

オートクレーブ処理を施したモルタルの ASR 膨張に及ぼす反応性骨材粒径と粒度の影響

鳥取大学 正会員 ○黒田 保 鳥取大学 正会員 井上正一
鳥取大学 正会員 吉野 公 大阪産業大学 フェロー会員 西林新蔵

1. はじめに

アルカリシリカ反応 (ASR) の促進試験を行う場合、試験条件、供試体の配合、さらには反応性骨材の粒径および粒度等の性質が ASR 膨張に影響を及ぼす。したがって、それらの影響要因と ASR 膨張との関係を把握しておくことは重要である。そこで、モルタル供試体を NaOH 溶液に浸漬してオートクレーブ装置内で煮沸処理する ASR 促進方法を用いて、反応性骨材の粒径および粒度がモルタルの ASR 膨張に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

本実験に使用したセメントは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 (全アルカリ量: 0.69%) で、骨材にはアルカリシリカ反応性の斜方輝石安山岩 (密度=2.59g/cm³, 吸水率=1.93%, Rc=101 m mol/l, Sc=558 m mol/l) を使用した。

モルタル供試体 (寸法 4×4×16 cm) の W/C は 0.5, S/C は 2.25 と一定とした。細骨材には、反応性骨材を粉砕して 5, 2.5, 1.2, 0.6, 0.3, 0.15 mm の 5 種類のふるいでふるい分け、2.5 mm 以下のふるいに残留したものを単一粒径の骨材として、また、2 種類の粒径 (2.5~1.2 mm および 0.3~0.15 mm) の骨材および 5 種類の粒径の骨材をそれぞれ混合したものを使用した。それらの混合割合は、2 種類の粒径を混合したものに対しては、2.5~1.2 mm および 0.3~0.15 mm の粒径のものをそれぞれ質量比で 0.85 : 0.15, 0.55 : 0.45 および 0.30 : 0.70, また、5 種類の粒径を混合したものについては表-1 に示す割合で混合した。供試体を浸漬する NaOH 溶液の濃度は 0.5, 1.0 および 2.0 mol/l の 3 水準とした。オートクレーブの処理条件は圧力を 0.1MPa, 処理時間を 72 時間と一定とした。

実験方法は、まず、モルタルを練り混ぜてから 24 時間後にモルタル供試体を脱型して初期長さを測定する。次に、供試体を 60℃で 24 時間乾燥した後、ステンレス容器に入った所定の濃度の NaOH 溶液に供試体を浸漬して圧力 0.1MPa で 72 時間のオートクレーブ処理を行う。オートクレーブ処理終了後、供試体を NaOH 溶液に浸漬したまま 20℃の恒温室に 24 時間静置した後、長さ変化の測定を行いオートクレーブ処理後の膨張率を算出した。

3. 実験結果と考察

図-1 に、単一粒径の骨材を使用した供試体を 0.5, 1.0 および 2.0 mol/l の各濃度の NaOH 溶液に浸漬してオートクレーブ処理を行った場合の、膨張率と骨材粒径との関係を示す。図より、NaOH 溶液の濃度にかかわらず、使用した反応性骨材の粒径が小さいものほど膨張率は大きくなるのがわかる。また、図-2 はオートクレーブ処理後の膨張率と NaOH 溶液濃度との関係を示したものである。図より、使用したすべての粒径の骨材に対して、NaOH 溶液の濃度の上昇にともない、供試体の膨張率は増大することがわかる。また、粒径の小さい反応性骨材を使用した供試体ほど NaOH 溶液濃度の上昇にともなう膨張率の増加割合が大きくなっていることがわかる。これは、粒径の小さい骨材を使用したものほど同一骨材体積における骨材の総表面積が大きくなるため ASR ゲルの生成量が増加し、その結果、膨張率が大きくなったと考えられる。

図-3 に、2.5~1.2 mm および 0.3~0.15 mm の 2 種類の粒径の骨材を混合して使用した供試体のオートクレーブ

表-1 各粒径の骨材の混合割合

① : ② : ③ : ④ : ⑤	F.M.
0.05 : 0.35 : 0.45 : 0.10 : 0.05	3.25
0.15 : 0.25 : 0.25 : 0.25 : 0.10	3.10
0.05 : 0.05 : 0.55 : 0.20 : 0.15	2.65
0.05 : 0.05 : 0.45 : 0.15 : 0.30	2.40

粒径 ① : 5~2.5 mm, ② : 2.5~1.2 mm,
③ : 1.2~0.6 mm, ④ : 0.6~0.3mm
⑤ : 0.3~0.15 mm

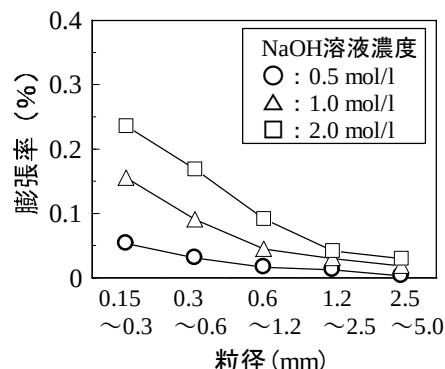


図-1 膨張率と粒径との関係

キーワード : アルカリシリカ反応, オートクレーブ, 骨材粒径, 骨材粒度, 骨材表面積

連絡先 : 〒680-8552 鳥取市湖山町南 4-101 Tel. 0857-31-5281 FAX 0857-28-7899

処理後の膨張率と各粒径の骨材の混合割合との関係を示す。図より、どの NaOH 溶液濃度においても、粒径の小さい 0.3～0.15 mm の骨材の混合割合が増加するほど膨張率は大きくなる。また、NaOH 溶液濃度が高いものほど、粒径の小さい 0.3～0.15mm の骨材の混合割合

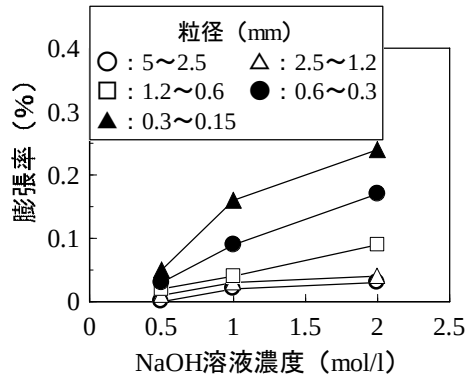


図-2 膨張率とNaOH溶液濃度との関係

の増加にともなう膨張率の増加割合が大きくなっていることがわかる。

図-4 に 5 種類の粒径の反応性骨材を混合して使用した供試体のオートクレーブ処理後の膨張率と骨材の F.M.との関係を示す。図より、供試体を浸漬する NaOH 溶液濃度にかかわらず、使用した骨材の F.M. が小さくなるほど膨張率は大きくなっていることがわかる。

以上の結果より、粒径が小さい骨材、あるいは F.M.の小さい骨材を使用したものほどオートクレーブ処理後の膨張率は大きくなる。これは、供試体中の反応性骨材の総表面積が大きくなるためであると考えられる。そこで、粒子表面積と対応性があるといわれている Heywood の式¹⁾ (式 (1)) を用いて骨材の投影面積円相当径 (d) を求め、さらに、骨材を直径 d の球とみなし、式 (2) から供試体に含有する骨材の総表面積を求めて、オートクレーブ処理後の膨張率と反応性骨材の総表面積との関係を図-5 に示す。

$$\frac{d}{D} = 0.98 \left(\frac{2nm^2}{m^2 + 1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

ここに、 d : 投影面積円相当径、 D : ふるい目の開き、 L : 骨材の長さ、 B : 骨材の幅、 T : 骨材の厚さ、 $m=B/T$ 、 $n=L/B$ である。

$$S = \frac{6M}{\rho d} \quad (2)$$

ここに、 S : 供試体に含有する骨材の総表面積、 M : 供試体に含有する骨材の質量、 ρ : 骨材の密度、である。

図には、1.0 および 2.0 mol/l の NaOH 溶液に浸漬した供試体の結果を合わせて示している。図より、供試体を浸漬する NaOH 溶液の濃度が同じであれば、今回使用した反応性骨材に関しては、単一粒径の骨材を使用するかあるいは混合して使用するかにかかわらず、供試体中の反応性骨材総表面積の増大とともに膨張率は直線的に増大しており、両者には相関関係があることがわかる。したがって、反応性骨材の粒径および粒度の相違がオートクレーブ処理後の ASR 膨張に及ぼす影響は、供試体に含有する反応性骨材の総表面積により説明することができると考えられる。

4. まとめ

本実験から、粒径が小さく、また、F.M.が小さい反応性骨材を使用した供試体ほど、オートクレーブ処理後の膨張は大きくなることが確認され、これは反応性骨材の総表面積が大きくなることによるものであることがわかった。

[参考文献]

- 1) Beddow, J. K. : Particle Science and Technology, Chemical Publishing Co., Inc. pp.413-428, 1980

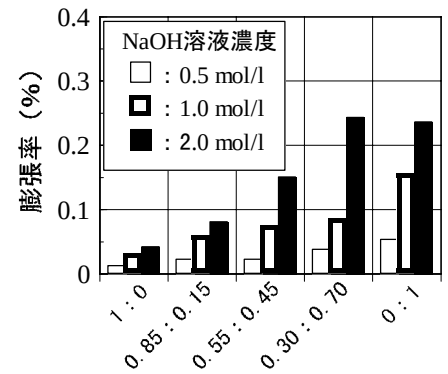


図-3 膨張率と粒径②と⑤の混合割合との関係
(粒径② : 2.5～1.2mm, 粒径⑤ : 0.3～0.15mm)

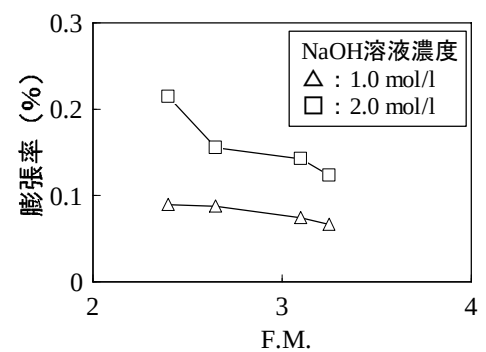


図-4 膨張率とF.M.との関係

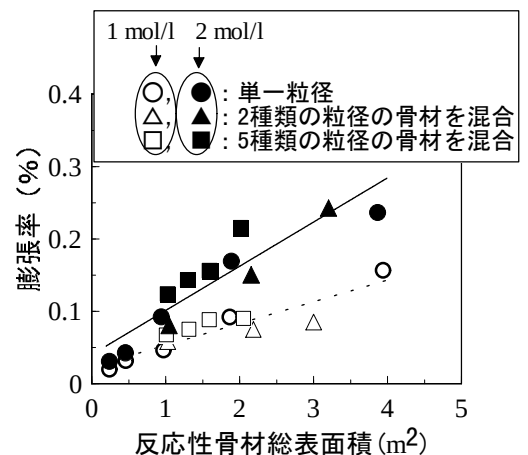


図-5 膨張率と反応性骨材総表面積との関係