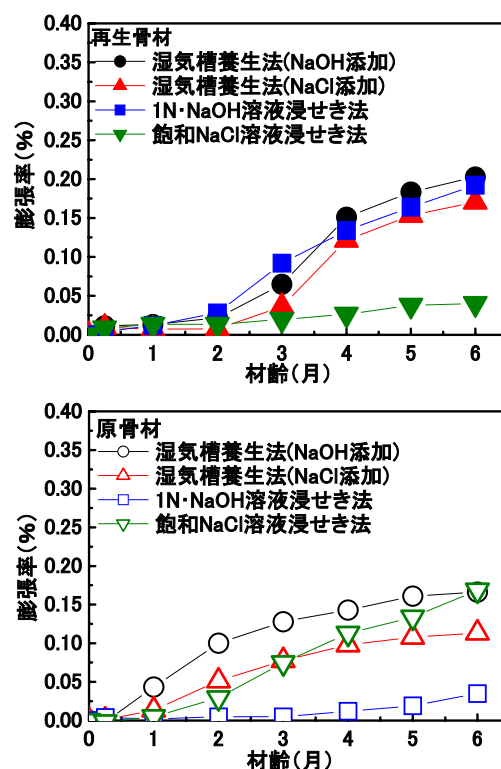


図-1 再生骨材および原骨材を使用したコンクリートの膨張率

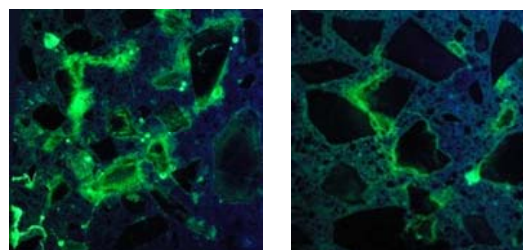


写真-1 ASR ゲルの蛍光発色状況 (NaOH 添加)

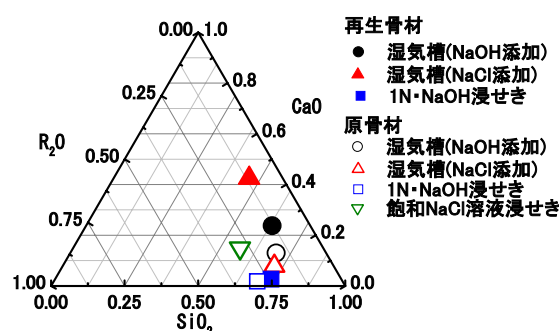


図-2 ASR ゲルの化学成分 (SEM-EDX 分析)