

再生骨材コンクリートのペシマム現象と ASR 抑制対策

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
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 佐藤 良恵

1. 目的

近年、再生骨材の JIS として、JIS A5021 および JIS A5023 がそれぞれ規格化されている。一方、再生骨材のコンクリートへの利用に関しては、原骨材のアルカリシリカ反応性やその履歴が不明であるために、再生骨材は JIS A5308 の区分 B「無害でない」として、混合セメントによる ASR 抑制対策を実施することを基本としている。しかし、再生骨材の ASR を詳細に調べた研究はほとんどなく、原骨材の付着モルタル量や ASR の進行度が再生骨材コンクリートの膨張挙動に及ぼす影響については不明な点が多いのが実状である¹⁾。

本研究は、石川県能登有料道路の橋脚(鹿島橋)の解体コンクリート塊から製造した再生骨材コンクリートの膨張挙動と混合セメントの使用による ASR 抑制効果の適否を検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料

橋脚の解体時に発生したコンクリート塊を破碎・磨砕処理し、JIS A5021 の規格を満足する再生粗骨材 H を製造した。コンクリートに使用した骨材は、富山県早月川産の川砂および川砂利と再生粗骨材 H(絶乾密度: 2.51 g/cm^3 , 吸水率: 2.77%, 化学法:「無害」, $\text{Sc}=152\text{mmol/l}$, $\text{Rc}=155\text{mmol/l}$)である。セメントは普通ポルトランドセメント(OPC, 密度: 3.16 g/cm^3 , ブレーン値: $3400 \text{ cm}^2/\text{g}$, 等価アルカリ量: 0.42%)を使用した。また、混合セメントによる ASR 抑制効果を調べるために、フライアッシュ(FA, 密度: 2.31 g/cm^3 , ブレーン値: $4380 \text{ cm}^2/\text{g}$, 等価アルカリ量: 1.11%)および高炉セメント B 種(BB, 密度: 3.04 g/cm^3 , ブレーン値: $4310 \text{ cm}^2/\text{g}$, 等価アルカリ量: 0.44%, スラグ置換率: 42%)を使用した。フライアッシュの品質は、2 種灰(JIS A6201)に相当するものであり、JIS A5308(附属書 2)に準拠してその置換率を 15%とした。

2.2 試験項目

コンクリートの配合は、水セメント比および細骨材率をそれぞれ 50%および 46%と一定にした。また、再生粗骨材は、他の骨材と混合してコンクリートに使用されることが多いため、再生骨材の混合率を 100%, 75%, 50%および 25%とし、ASR 膨張に及ぼすペシマム混合率の影響を検討した。コンクリートの養生条件は、湿気槽養生法(温度 40°C , 湿度 100%, $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ がセメント質量の 2.0%となるよう添加), 1N・NaOH 溶液浸せき法(温度 40°C)および飽和 NaCl 溶液浸せき法(温度 50°C)の 3 種類とした。供試体は、 $75\text{mm} \times 75\text{mm} \times 400\text{mm}$ の角柱体であり、各配合ごとに 2 本ずつ作製し、コンクリートの膨張率を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 再生骨材コンクリートの膨張性状とペシマム混合率

再生骨材コンクリート(再生骨材混合率: 100%)の膨張率の変化を図-1 に示す。すべての促進養生条件において、再生骨材の反応環(既反応部分)と付着モルタルの影響によりコンクリートの膨張が遅れる傾向が明確に認められた。湿気槽養生法(内在アルカリ形)では、コンクリートの膨張率の増加は材齢 6 ヶ月以後にほぼ頭打ちになるのに対し、1N・NaOH 溶液浸せき

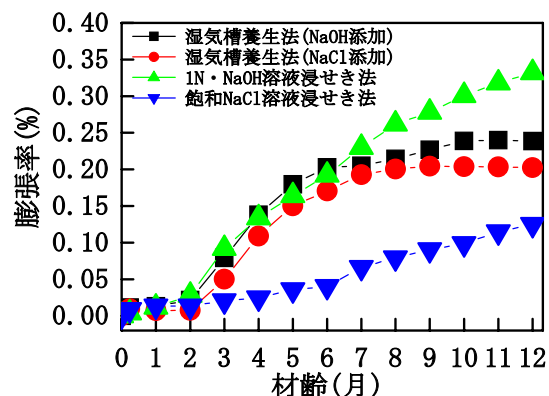


図-1 再生骨材コンクリート(置換率: 100%)の各種養生条件下での膨張率の相違

キーワード 再生骨材, アルカリシリカ反応, 反応環, コンクリートバー法

連絡先 〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学工学部土木建設工学科 TEL 076-264-6373

法では、材齢 2 ヶ月以後に膨張を開始し、それ以後ほぼ直線的に膨張率が増大した。一方、飽和 NaCl 溶液浸せき法では、材齢 6 ヶ月以後に膨張が始まり、それ以後ゆるやかに膨張率が増大した。また、再生骨材コンクリートの膨張率と再生骨材混合率との関係を図-2 および図-3 に示す。図-2 に示すように、湿気槽養生法（内在アルカリ形）では、長期材齢になると 75%の混合率にてコンクリートの膨張率が最大になり、ペシマム値が存在した。これは、長期材齢では添加したアルカリの大部分がすでに消費されているために、アルカリの不足により ASR の進行が停止したためである。一方、図-3 に示すように、外部からアルカリが供給される養生条件では、材齢に関わらず常にアルカリが供給されることから、再生骨材混合率の増加にともないコンクリートの膨張率も大きくなり、ペシマム値が存在しなかった。

3.2 鉱物質混和材による ASR 膨張抑制効果

再生骨材コンクリート（再生骨材の混合率：100%）の膨張率に及ぼす鉱物質混和材の効果を図-4 に示す。湿気槽養生法（NaOH 添加）では、OPC 単味と比較して FA15%および BB はコンクリートの膨張率が低減されているが、長期材齢においては ASR によるひび割れが発生した。したがって、再生骨材（原骨材：安山岩碎石）では、再生骨材自身からアルカリが溶出する影響もあり、現行の ASR 抑制対策（JIS A5308）に規定されている混和材置換率では不十分であると考えられた。一方、1N・NaOH 溶液浸せき法では FA15%および BB のものは材齢 6 ヶ月までは膨張がほとんど発生しなかった。これは、促進養生期間中にフライアッシュのポゾラン反応および高炉スラグ微粉末の潜在水硬性により緻密な内部組織が形成された結果、外部からのアルカリ溶液の浸透が大きく低減されたことによる効果であった。

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) 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、コンクリートの膨張が開始した以後は膨張が材齢とともに増大した。
- (2) 再生骨材コンクリートの ASR を完全に抑制するためには、JIS A5308 に規定されるフライアッシュ置換率 15%または高炉スラグ微粉末置換率 40%では不十分であった。

参考文献

- 1) Nielsen, A., Gottfredsen, F. and Thøgersen, F.: Recycling of Concrete with Alkali-Reactive Aggregate, Proc. of 9th Inter. Conf. on Alkali-Aggregate Reaction, pp.706-711, 1992.

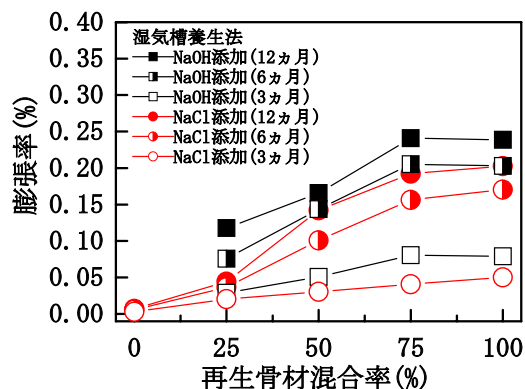


図-2 再生骨材コンクリートのペシマム混合率（内在アルカリ形）

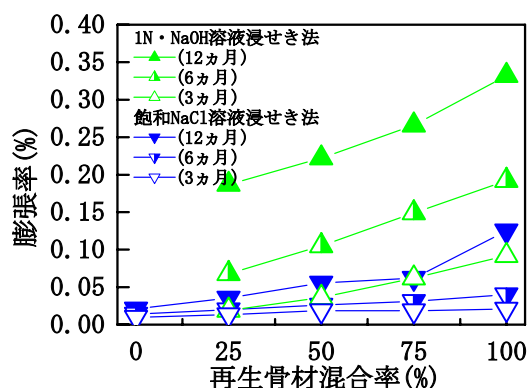


図-3 再生骨材コンクリートのペシマム混合率（外来アルカリ形）

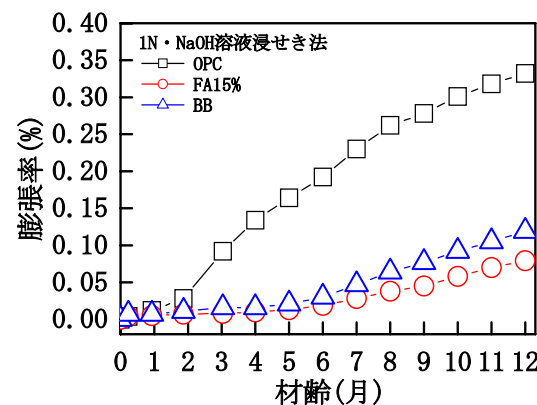
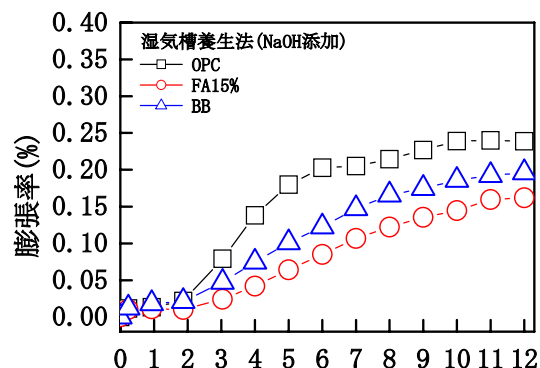


図-4 混和材を使用した再生骨材コンクリート（置換率：100%）の膨張率の相違