

V-238

アルカリ・シリカ反応における化学反応と膨張過程

金沢大学工学部 正会員 〇川村満紀
 金沢大学工学部 正会員 寺野宣成
 大阪セメント(株) 正会員 中野錦一

1. まえがき

アルカリ・シリカ反応(ASR)における反応性シリカと細孔溶液との間の化学反応過程と反応生成物による細孔溶液の吸収過程(膨張量過程)との関係についての理解を深めることは、鉱物混和材のASRによる膨張抑制効果、コンクリート構造物におけるASRによる損傷の進行の予測およびASRによる損傷を受けた構造物の維持管理において重要である。しかし、ASRにおける化学反応と膨張の進行過程を検討した研究は比較的少なく、とくに、隠微晶質石英を含有する反応性骨材を使用したモルタルやコンクリートにおけるアルカリ・シリカ反応過程については、まだ明らかにされていない。本研究は、我国において実際にASRによる損傷を引き起こした記録をもつ反応性骨材を使用したモルタルより抽出した細孔溶液の OH^- イオン濃度の変化およびモルタルの膨張挙動より、反応性骨材と細孔溶液との間の化学反応過程とモルタルの膨張過程との関連性について検討したものである。

2. 実験概要

セメントは、等価 Na_2O 量0.99%(Na_2O :0.52%、 K_2O :0.72%)の普通ポルトランドセメントである。使用した反応性骨材は、T骨材(古銅輝石安山岩)、N骨材(輝石およびシソ輝石安山岩)およびJ骨材(隠微晶質石英を含むチャート)であり、それらのASTM C-289(化学法)によるアルカリ反応性は、表-1に示す通りである。骨材は石英の砕砂である。

2-2 実験方法

(a) 膨張試験: モルタルの配合は、セメント:水:骨材=1:0.45:1(重量比)である。供試体は ϕ 5.6cm×10cmの円柱であり、温度、38℃、相対湿度 100%の湿気槽中に貯蔵した。

(b) 細孔溶液の抽出および分析: 高圧装置によって細孔溶液を抽出するために使用したモルタル供試体(ϕ 5.6cm×10cmの円柱)は膨張試験において使用したモルタルと同じ配合で作成したものである。ビニール袋で密封した供試体は、膨張試験と同じ条件下で所定材令に達するまで養生した。細孔溶液の OH^- イオン濃度は、0.01Nの塩酸による滴定(指示薬:フェノールフタレイン)により求めたものである。さらに、本論文の考察における細孔溶液の OH^- イオン濃度はセメントの水和反応による水の減少量に対して調整したものである。

3. 結果および考察

3-1 安山岩、チャート骨材モルタルにおける反応と膨張過程: 図-1~図-3は、反応性安山岩骨材(TおよびN骨材)およびチャート骨材(J骨材)を使用したモルタルの細孔溶液中の OH^- イオン濃度の経時変化と膨張曲線を示したものである。これらの図において、 OH^- イオン濃度差曲線は、石英および反応性骨材を含有するモルタル中の細孔溶液の OH^- イオン濃度差の経時変化を示したものである。したがって、石英骨材を含有するモルタルにおいて骨材と細孔溶液との間で OH^- イオンを消費するような化学反応が生じていないと仮定すれば、 OH^- イオン濃度差は反応性骨材含有モルタルにおいて発生するASRによって消費された OH^- イオンの量と考えることができる。図-1および図-2より、おもにガラス相が反応成分であると考えられる安山岩骨材TおよびNを含有するモルタルにおいては、初期の30日間において化学反応過程が活発に進行し、その後急速なモルタルの膨張過程が材令約1年まで継続することが分かる。一方、図-3より明らかなように、隠微晶質石英を含有するチャート骨材を使用したモルタルでは初期より OH^- イオンを消費するような反応が生じているようであるが、90日までの間に OH^- イオン濃度差は徐々に低下し、90日と180日との間で、比較的多量の OH^- イオンが消費される。すなわち、活発な化学反応過程は90日と180日の間において発生していると考えてよいようである。図-3の OH^- イオン濃度差および膨張量曲線より、チャート骨材においては、90日と180日間の活発な化学反応過程終了後、180と365日との間において膨張が生じていることが分かる。以上の結果より、安山岩およびチャート骨材モルタルのいずれにおいても化学反応と膨張過程が明確に区分でき、前者の過程が終了後においても膨張が進行することが分かる。しかし、反応性の低いチャート骨材(JISの化学法で無害と判定)を含有するモルタルでは、活発な化学反応が進行するまでに、約3ヶ月の潜伏期間が存在するのが特徴である。

3. 2 オパールモルタルにおける反応と膨張過程：図-4および図-5はそれぞれBeltane オパールを使用したモルタルにおいて、密封および湿気中に暴露状態で保存した反応および膨張曲線を示したものである。密封状態で保存した供試体では（図-4¹⁾）、かなり、反応が進行した後において膨張が発生しているが、暴露状態の供試体では（図-5²⁾）、反応と膨張量とは同時に進行している。

3-3 反応および膨張過程に影響する要因：3. 1および3. 2の結果より、ASRにおける反応と膨張過程は、反応性骨材の種類およびモルタル供試体の保存条件によってかなり異なることが分かる。また、我国において実際にASRによる損傷を引き起こした安山岩およびチャート骨材含有モルタル中の細孔溶液の OH^- イオン濃度差曲線は、オパールモルタルの場合ほど単純ではない。

4. 結論

- (1) 本実験条件下では安山岩骨材モルタルにおいては、化学反応と膨張過程が明確に区分できる。しかし、骨材の種類および供試体の保存状態によってそれらの過程および特徴は、かなり相違する。
- (2) 安山岩骨材モルタルでは、反応性骨材からアルカリが溶出する。
- (3) 隠微晶質石英を含有するチャート骨材モルタルでは、反応過程において潜伏期間が存在する。

参考文献

- 1) Diamond, S. et al., Proc. 5th Intl. Conf. A. A. R. in Concrete., S252/22, 1981.
- 2) Kawamura, M. et al., Cement & Concrete, Res. 印刷中。

表-1 骨材の反応性 (mmol/l)

	Rc	Sc
T骨材	219.5	650.0
N骨材	171.0	548.0
J骨材	77.0	36.0

ASTM C-289

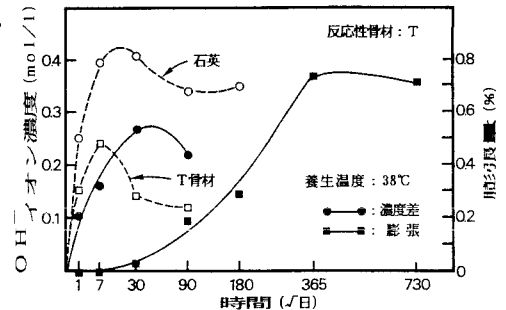


図-1 T骨材モルタルにおける膨張と OH^- イオン濃度

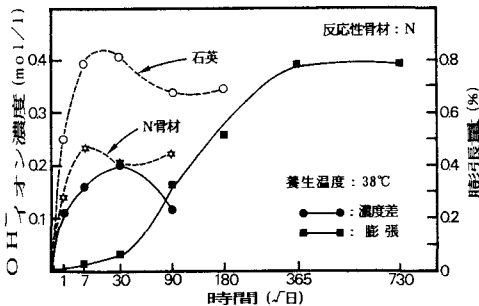


図-2 N骨材モルタルにおける膨張と OH^- イオン濃度

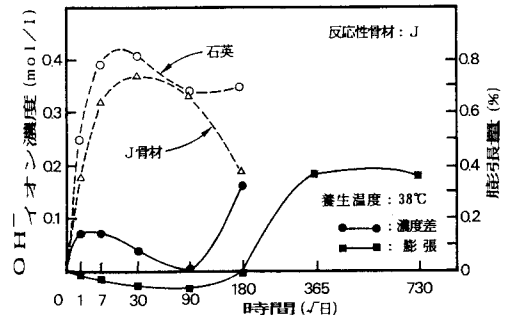


図-3 J骨材モルタルにおける膨張と OH^- イオン濃度

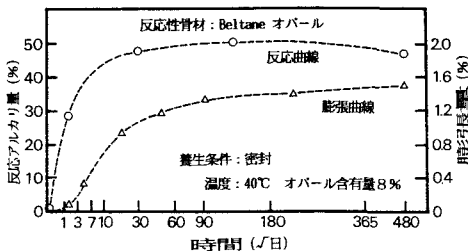


図-4 オパールモルタルにおける膨張と OH^- イオン濃度（密封¹⁾）

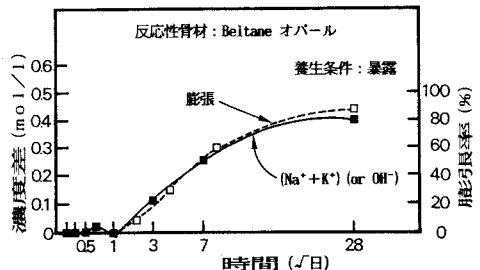


図-5 オパールモルタルにおける膨張と OH^- イオン濃度（暴露²⁾）