

V-100 アルカリシリカ反応による膨張と細孔溶液のアルカリ

東 急 建 設 (株) 正会員 瀬野 康弘
東京大学生産技術研究所 正会員 小林 一輔
東 京 大 学 大 学 院 学 生 員 河 合 研 至

1. はじめに

アルカリシリカ反応によるコンクリートあるいはモルタル供試体の膨張性状に関する研究や細孔溶液の組成に着目した研究は、内外で活発に進められている。しかし、それらの研究は個別に行なわれており、モルタル供試体の膨張性状と細孔溶液のアルカリ濃度とを関連付けた報告はまだ見受けられない。筆者らは、反応性骨材の種類、水セメント比、アルカリ量を変えて作製したモルタル供試体をモルタルバー法等の促進試験と同様の環境で養生した場合の拘束膨張を測定するとともに、同一条件で作製・養生した供試体の細孔溶液の Na^+ 、 K^+ および OH^- 濃度を調べた。本報告はこれらの結果をとりまとめたものである。

2. 実験の概要

使用セメントは Na_2O 等量で0.52%の低アルカリセメントおよび1.03%の高アルカリセメントである。骨材は表-1に示す2種類を用いた。アルカリ量は、 Na_2O 等量で0.83, 1.04, 1.56%となるよう調整した。アルカリの調整には NaOH （試薬特級）を用い、

表-1 使用骨材の特徴

骨 材	産 地	A S T M C 289 (mmol/l)			反 応 性 鉱 物	比 重	F M
		Rc	Sc	判 定			
安山岩	東北	106	430	潜 有	ガラス (約40%)	2.74	2.45
チャート	中部	63	303	有 害	微小石英 (約90%)	2.63	3.05

あらかじめ練り混ぜ水（イオン交換水）に溶かして添加した。なお、アルカリ調整を行なったセメントはすべて低アルカリセメントである。配合は水セメント比を40, 50, 60%とし、単位水量

はすべて $300\text{Kg}/\text{m}^3$ とした。供試体の形状は細孔溶液抽出用が $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ の円柱供試体であり、拘束膨張測定用が長さ45cm、内径6cm、肉厚5mmの黄銅製円管に、湿気の流通が確保できるように中空部分（ $\phi 2\text{cm}$ ）を設け、モルタルを打設した中空円筒状供試体である。養生は温度 40°C 、湿度 100%の恒温恒湿槽にて行なった。膨張圧は円管供試体の中央部のひずみを測定し、厚肉円筒式を適用して求めた¹⁾。なお、細孔溶液の分析は、 Na^+ 、 K^+ が原子吸光法、 OH^- が HCl に対する直接滴定法によった²⁾。

3. 実験結果および考察

表-2に細孔溶液分析結果の一例を示す。この表から細孔溶液の組成の殆どはアルカリイオンと水酸イオンによって占められており、 Ca イオンはごくわずかしかな存在しないことがわかる。これは本研究の場合と異なる養生条件、即ち 40°C 密封養生したモルタル供試体から抽出された細孔溶液の組成と同様の傾向である³⁾。しかし、アルカリイオンおよび水酸イオンの濃度は材令とともに著しく減少している。これは他の配合に

表-2 細孔溶液分析結果の一例

材 令 (日)	濃 度 (当量/ℓ)					p H
	Ca^{2+}	Na^+	K^+	Na^++K^+	OH^-	
7	0.0028	0.0846	0.0696	0.154	0.144	13.15
28	0.0036	0.0653	0.0470	0.112	0.118	13.07
91	0.0074	0.0544	0.0279	0.082	0.081	12.91
182	0.0004	0.0411	0.0152	0.056	0.054	12.73

注) $\text{R}_2\text{O}=0.52\%$, $\text{W/C}=50\%$, 安山岩骨材

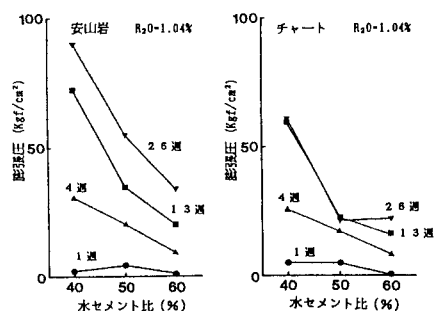


図-1 水セメント比と膨張圧の関係

においても同様であった。この原因としては、アルカリイオンおよび水酸イオンが反応に消費されていることと、養生が開放状態であることに起因する希釈によるものと考えられる²⁾。

図-1は Na_2O 当量1.04%の場合の水セメント比と膨張圧の関係を示したものである。材令1週においては水セメント比、骨材にかかわらず膨張量に大きな差はなく、その値も小さい。しかし、それ以後13週の間に大きな膨張が認められる。特に、水セメント比が40%の場合に著しい。また、材令26週における膨張圧は、水セメント比にかかわらず安山岩を骨材に用いた方がチャートよりも大きくなった。

図-2に $W/C=50\%$ の場合のアルカリ量と膨張圧の関係を示す。この図からも図-1と同様なことがうかがえる。即ち、アルカリ量が多いほど膨張圧は大きくなり、安山岩・チャートのいずれの骨材も材令4週から13週にかけての増加が著しく、それ以後26週までの膨張は比較的小さいようである。図-3は細孔溶液の OH^- 濃度と膨張圧の関係を示したものであり、図中の矢印は $W/C=60\%$ $R_2O=1.56\%$ の場合の膨張挙動を示したものである。両骨材ともいずれの材令においても OH^- 濃度が大きいほど膨張圧が大きく、しかも初期材令の濃度の大きなものほど膨張が大きくなるのがわかる。また、両骨材では膨張の挙動は異なり、材令26週においてチャート骨材の場合はほぼ収束しているが、安山岩骨材は、まだ膨張の傾向にある。図-4は、 (Na^++K^+) 濃度の減少量と膨張圧の関係を示したものであり、図中の曲線は、 $W/C=50\%$ の場合で R_2O 別に示したものである。ここに、 (Na^++K^+) 濃度減少量とは、セメント中のアルカリもすべて可溶性であるとして求めた練り混ぜ水中の濃度から分析によって得られた濃度を減じた値である。濃度減少量が増えるにつれて、膨張圧が大きくなっており、明らかにアルカリイオンは反応に消費されていることがわかる。これより、細孔溶液中のアルカリ濃度減少量は、骨材の反応性を推定する一つの目安になると考えられる。

4. まとめ

本研究により、アルカリシリカ反応による膨張と細孔溶液中のアルカリイオン濃度減少量とは密接な関係のあることが確かめられた。

[参考文献] 1) 小林, 伊藤: 土木学会論文報告集, 第226号, pp.67-72, 1974 2) 小林, 潮野, 河合, 宇野: 生産研究, Vol.40, No.6, 1988 3) 例えば, 川村: アルカリ骨材反応に関するシミュレーション, pp.3-28, 1985

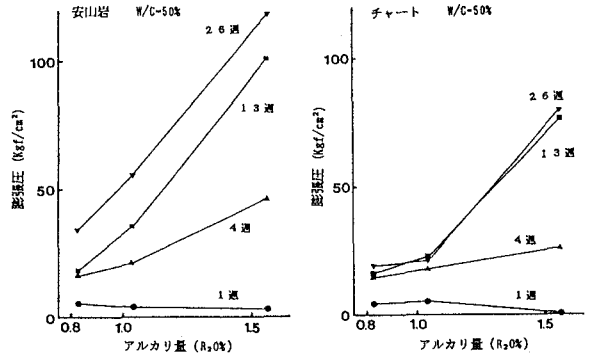


図-2 アルカリ量と膨張圧の関係

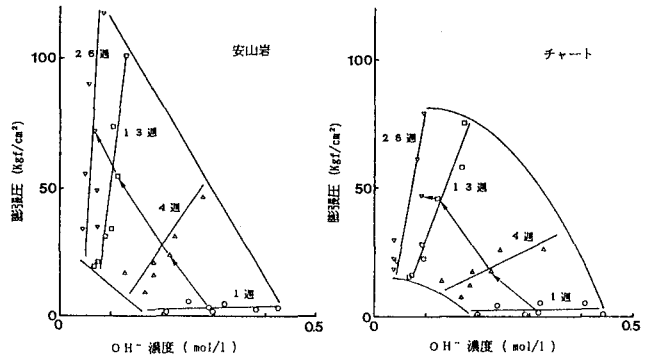


図-3 細孔溶液の OH^- 濃度と膨張圧の関係

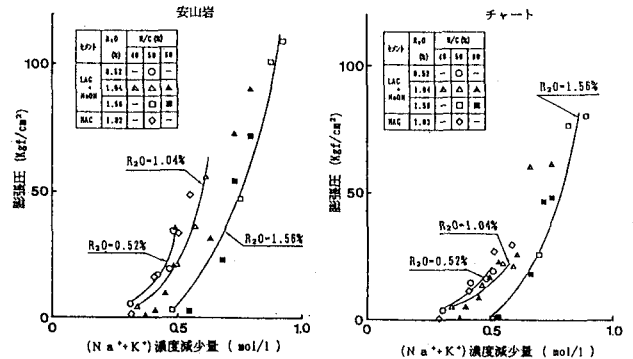


図-4 (Na^++K^+) 濃度減少量と膨張圧の関係