

## 骨材の ASR 試験の適合性と再評価

葛飾区職員 正会員 本田貴子 金沢大学工学部 正会員 山戸博晃  
 (株)クエストエンジニア 正会員 野村昌弘 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之

## 1. はじめに

アルカリシリカ反応（以下，ASR）によるコンクリートの劣化を防止するためには，使用する骨材の岩石・鉱物学的特徴を把握したうえで，それぞれの骨材に適した ASR 試験を実施することが重要である。現在，我が国の ASR 試験は化学法（JIS A 1145 2001）およびモルタルバー法（JIS A 1146 2001）のみが規定されており，諸外国で実施されているような促進試験法（ASTM C 1260 法および修正デンマーク法）は実施されてはいない。本研究では，7種類の砕石および川砂利に対して，岩石・鉱物学的試験を実施するとともに，4種類の ASR 試験（JIS A 1145 2001, JIS A 1146 2001, ASTM C 1260, 修正デンマーク法）を実施することによって，アルカリシリカ反応性の判定結果の適合性について検討を行なった<sup>1)</sup>。

## 2. 実験概要

## (1) 使用材料

使用骨材は，表 - 1 に示す砕石 5 種類および川砂利 2 種類である。骨材は，コンクリート工場の骨材瓶から直接に採取することを原則とした。セメントは普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm<sup>3</sup>）である。

## (2) 実験項目

岩石・鉱物学的試験には，偏光顕微鏡観察，X 線回折分析，示差走査熱量分析（DSC）および走査型電子顕微鏡とエネルギー分散型 X 線回折との組み合わせによる分析（SEM-EDX）を実施した。ASR 試験は，化学法（JIS A 1145-2001），モルタルバー法（JIS A 1146-2001），ASTM C 1260 法（温度 80 の 1N・NaOH 溶液に浸漬）および修正デンマーク法（温度 50 の飽和 NaCl 溶液に浸漬）をそれぞれの規格に準拠して実施した。

## 3. 実験結果および考察

## (1) 骨材の岩石・鉱物学的特徴

X 線回折分析および示差走査熱量分析（DSC）から，チャート骨材には明確な石英のピークのみが確認され，代表的な反応性骨材である安山岩（砕石および川砂利）には，反応性鉱物である火山ガラスやクリストバライトとともに風化・変質の過程で生成した粘土鉱物（モンモリロナイト，バミキュライト，緑泥岩）を含有しているものもあった。SEM-EDX 分析から，安山岩粒子の主要な化学成分は，シリカ分及びアルミナ分であり，長石および火山ガラス相には，多くのアルカリ（ナトリウム分）を含有していることが判明した。骨材

表 - 1 使用骨材の種類および化学法（JIS A 1145）の結果

使用骨材			化学法（JIS A 1145）			
骨材名	産地	実構造物における ASR 発生の有無	Sc (mmol/l)	Rc (mmol/l)	判定	
砕石 A	チャート砕石	南条	無し	235	32	無害でない
砕石 B	チャート砕石	養老	有り	391	88	無害でない
砕石 C	輝石安山岩	能登	有り	289	109	無害でない
砕石 D	輝石安山岩	能登	有り	603	223	無害でない
砕石 E	石英安山岩	金沢	無し	53	117	無害
川砂利 A	川砂利	常願寺川	有り	353	68	無害でない
川砂利 B	川砂利	手取川	無し	60	124	無害

キーワード：アルカリシリカ反応，試験法，ASTM C 1260，修正デンマーク法

連絡先（工学部土木建設工学科 〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 TEL076-234-4622 FAX076-234-4632）

中のガラス相および長石のアルカリ分はアルカリシリカ反応の進行にともない、骨材中から溶出し、新たなアルカリシリカゲルの生成に寄与するものと推察される。

## (2) 骨材のアルカリシリカ反応性の判定

化学法の結果を表 - 1 に示す。石英安山岩および川砂利 B は「無害」と判定され、その他のものはすべて「無害でない」と判定された。3 種類のモルタルバー法の試験結果を図 - 1 に示す。その結果、JIS A 1146 法 (a) では膨張量が全体的に小さく、骨材間の膨張挙動に明確な相違が認められなかった。これは、アルカリ添加が打設時のみに限定されていることや、材齢に伴う供試体のアルカリ漏出および粘土鉱物（モンモリロナイト）によるアルカリ吸着によって、モルタルバーの膨張量が小さくなるため、骨材のアルカリシリカ反応性を適切に判定できないことを示唆している。一方、ASTM C 1260 法 (b) および修正デンマーク法 (c) では、常にアルカリが供給される条件下で、促進養生を行なっていることから、膨張が早期に開始し、最終的な膨張量も大きくなる傾向がみられた。しかし、チャート碎石 B に対し ASTM C 1260 法を実施すると反応性骨材であっても「無害」と判定してしまうことから、チャート碎石に対し ASTM C 1260 法は適応できないことが判明した。ASTM C 1260 法および修正デンマーク法は、JIS A 1146 法よりも短期間に判定できる点で有利であるといえる。しかし、骨材の岩種や反応性鉱物の種類との関係で、各促進養生条件の間でアルカリシリカ反応の判定結果が相違するものがあることに注意が必要である。

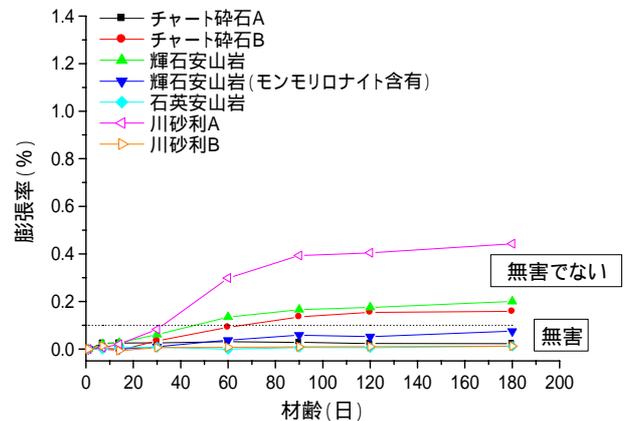
## 4. まとめ

(1) 安山岩には、反応性鉱物である火山ガラス、クリストバライトとともに風化・変質の過程で生成した粘土鉱物（モンモリロナイト、緑泥岩）を含有しており、火山ガラス相には、多くのアルカリ（ナトリウム分）を含有していた。

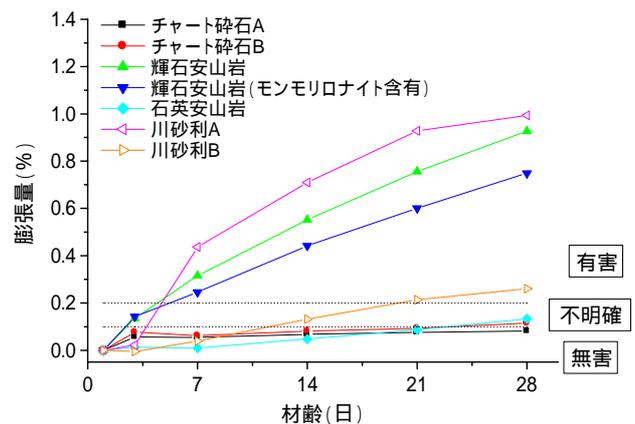
(2) モルタルバー法（JIS A 1146）の判定結果は、必ずしも実構造物の ASR 損傷と一致しなかった。それに対して、ASTM C 1260 法および修正デンマーク法の判定結果は実構造物の損傷状況と良く一致しており、両試験法は安山岩を主要な反応性骨材とする骨材の日常的な品質管理への適用が可能であった。

## 参考文献

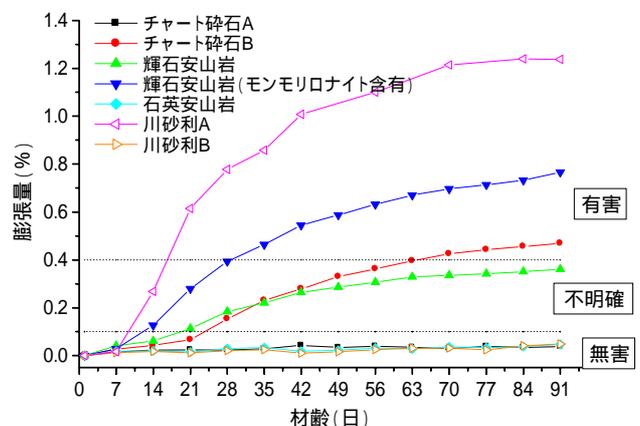
1) 鳥居和之, 野村昌弘, 本田貴子: 北陸地方の反応性骨材の岩石学的特徴と骨材のアルカリシリカ反応性試験の適合性, 土木学会論文集, No.767/V-64, pp.185-197, 2004



(a) JIS A 1146 法 (温度 40 , 相対湿度 100%)



(b) ASTM C 1260 法 (温度 80 , 1N NaOH 溶液浸漬)



(c) デンマーク法 (温度 50 , 飽和 NaCl 溶液浸漬)

図 - 1 3 種類のモルタルバー法の膨張挙動の比較