

骨材のアルカリシリカ反応性評価に関する検討

立命館大学理工学部大学院 学生員○宮永憲一 正会員 鈴木宏信

立命館大学理工学部 正会員 高木宣章 児島孝之

1. はじめに

近年,北米やヨーロッパ諸国では,骨材のアルカリシリカ反応性の評価試験法として,モルタル試験体を温度 80℃,1規定 NaOH 溶液中に浸漬し,2週間から4週間の比較的短期間の膨張率で評価する促進モルタルバー法(例えば ASTM C 1260)が普及し,骨材の早期判定が行われている。一方,我国では,骨材のアルカリシリカ反応性試験の判定は JIS A 1145,1146 の化学法,モルタルバー法により行われており,短期判定できる促進モルタルバー法の実施事例は少ない。

本実験は,コンクリート用骨材として使用されている6種類の粗骨材を用いて,JISの化学法,モルタルバー法,およびASTMの促進モルタルバー法の各試験を実施し,それらの相関性について検討したものである。

2. 実験概要

セメントは(社)セメント協会のアルカリシリカ反応性試験用普通ポルトランドセメント(密度 3.17g/cm³,等価アルカリ量 0.62%)

を使用した。骨材は表1に示す6種類の粗骨材を使用した。試験は各骨材についてJIS A 1145の化学法,JIS A 1146のモルタルバー法(シリーズ5,以後JIS法と称す),およびASTM C 1260の促進モルタルバー法(シリーズ1,以後ASTM法と称す)を実施した。表2に示すように,試験体寸法,配合を変化させた試験体(シリーズ

2,3,4,6)も作製した。また,シリーズ1,2の一部の試験体についてはASTM法での試験材齢28日の測定終了後に試験体中に含まれる水溶性アルカリ量の分析

を実施した。試験は,モルタル試験体を微粉碎し,40℃温水抽出した溶液の原子吸光分析により実施した。

キーワード 骨材,アルカリシリカ反応,化学法,モルタルバー法,ASTM C 1260

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学理工学部土木工学科 TEL/FAX077-561-2805

表1 使用した骨材

骨材	岩種の目視観察	偏光顕微鏡観察、粉末X線回折分析(左記の◎印の岩種について実施)から確認されたASRを起こす可能性のある鉱物
A(砕石)	◎安山岩	ガラス,クリストバライト
B(山砂利)	◎チャート,◎泥岩,砂岩,珪岩	カルセドニー質石英,微晶質石英
C(山砂利)	◎チャート,◎泥岩,珪岩	カルセドニー質石英,微晶質石英,微細な黒雲母
D(川砂利)	石灰岩,◎粘板岩,◎砂岩	微晶質石英,結晶格子のひずんだ石英
E(砕石)	◎シルト～泥岩	微晶質石英
F(砕石)	◎石灰質砂岩	認められない

表2 実験項目および要因

実験項目	実験要因および方法				
化学法	JIS A1145に準じて6種類の粗骨材について実施				
モルタルバー法	シリーズ	試験環境	試験体寸法	配合	備考
	1	80℃, 1N NaOH	1×1×11.25in	等価アルカリ量未調整(0.62%), W/C=0.47	ASTM C 1260
	2	80℃, 1N NaOH	4×4×16cm	等価アルカリ量未調整(0.62%), W/C=0.47	シリーズ1に対し試験体寸法を変化
	3	80℃, 1N NaOH	1×1×11.25in	等価アルカリ量=1.2%, W/C=0.50	シリーズ1に対し配合を変化
	4	80℃, 1N NaOH	4×4×16cm	等価アルカリ量=1.2%, W/C=0.50	シリーズ1に対し試験体寸法と配合を変化
	5	40℃, 95%以上R.H.	4×4×16cm	等価アルカリ量=1.2%, W/C=0.50	JIS A 1146
アルカリ量分析	モルタル試験体を微粉碎し, 40℃温水抽出した溶液の原子吸光分析により実施				

表3 骨材のアルカリシリカ反応性の判定結果

骨材	化学法結果 (m mol/L)			モルタルバー法結果(%)											
				80℃、1N NaOH								40℃、95%以上R.H.			
				シリーズ1 (ASTMC1260)		シリーズ2		シリーズ3		シリーズ4		シリーズ5 (JISA1146)		シリーズ6	
	S _C	R _C	判定	膨張率	判定	膨張率	判定	膨張率	判定	膨張率	判定	膨張率	判定		
A(砕石)	197	127	×	0.410	×	0.207	×	0.496	×	0.283	×	0.036	○	0.026	○
B(山砂利)	81	40	×	0.202	×	0.091	○	0.231	×	0.137	△	0.006	○	0.014	○
C(山砂利)	98	51	×	0.095	○	0.031	○	0.154	△	0.036	○	0.005	○	0.021	○
D(川砂利)	59	125	○	0.285	×	0.308	×	0.323	×	0.355	×	0.019	○	0.018	○
E(砕石)	44	47	○	0.325	×	0.251	×	0.370	×	0.355	×	0.006	○	0.015	○
F(砕石)	27	48	○	0.201	×	0.111	△	0.298	×	0.172	△	-0.001	○	0.012	○

注) 表中の記号は, ○:「無害」, ×:「無害でない」あるいは「有害」, △:「有害と無害を含む」を表す。
膨張率の値はASTM法では浸漬材齢14日の値を, またJIS法では6ヶ月間のうちの最大値を示した。
判定はシリーズ1～4ではASTM C 1260の判定基準を用いた。即ち, 浸漬材齢14日後の試験体3本の平均膨張率が0.1%未満の場合は「無害」, 0.1～0.2%の場合は「有害と無害を含む」, 0.2%以上の場合は「有害」と判定。シリーズ5,6はJIS A 1146の判定基準を用いた。

3. 実験結果および考察

骨材のアルカリシリカ反応性の判定結果を表3に、ASTM法の試験結果の代表例としてシリーズ1の結果を図1に示す。化学法では骨材A,B,Cが「無害でない」、骨材D,E,Fが「無害」と判定された。また、モルタルバーのJIS法(シリーズ5)ではすべての骨材が「無害」と判定された。ASTM法(シリーズ1)では、骨材A,B,D,E,Fが「有害」、骨材Cが「無害」と判定された。骨材中に含まれるASRを起こす可能性のある鉱物の一覧を表1に示す。これらの結果から、ASTM法においては、反応性鉱物にクリストバライト、ガラスを含む骨材Aの膨張量が他と比べて大きな値を示した。また、化学法において「無害でない」と判定された骨材D,E,FにおいてもASTM法では「有害」の膨張率を示した。一方、化学法で「無害でない」と判定されたチャートを含む骨材B,Cの膨張率が他の骨材と比較して小さな値を示しており、骨材Cでは「無害」の判定結果となった。

図2はシリーズ1～6の各種モルタルバー法の最大膨張率を示す。シリーズ1～4の試験体は80,1規定NaOH溶液中に浸漬しており、40, 相対湿度95%以上の条件に貯蔵したシリーズ5,6に比べて、膨張率は大きな値を示した。また、試験体寸法、配合要因を変化させた場合、骨材D(川砂利)を除き、シリーズ3(寸法1×1×11.25in, 等価アルカリ量1.2%に調整, W/C=0.50)、シリーズ1(寸法1×1×11.25in, 等価アルカリ量未調整, W/C=0.47)が他のシリーズと比較して大きな値を示す傾向が認められた。また、シリーズ2(寸法4×4×16cm, 等価アルカリ量未調整, W/C=0.47)とシリーズ4(寸法4×4×16cm, 等価アルカリ量1.2%に調整, W/C=0.5)を比較した場合、シリーズ2が小さな値を示す傾向にあった。これらより、試験体寸法が膨張率に大きな影響を及ぼすことがわかった。これは、表4に水溶性アルカリ量の分析結果を示すように、寸法4×4×16cmの試験体に比べて寸法1×1×11.25in試験体の方が試験体内部に水溶性アルカリを多く含有しており、断面積が小さいため、アルカリが内部まで浸透しやすいことが膨張率を大きくした一要因として考えられる。なお、骨材Aは、骨材Cと比較するとアルカリ含有量の差が小さくなっているが、これは、骨材Aの試験体表面には膨張によりひび割れが多く生じており、そのひび割れから試験体内部にアルカリが浸透しやすくなった可能性が考えられる。

また、骨材Dのようにシリーズ4の膨張率が大きな値を示すなど、今回実験を行った他の骨材とは違う傾向を示すものも存在するため、さらに多くの骨材について試験を実施し、データの蓄積・検討を行う必要がある。

4. まとめ

- (1) JIS A 1145, 1146の化学法、モルタルバー法の判定結果はASTM C 1260促進モルタルバー法の判定結果と必ずしも一致しない。
- (2) ASTM C 1260促進モルタルバーの膨張率は岩種により異なる傾向が認められる。
- (3) 80,1規定NaOH溶液にモルタルバー試験体を浸漬した場合、試験体寸法、および試験体作製時に調整するアルカリや促進試験期間中に試験体外部から浸透するアルカリが膨張率に影響を及ぼす可能性がある。

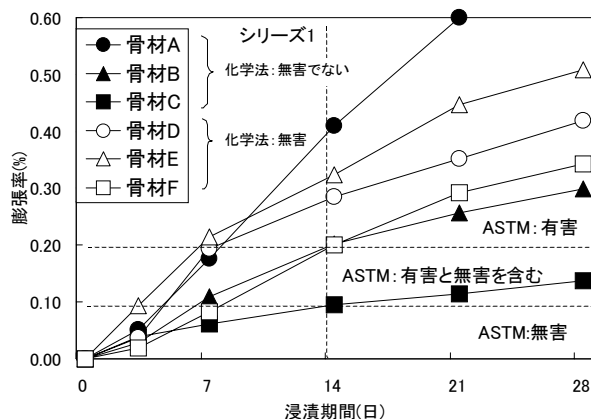


図1 ASTM法の膨張率の経時変化

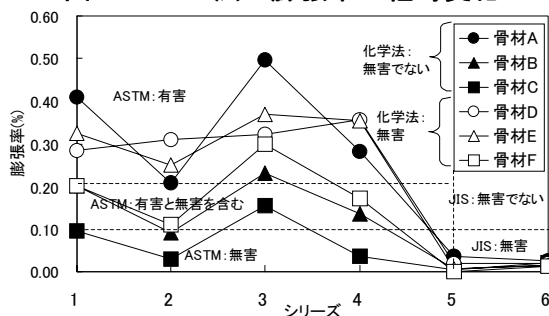


図2 各モルタルバー法の最大膨張率

表4 水溶性アルカリの分析結果

試験体	寸法	水溶性アルカリ量(%)		
		Na ₂ O	K ₂ O	Na ₂ Oeq
骨材A	シリーズ1	0.68	0.07	0.73
	シリーズ2	0.61	0.08	0.66
骨材C	シリーズ1	0.71	0.02	0.72
	シリーズ2	0.48	0.03	0.5