

種々の反応性骨材の ASR 反応特性の評価

金沢大学 学生員 ○坪倉 幹浩 金沢大学大学院 学生員 川崎 文義
 金沢大学大学院 正会員 久保 善司

1. はじめに

我が国では、骨材のアルカリシリカ反応性試験として化学法(JIS A 1145 2001)およびモルタルバー法(JIS A 1146 2001)が定められているが、一部の骨材ではその反応性を適切に判断できないことがあるとの指摘がなされている¹⁾。また、両試験法は、骨材の反応性を評価するものであって、コンクリートにおける ASR の発生とは必ずしも一致するわけではない。そのため、場合によっては、骨材のアルカリシリカ反応性試験として、反応性骨材の岩石・鉱物学的特徴および実構造物での ASR の発生の有無を考慮した方法が必要とされている。そこで、既往の研究実績より、異なる反応特性を持つとされる反応性骨材を用いて、粉末 X 線回折分析(XRD)と化学法(JIS A 1146 2001)および各種骨材を用いたコンクリート供試体の膨張測定を実施し、その結果より骨材の鉱物学的特徴とアルカリシリカ反応性およびコンクリートの膨張挙動の関係について検討することとした。

2. 実験概要

(1) **コンクリート** コンクリートの示方配合を表-1 に示す。セメントは、普通ポルトランドセメントを用いた。反応性骨材として、既往の研究実績より、反応性が異なるとされている3種類の安山岩、遅延型の膨張性を示すチャート砕石および河川水系の採取位置によって反応性骨材の種類やその含有率が大きく相違し、アルカリシリカ反応性の判定が困難とされている川砂利を選定した。なお、比較として非反応性の骨材についても検討を加えた。骨材自身の反応特性を評価するため、単位粗骨材量の絶対容積を一定(=0.382m³)とした。コンクリート中のアルカリ総量は Na₂O 等量で 8kg/m³ となるように NaCl を用いて調整した。

(2) **骨材の反応性評価** 骨材の鉱物的特徴を把握するために粉末 X 線回折分析(XRD)を実施するとともに、化学法 (JIS A 1145) による骨材の反応性試験を実施した。また、骨材のコンクリートにおける反応性を評価するために促進環境(40°C, 100%R.H.)下の膨張量測定を実施した。

3. 結果および考察

(1) **鉱物組成** 鉱物組成を把握するために行った骨材の X 線回折図例(安山岩 II)を図-1 に、各骨材で同定された鉱物を表-2 にそれぞれ示す。安山岩 I、安山岩 II および安山岩 III では、長石および石英の構成鉱物のほかに反応性鉱物であるクリストバライトが確認された。また、クリストバライトについては、安山岩 II において最も高いピークが認められ、比較的高い反応性を有するものと推察される。チャートでは、石英の他にはピークはほとんど認められなかった。一般に潜晶質石英であれば、その石英は反応性鉱物であると断定できるが、粉末 X 線回折分析のみでは潜晶質か非晶質か判定することはできないため、反応性骨材であるのかどうかの判定は行えなかった。川砂利では、安山岩

表-1 コンクリートの示方配合

粗骨材	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					減水材 (kg/m ³)	AE助剤 (kg/m ³)	
			W	C	S	G1 [※]	G2 [※]			
安山岩 I	45	44	160	356	757	1016	-	11	0.856	0.712
安山岩 II						591	397			
安山岩 III						489	497			
チャート						822	199			
川砂利						1016	-			
非反応性	-	993								

※G1: 反応性骨材, G2: 非反応性骨材

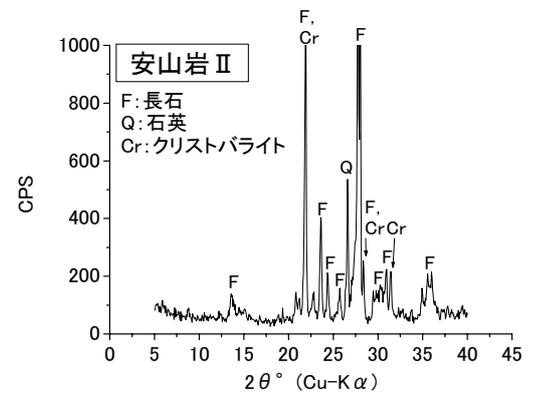


図-1 安山岩の X 線回折図

表-2 各骨材の鉱物組成

骨材	鉱物組成
安山岩 I	長石, 石英, クリストバライト
安山岩 II	長石, 石英, クリストバライト
安山岩 III	長石, 石英, クリストバライト
チャート	石英
川砂利	長石, 石英, クリストバライト, 雲母, 角閃岩
非反応性	長石, 石英, クリストバライト, モンモリロナイト, 緑泥岩, 角閃岩

において同定されたものと同様な構成鉱物(長石, 石英およびクリストバライト)が確認され, その他に雲母および角閃岩のピークが認められた. 反応性鉱物であるクリストバライトについては, 安山岩 I および安山岩 III と同程度のピークが認められた.

非反応性骨材では, 安山岩において同定されたものと同様な構成鉱物(長石, 石英およびクリストバライト)の他に, モンモリロナイトや緑泥岩といった粘土鉱物および角閃岩のピークが確認され, 多種多様な鉱物で構成されていることが判明した. また, 反応性鉱物であるクリストバライトのピークが認められているが, チャート以外の反応性骨材と比べピークが小さかった.

(2) 化学法 化学法による各骨材の溶解シリカ量(Sc), アルカリ濃度減少量(Rc)および判定結果を図-2 に示す. 反応性骨材として用いた骨材はすべて「無害でない」と判定された. 特に安山岩 II において Sc が大きくなっており, 安山岩 II は比較的反応性が高いものと推察される. 安山岩 II は粉末 X 線回折分析において, 反応性鉱物であるクリストバライトのピークが最も大きく, 反応性が高いと推測されたことと一致した. チャートについては, Sc が大きいことから, 粉末 X 線回折分析において同定された石英は, 反応性鉱物の 1 つである潜晶質石英の可能性が

高いと考えられる. 一方, 非反応性骨材については「無害」と判定された.

(3) コンクリートの膨張挙動 促進環境下のコンクリートの膨張量の経時変化を図-3 に示す. なお, 膨張量は同一要因 2 本の平均値を用いた. 非反応性のものを除いてすべての骨材のもので膨張を示した. 安山岩 I, II のものは他の骨材より早期に大きな膨張を示したのに対して,

安山岩 III およびチャートのものは膨張を開始した時期も遅く, 膨張速度も小さい. 川砂利は膨張開始時期が安山岩 I, II より遅いものの, 膨張開始後の膨張速度は大きく, 大きな膨張を示した. 検討した骨材においては, 安山岩 I, II のものは他の骨材より反応性が高いものと考えられる. 最終的な膨張量については, 測定を継続し明らかにする必要があるものの, 鉱物組成および化学法との結果とコンクリートの膨張挙動は一致する結果が得られた.

4. まとめ

各種骨材の鉱物学的特徴, 化学法, および膨張量の結果を総合的に判断した反応性評価結果を表-2 に示す. 今回反応性評価を行ったいずれの骨材もコンクリートにおける反応性ありと判断され, クリストバライトの高いピークを示した安山岩 II のものは高い反応性をもつものと考えられる. また, 同じ安山岩系のもので安山岩 III の膨張は緩やかに進行するものであった. 本研究の範囲においても, 骨材種類によってその反応特性は大きく異なることが明らかとなった. 抑制対策や劣化防止策を検討する場合には, それらの結果に影響を与えるものと考えられるため, 検討結果については骨材の反応特性を踏まえた評価が必要であろう.

参考文献

1) 鳥居和之, 野村昌弘, 本田貴子: 北陸地方の反応性骨材の岩石学的特徴と骨材のアルカリシリカ反応性試験の適合性, 土木学会論文集, Vol.64, No.767, pp185-197, 2004.8

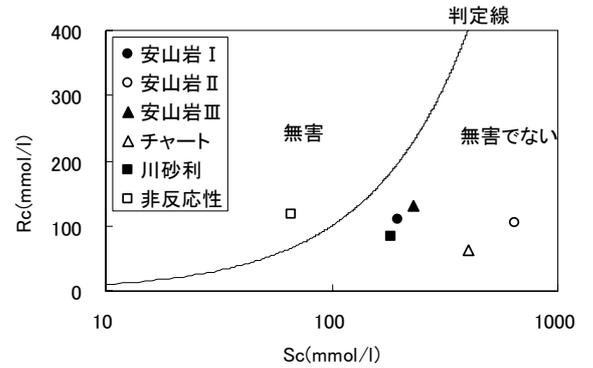


図-2 化学法の判定図

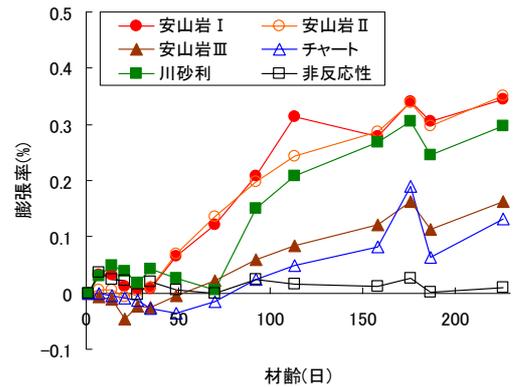


図-3 コンクリートの膨張率

表-2 反応性評価結果

骨材	反応性鉱物	化学法	膨張特性	反応特性
安山岩 I	クリストバライト	無害でない	大きい	◎
安山岩 II	クリストバライト (ピーク大)	無害でない	大きい	◎
安山岩 III	クリストバライト	無害でない	小さい	○
チャート	石英	無害でない	小さい	○
川砂利	クリストバライト	無害でない	大きい	◎
非反応性	-	無害	膨張せず	×

◎:反応性高い ○:反応性あり ×:反応性なし