

堆積岩系骨材のアルカリシリカ反応性の岩石・鉱物学的検討

金沢大学理工研究域 正会員 山戸 博晃
 金沢大学自然科学研究科 学生員 尾花 祥隆
 金沢大学理工研究域 正会員 鳥居 和之

1. はじめに

近年、良質な河川産骨材の枯渇化により、地域で産出される火成岩や堆積岩、変成岩を砕石として使用する機会が増加している。とくに、堆積岩系岩帯の切羽には、砂岩や泥岩、チャートなどの岩種がさまざまに混在しており、このため堆積岩系の骨材の岩石名が必ずしも正確に表示されていないことがあると指摘されている。一方、ASR の原因となる火山岩系の骨材（安山岩、流紋岩）以外にも、シリカ分を多く含んだ、堆積岩系のチャートや珪質粘板岩による ASR の事例が東海地方などで報告されている¹⁾。堆積岩系の骨材は、反応性鉱物が隠微晶質石英または玉随であり、遅延型膨張を示す骨材として火山岩系の骨材とは区別されている。このため、それらの骨材のアルカリシリカ反応性の判定には、骨材の岩石・鉱物学的試験を事前に実施して、適切な ASR 試験法を選択することが重要である²⁾。

本研究は、堆積岩系の骨材の岩石・鉱物学的特徴を調べるために、X 線回折分析および偏光顕微鏡観察を行うとともに、現行の化学法（JIS A 1145）と 3 種類のモルタルバー法（JIS A 1146, ASTM C 1260 およびデンマーク法）により得られたアルカリシリカ反応性の判定結果の整合性について検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料 本研究では、6 種類の堆積岩系の骨材（砂岩、粘板岩およびチャート）を使用した。使用した骨材は、砂岩（骨材 A）とその風化・変質したもの（骨材 B）、粘板岩（骨材 C）とその風化・変質したもの（骨材 D）、チャート（骨材 E、骨材 F）である。また、使用セメントは普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm³，等価アルカリ量：0.68%）である。

2.2 試験方法 骨材の粉末試料を使用して、蛍光 X 線分析により化学成分を測定するとともに、X 線回折分析により含有する鉱物および石英の結晶性指標(CI)を調べた。一方、骨材のアルカリシリカ反応性は、現行の化学法（JIS A 1145-2001）およびモルタルバー法（JIS A 1146-2001）とともに、外部より常にアルカリが供給される、より厳しい養生条件である促進モルタルバー法（ASTM C 1260（温度 80℃の 1N・NaOH 溶液への浸せき）およびデンマーク法（温度 50℃の飽和 NaCl 溶液浸せき））を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 骨材の岩石・鉱物学的特徴

6 種類の骨材の化学成分を表-1 に示す。堆積岩の主要な化学成分はシリカ分およびアルミナ分であり、砂岩（A, B）では風化の有無による化学成分の相違はみられなかった。それに対して、

表-1 6 種類の骨材の化学成分 (%)

	Ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	CI*
砂岩 A	1.73	73.39	17.05	3.37	2.04	1.94	0.96	0.80	7.1
砂岩 B	1.41	76.63	16.69	0.00	2.17	2.58	0.47	0.91	9.2
粘板岩 C	2.87	70.12	19.52	0.00	3.81	3.63	0.78	1.30	9.2
粘板岩 D	4.30	65.18	20.59	1.16	4.20	3.98	2.33	1.56	7.6
チャート E	0.40	90.89	6.48	0.00	1.03	0.91	0.00	0.35	4.2
チャート F	0.38	95.03	4.10	0.00	0.23	0.00	0.11	0.00	5.8

*光学用珪砂の結晶性指数(CI)が 10.0 となるように、ファクター(F=1.71)を決定した

キーワード：堆積岩骨材，隠微晶質石英，アルカリシリカ反応性，石英の 5 重線

連絡先：金沢大学理工研究域環境デザイン学系 〒920-1192 金沢市角間町 Tel & Fax 076-264-6365

粘板岩 (C, D) ではシリカ分およびカルシウム分にて風化の有無による相違が明確にみられた。一方、チャートは、砂岩や粘板岩と比較して、シリカ分が多く、アルミナ分が少ない特徴があった。X線回折分析 (2θ (CuK α) = $67\sim 69^\circ$ ($d=1.38\sim 1.37\text{\AA}$)) における石英の5重線ピークの解析から求めた砂岩および粘板岩の結晶性指標 (CI) は7~9程度となり、隠微晶質石英または玉髄を含有する、2種類のチャートの4~6程度と比較して結晶性指標 (CI) 高くなり、結晶性の石英を多く含むことが判明した。

3. 2 骨材のアルカリシリカ反応性の評価

(1) 化学法 (JIS A1145) による判定

化学法 (JIS A1145) による判定結果を図-1に示す。6種類の骨材は、Sc/Rcの値が1を超えており、「無害でない」と判定された。また、Rcの値が全体に小さいのが特徴であり、砂岩 (A, B) と比較して粘板岩 (C, D) は風化の有無により Scの値が大きく変化した。この結果は蛍光 X線回折から測定した化学成分の値とも一致していた。

(2) モルタルバー法 (JIS A 1146 および ASTM C 1260) による判定

モルタルバー法 (JIS A 1146 および ASTM C 1260) の膨張挙動を図-2および図-3に示す。JIS A1146では、粘板岩 Cとチャート Fは材齢28日以後に膨張を開始し (遅延型膨張)、「無害でない」と判定された。粘板岩 CはASRによる劣化が確認されているチャート Fとほぼ同様な膨張挙動を示すことから判断すると、粘板岩 Cは実際にASRが発生する可能性があるかと判断された。それに対して、チャート Eは膨張率が小さく、実構造物でのASRによる被害も報告されていない。両者の相違は隠微晶質石英の含有量とその形態によるものと推察された。一方、ASTM C1260では、砂岩および粘板岩は膨張率が材齢とともに直線的に増大しており、材齢14日で膨張率が0.2%を超えており、すべて「有害」と判定された。それに対して、チャートは材齢3日以後に膨張率は頭打ちとなり、「無害」と判定された。これは、温度80℃の1N・NaOH溶液の養生条件下では反応生成物がシリカゲルとして溶出することによるものである。

4. まとめ

本研究で得られた結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1) 化学法 (JIS A1145) では、6種類の堆積岩系骨材 (砂岩、粘板岩、チャート) はすべて「無害でない」と判定された。
- (2) モルタルバー法 (JIS A1146) では、粘板岩 Cおよびチャート Fは同様な膨張挙動を示し、「無害でない」と判定された。
- (3) 石英の5重線回折ピークの解析より、堆積岩系骨材の隠微晶質石英の含有量とその形態が判定できた。

参考文献

- 1) 森野奎二、柴田国久、岩月栄治：チャート質岩のアルカリ骨材反応性、粘土科学、Vol.27、No.4、pp.199-210(1987)
- 2) 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、No.767、pp.185-197(2004)

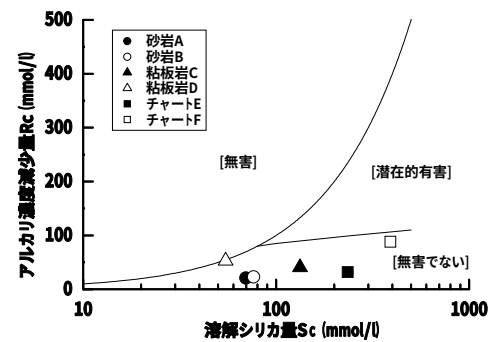


図-1 化学法による判定結果

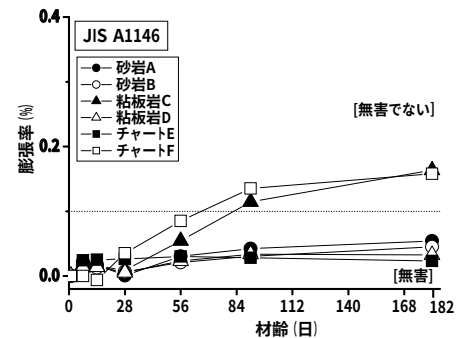


図-2 JIS A1146 による膨張挙動

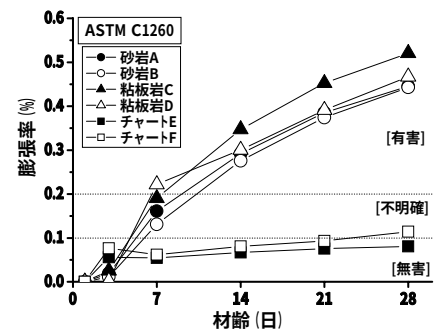


図-3 ASTM C1260 による膨張挙動