

隠微晶質石英を含む骨材を用いたモルタルおよびコンクリートの アルカリシリカ反応膨張挙動に関する研究

九州大学 学生会員 ○小石孝浩 九州大学大学院 学生会員 小田聡
九州大学大学院 学生会員 田中暁大 九州大学大学院 正会員 佐川康貴
(独) 国立環境研究所 正会員 山田一夫 (株) 太平洋コンサルタント 正会員 小川彰一

1. はじめに

現在、骨材の ASR 反応性を試験する方法として主に日本で用いられているのは、化学法 (JIS A 1145) とモルタルバー法 (JIS A 1146) である。近年、骨材によってはこれら試験法によって「無害」と判定された骨材でも ASR 劣化を生じることが知られるようになってきている。一方、RILEM では ASR の骨材試験方法として、モルタルバー法は ASTM C1260 の方法をほぼ包括する RILEM AAR-2 が提案されている。これらはいずれも 1N NaOH 溶液に浸漬する方法であるが、いわゆるアルカリ炭酸塩反応を起こす骨材では膨張を生じず、また、反応性の高いある種のチャート骨材では、シリカの溶解によって膨張しないため、骨材粒度を 4-8mm とした RILEM AAR-5 が提案されている。また、RILEM AAR-0 では、これら AAR-2 もしくは AAR-5 で膨張を示した場合にコンクリート試験体での試験 (CPT; Concrete Prism Test) が必要とされている。本研究では、隠微晶質石英を含有するチャート骨材およびホルンフェルスを用い、ASR 促進試験を実施し、それぞれの結果を比較した。

2. 使用骨材の特徴

使用した骨材 T は主に隠微晶質石英から成り、石英および玉髓 (カルセドニー) から成る脈が多く分布しているチャート骨材であり、骨材 D は隠微晶質石英を含む砂質岩および泥質岩起源のホルンフェルスである。JIS 化学法の結果および JIS モルタルバー法の結果を図-1 および図-2 に示す。骨材 D は「無害」であり、一方、骨材 T は「無害でない」と判定された。

3. 促進モルタルバー試験

3.1 試験方法

促進モルタルバー試験は ASTM C1260, AAR-2 および、AAR-5 の 3 つの試験法で比較を行った。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、水セメント比 50% は共通であるが、表-1 に示すように砂セメント比、試験体寸法および、骨材の粒度調整が異なる。促進養生は $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 1N NaOH 溶液に浸漬させた。

3.2 試験結果および考察

骨材 T および骨材 D の促進モルタルバー法の結果を図-3 に示す。凡例は試験法 (骨材種類) を示す。ASTM C1260 と AAR-2 を比較した場合、試験体の断面積が小さい ASTM C1260 の方が膨張率が大きい

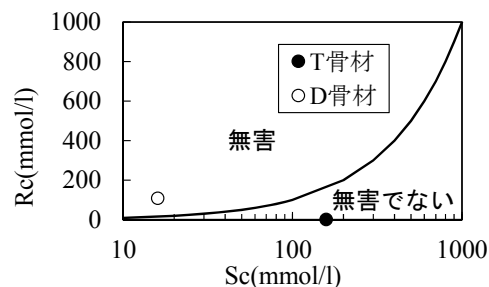


図-1 JIS 化学法の結果

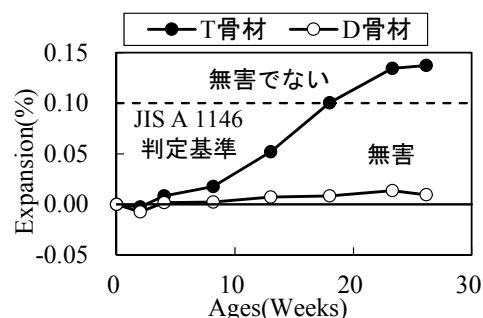


図-2 JIS モルタルバー法の結果

表-1 試験法の比較

試験法	砂セメント比 S/C	試験体 寸法 (mm)	細骨材 粒径 (mm)
ASTM C 1260	2.25	25×25×286	~4
RILEM AAR-2	2.23	40×40×160	
RILEM AAR-5	0.99		4-8

● ASTM C1260 (T)	○ ASTM C1260 (D)
▲ AAR-2 (T)	△ AAR-2 (D)
■ AAR-5 (T)	□ AAR-5 (D)

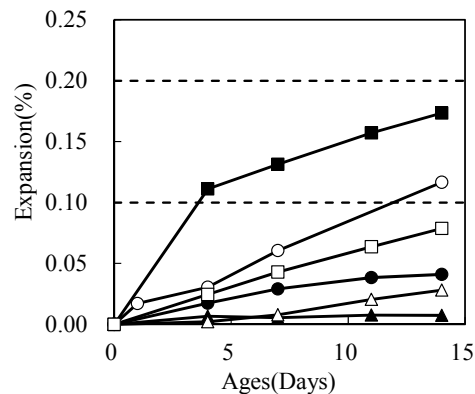


図-3 促進モルタルバー法の試験結果

表-2 コンクリートの配合

粗骨材	粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)				目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		
T骨材	20	50	45	160	320	827	992	8.0±2.5	4.5±1.5
D骨材						843	1015		

くなった。その理由として、試験体サイズが小さいほどアルカリの浸透が速いことが考えられる。一方、骨材粒度が異なる AAR-2 と AAR-5 との比較では、チャートである骨材 T では、AAR-2 ではほとんど膨張しなかったが、AAR-5 では膨張が大きく、明確な差があった。粒径が小さい場合は、骨材 T に含まれる反応性が高いカルセドニーから生成したアルカリシリカゲルは膨張に寄与することなく、ペーストに逸散したものと考えられる。

4. 促進コンクリートプリズム試験

4.1 試験方法

CPT の条件として、骨材 T に対しては、RILEM AAR-4（試験体寸法 75×75×250mm，養生温度 60℃）を参考とし、養生温度 60℃に加え、40℃，20℃の水準を実施し、さらに著者らが考案した試験体をコンクリート中細孔溶液相当のアルカリ溶液で湿らせた布で覆うアルカリラッピング¹⁾法で行った。骨材 D に対しては JASS5N T603（試験体寸法 100×100×400mm，水で湿らせた布で包み，養生）を参考としたが，養生温度は 60℃に変更した。

表-2 にコンクリートの配合を示す。骨材 T および D はいずれも粗骨材として使用し，細骨材は非反応性の石灰石砕砂を使用した。アルカリ量の調整は NaOH 試薬で行い， $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}=5.5\text{kg/m}^3$ とした。

4.2 試験結果

図-4 に膨張率の測定結果を示す。凡例は骨材種類（養生温度）を示す。AAR-4 の判定基準は材齢 20 週で 0.03% 以上とされているが，両骨材ともに，この判定基準を上回った。また，養生温度が高いほど，初期の膨張が顕著で急激な膨張は早期に収束するが，その後も膨張は継続していた。また，材齢 45 週時に 40℃は 60℃の膨張率を超え，その後も膨張は継続していることが分かる。さらに，低温養生である 20℃は 52 週以降で膨張が始まった。

5. まとめ

本研究では，ASR 反応が比較的遅いと考えられる隠微晶質石英を含有するチャート骨材およびホルンフェルスを用いた各種のモルタルバーおよびコンクリートプリズムを用いた ASR 促進試験を行い，膨張挙動を比較した。骨材 T は JIS 化学法，JIS モルタルバー法ともに「無害でない」と判定された。骨材 D は両者とも「無害」であった。一方，CPT ではいずれの骨材も有害領域にあり，骨材 T では，温度を低下させると膨張は緩慢となるが，膨張が継続し，より大きく膨張する可能性があった。高反応性のカルセドニーを含有するチャートを主体とした骨材 T では ASTM C1260 や AAR-2 ではアルカリ反応性を検知できない可能性があり，粒度を大きくした AAR-5 のモルタルバー試験法で検知できる可能性があった。骨材 D については，JIS 化学法，JIS モルタルバー法ではアルカリ反応性を検知できずに，ASTM C1260 ではアルカリ反応性を検知できる可能性はあるが，試験体寸法を大きくした AAR-2 では検出できない可能性があり，試験体寸法については，さらに検討の余地がある。今後も継続して測定を行い，データの蓄積の必要がある。

参考文献

- 1) 小田聡，佐川康貴，山田一夫，小川彰一：ASR 膨張挙動の温度およびアルカリ量依存性に関する検討，平成 26 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.633-634，2015

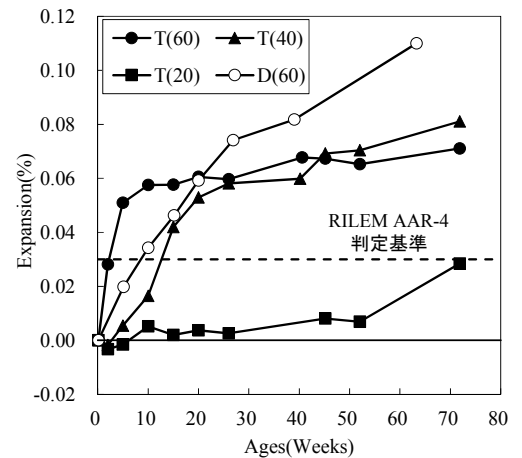


図-4 AW-CPT 法による膨張率の測定結果