

北陸地方の川砂の岩石学的特徴とアルカリシリカ反応性の評価

金沢大学大学院 学生員 ○本田貴子 (株) ハザマ 正会員 谷本 祥
 金沢大学工学部 正会員 山戸博晃 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之

1. はじめに

わが国では骨材のアルカリシリカ反応性の試験法として化学法およびモルタルバー法が規定されている。しかし、各種岩種が混在する川砂では両試験法の一律の基準により適切に判定できない場合があることが指摘されている¹⁾。本研究は、北陸地方を代表する河川水系から採取した6種類の川砂に対して岩石・鉱物学的な検討を行うとともに、4種類のアルカリシリカ反応性試験（JIS A 1145-2001、JIS A 1146-2001、ASTM C 1260（80℃、1N-NaOH 溶液浸せき）、修正デンマーク法（50℃、飽和 NaCl 溶液浸せき））を実施し、川砂中の反応性鉱物の特徴とアルカリシリカ反応性の試験結果の適合性について検討したものである²⁾。

2. 岩石・鉱物学的特徴

川砂中の岩種の中でアルカリシリカ反応性を示す安山岩粒子（角閃石安山岩）に着目して、X線回折分析、示差走査熱量分析およびSEM-EDXを実施した。X線回折分析および示差走査熱量分析から、主要な反応性鉱物としてクリストバライトおよび火山ガラスが同定されるとともに、風化過程で生成されたモンモリロナイト、緑泥岩などの粘土鉱物が一部のことで確認された。SEM-EDX分析より求めた安山岩粒子の化学組成を表-1に示す。川砂Bおよび川砂Dに代表される安山岩粒子は、シリカ分が少なく、アルミナ分が多い化学組成であり、アルカリ分を多く含有しているのが特徴であった。アルカリ分は火山ガラスや長石に由来するものであり、アルカリシリカ反応性に関してこれらの構成鉱物からのアルカリの供給の影響についての検討が必要であると考えられた。

表-1 安山岩粒子の化学組成 (%)

	川砂 A	川砂 B	川砂 D	川砂 F
SiO ₂	70.4	39.9	44.0	86.9
Al ₂ O ₃	13.6	25.7	24.7	5.2
Fe ₂ O ₃	2.3	0.4	0.1	0.2
MgO	3.0	10.5	8.8	1.6
CaO	0.0	6.7	4.1	0.1
Na ₂ O	6.5	13.2	15.0	3.1
K ₂ O	1.7	0.9	0.6	0.0
total	97.5	97.3	97.2	97.3

3. アルカリシリカ反応性

川砂のアルカリシリカ反応性の試験結果を表-2に示す。川砂の化学法の結果では、判定図の境界線付近にプロットされるものが多くあり、化学法の結果のみで川砂のアルカリシリカ反応性を正確に判定することは困難であると考えられた。一方、3種類のモルタルバー法の試験結果の比較より、JIS A 1146法では安山岩粒子を多く含有する川砂Bおよび川砂Cのみが比較的早期に膨張が開始し、3カ月材齢にて「無害でない」と判定された。しかし、それら以外の川砂は膨張量が全体に小さくなり、骨材間の膨張挙動に明確な相違が認められなかった。JIS A 1146法では、アルカリが添加時のものに限定されていることや、養生中に試験体からアルカリが多量に漏出することによって、モルタル中に反応性鉱物が存在した場合にも適切に判定されない可能性があった。一方、ASTM C 1260法及びデンマーク法では、アルカリが外部から常に供給される条件下での促進養生であることから、モルタルの膨張が早期に始まり、最終的な膨張量もかなり大きくなった。ASTM C 1260（材齢14日）とデンマーク法（材齢91日）の膨張量の関係を図-1に示す。両試験法では川砂中の反応性鉱物の量（安山岩粒子の含有率）に比例してモルタルの膨張量が増大する傾向が認められ、ASTM C 1260（材齢14日）とデンマーク法（材齢91日）との膨張量には相関関係があった。しかし、ASTM C 1260法では、使用実績から非反応性骨材と判断される川砂Eも「有害」と判定されている点が問題であった。これらの結果を総

キーワード：川砂，アルカリシリカ反応，アルカリシリカ反応試験，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）

表-2 川砂のアルカリシリカ反応性の試験結果

骨材	化学法 (JIS A1145)				JIS A1146		ASTM C1260		デンマーク法	
	Sc (mmol/l)	Rc (mmol/l)	Sc/Rc	判定	膨張量 (%)	判定	膨張量 (%)	判定	膨張量 (%)	判定
川砂 A	153	123	1.24	無害でない	0.037	無害	0.355	有害	0.460	有害
川砂 B	230	129	1.77	無害でない	0.235	無害でない	0.642	有害	1.030	有害
川砂 C	312	75	4.16	無害でない	0.367	無害でない	0.847	有害	1.288	有害
川砂 D	121	120	1.01	無害でない	0.027	無害	0.359	有害	0.291	不明確
川砂 E	105	116	0.91	無害	0.002	無害	0.333	有害	0.062	無害
川砂 F	88	150	0.59	無害	0.030	無害	0.337	有害	0.439	有害

合的に判断すると、北陸地方の川砂のアルカリシリカ反応性の判定には修正デンマーク法が最も適していると考えられた。

4. ASR ゲルの化学組成

促進養生試験終了後のモルタルバーの破断面を SEM-EDX および酢酸ウラニル蛍光法で調べた。JIS A 1146 法では川砂 B および川砂 C のみに ASR ゲルが観察された。一方、デンマーク法では川砂 E 以外のものすべてに、ASTM C 1260 法では川砂 E を含むすべてのものに、ASR ゲルの生成が確認された。また、デンマーク法では安山岩粒子の周囲にのみ ASR ゲルの生成が観察されたが、ASTM C 1260 法では多くの骨材粒子に溶解の痕跡が存在するとともに、モルタルの破断面全面に ASR ゲルの生成が観察された。

ASR ゲルの化学組成を図-2 に示す。に示すように、モルタルバーの促進養生条件により ASR ゲルの化学組成 ($\text{SiO}_2\text{-CaO-Na}_2\text{O(K}_2\text{O)}$ のモル構成比率) が大きく相違しており、モルタルバーの膨張量が大きくなる促進養生条件と川砂の種類との組み合わせでは、シリカ分、アルカリ分が多く、カルシウム分が少ない、という化学組成の特徴が認められた。このことより、モルタルの膨張挙動には ASR ゲルの生成量とともに ASR ゲルの化学組成が大きく関与していることが推察された。

5. まとめ

(1) 北陸地方の川砂には、アルカリシリカ反応性を示す角閃石安山岩が含有されており、反応性鉱物として火山ガラス、クリストバライト、粘土鉱物（モンモリロナイト、緑泥岩）が同定された。

(2) 安山岩を含有する川砂のアルカリシリカ反応性の判定には修正デンマーク法が最も適していた。

参考文献

- 1) 鳥居和之：骨材のアルカリシリカ反応性の品質保証，コンクリート工学，Vol. 39, No. 5, pp. 68-71, 2001.
- 2) 鳥居和之 他：促進養生試験による骨材のアルカリシリカ反応性の評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.26, 2004 (投稿中)。

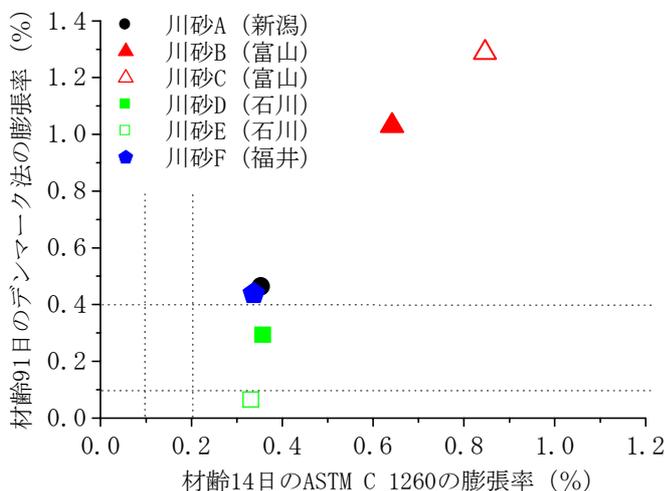


図-1 ASTM 法とデンマーク法の膨張量の関係

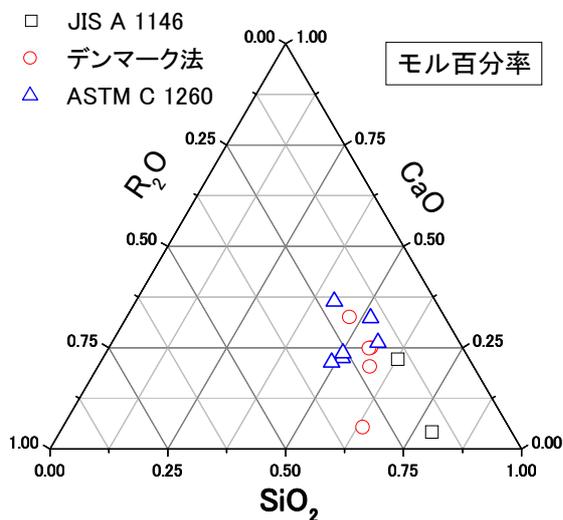


図-2 ASR ゲルの化学組成