

V-311 アルカリシリカ反応によるモルタルの膨張挙動

千葉工業大学 正会員 森 弥広
東京大学生産技術研究所 正会員 小林一輔

1. はしがき

アルカリシリカ反応はその反応機構が十分に解明されておらず、これによって生ずるコンクリートの膨張もきわめて複雑な挙動を示す。本文は、条件を単純化するためにモルタル供試体を用いて、反応性骨材の種類とその含有量ならびに水セメント比がその膨張性状に及ぼす影響を調べた結果をまとめたものである。

2. 実験方法

表-1 反応性骨材の特徴

記号	骨材種類	産地	地質年代	主な構成鉱物	反応性鉱物量
Y	両輝石安山岩	東北	第三紀	斜長石・普通輝石 頑火輝石	火山ガラス（40％）
N	単斜輝石安山岩	北陸	第三紀	斜長石・普通輝石	火山ガラス（43％）
T	斜方輝石安山岩	四国	第三紀	斜長石・頑火輝石	火山ガラス（50％）
C	チャート	中部	古生代から中生代	石英・微小石英	微小石英（93％）

2.1 使用材料およびモルタルの配合

セメントは、 Na_2O 等価アルカリ量（ R_2O 量）が0.53％（ $\text{Na}_2\text{O}=0.13\%$ 、 $\text{K}_2\text{O}=0.61\%$ ）の普通ポルトランドセメントを用いた。

反応性骨材としては、表-1に示すような安山岩とチャートを用い、土木学会コンクリート標準示方書の規定範囲の粒度となるように、それぞれの粗骨材を粉砕したものを使用した。なお、表-1には偏光顕微鏡によって調べた安山岩中の火山ガラスの体積占有率およびチャート中の微小石英の体積占有率についても表示してある。

非反応性骨材としては、砂岩（川砂）を用いた。

モルタルの配合は、水セメント比を40・50および60％として、それぞれについて細骨材中の反応性骨材量（置換率）を20・40・60・80・100％に変化させた。なお、単位水量は全配合を通じて一定（300Kg/m³）とした。この場合、フロー値の範囲は180～200である。

モルタル中の総アルカリ量は全配合を通じて7.80Kg/m³となるような R_2O 量、すなわち水セメント比40・50および60％において R_2O 量が1.04・1.30・1.56％になるように、原セメント中に含まれるNaとKの比でNaOH、KOH（試薬特級）を用いて調整した。

2.2 供試体および測定

供試体としては、4×4×16cm角柱供試体を各配合について3本ずつ作製し、これらには長さ変化測定のために、両端面に長さ測定用チップを埋め込んだ。供試体は、脱型・基準長の測定を行った後、温度40℃湿度100％の恒温恒湿槽内に保存し、所定材令において膨張量の測定を実施した。また、一部の配合については細孔溶液の抽出を行い、ICP等により細孔溶液中のイオン濃度の測定も実施した。

3. 実験結果と考察

各種の反応性骨材を使用したモルタル供試体の膨張量と反応性骨材の置換率との関係の水セメント比別に示したものが図-1～図-4である。これらの図から明らかなことは、安山岩の間でも両輝石安山岩（Y）と斜方輝石安山岩（T）では膨張挙動が全く異なることがわかる。即ち、安山岩Yでは反応性骨材の置換率が大きくなるほど膨張量も増大しているが、安山岩Tでは水セメント比が40％の場合に置換率40％においてバシマム現象が認められ、これより大きい水セメント比では置換率を20％以上の場合に限定すれば、置換率が大きくなるほど膨張は減少する傾向を示している。更に、単斜輝石安山岩（N）では少なくとも材令20週までの間では置換率による膨張量の差が殆ど認められない結果になっている。

これらの図においてもう1つ注目する現象は、水セメント比が異なる場合の結果である。即ち、本実験では水セメント比の値が異なっても、モルタル中における全アルカリ量のみは一定にしているの、膨張量は水セメント比の値によらず同程度の値を示すと予測したが、実際にはこれらの図が示すように水セメン

ト比によって膨張量は著しく異なり、水セメント比の値が大きくなるほど膨張量は小さくなっている。以上の結果はアルカリシリカ反応による膨張が単に総アルカリ量のみによって決まるものではないことを示している。本実験では単位水量を一定とし、セメント量を変えて水セメント比を変化させているので、水セメント比の値が大きくなるほど全アルカリ量に占める強化したアルカリの影響が大きくなる。今回の結果には、このような条件の差が影響を及ぼしたとも考えられるが、他の原因としては、水酸化カルシウムの影響が考えられる。即ち、水酸化カルシウムの存在がアルカリシリカ反応の進行に影響を及ぼすという問題である。いずれの影響によって以上のような結果を生じたかについては、今後の検討課題にしたい。

表-2は安山岩Yを用いた供試体から抽出した細孔溶液のICP等による分析結果を示したものである。この表によれば、反応性骨材の置換率の増加にともなってアルカリが減少し、Siは増大している。この傾向は膨張の傾向と大体において一致している。

4. おわりに

アルカリシリカ反応によるモルタルの膨張は、安山岩の間でもその種類によって反応性骨材の含有量と膨張量との関係が全く異なること、同じ骨材を用いて全アルカリ量を一定にしても、水セメント比が異なると膨張量は著しく相違することなどを確かめた。このような結果は、現在行われているモルタル供試体による促進試験方法によって得られた結果が何を意味するかについて、検討する必要があることを示している。

〔謝辞〕本研究を実施するに当りご協力頂いた、東京大学生産技術研究所第五部助手白木亮司氏・大学院生河合研至氏ならびに第四部前田研究室の皆様に感謝の意を表します。

表-2 細孔溶液分析結果の一例

置換率 (%)	濃度 (mmol/l)				
	OH	Na	K	Ca	Si
20	403.54	153.10	288.55	0.9728	4.298
40	318.24	137.71	226.68	0.5927	10.910
60	305.52	137.27	211.54	0.8321	13.874
80	267.06	126.71	172.13	0.7902	14.545
100	283.47	132.64	185.26	0.7368	14.320

(安山岩 Y; 材令 9週)

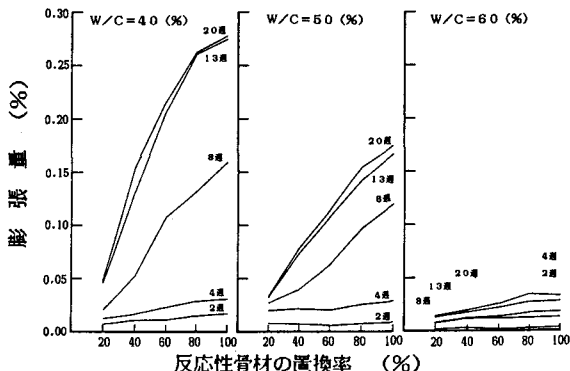


図-1 反応性骨材の置換率と膨張量の関係（安山岩Y）

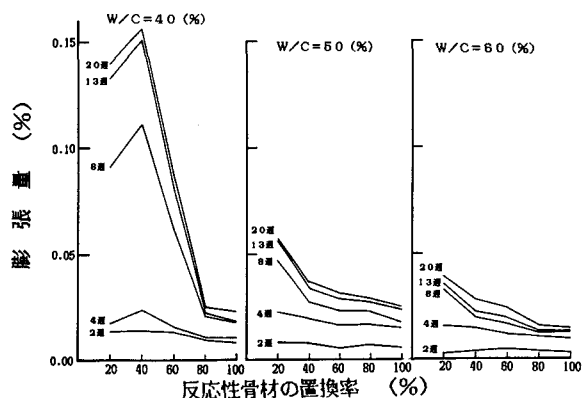


図-2 反応性骨材の置換率と膨張量の関係（安山岩T）

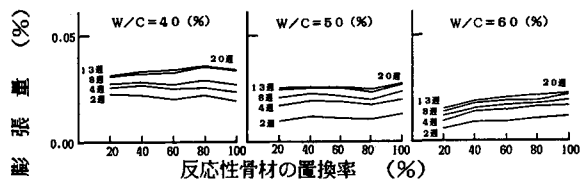


図-3 反応性骨材の置換率と膨張量の関係（安山岩N）

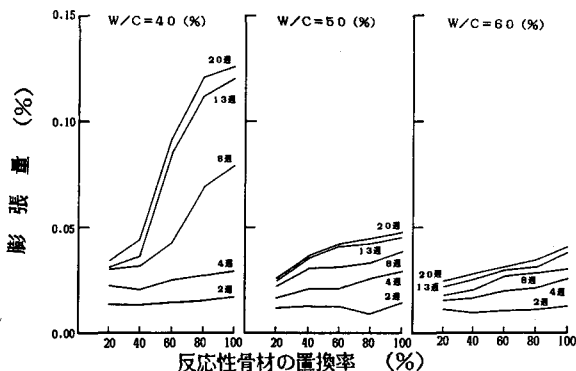


図-4 反応性骨材の置換率と膨張量の関係（チャート）