

愛知工業大学 正会員 岩月 栄治

愛知工業大学 正会員 森野 圭二

1. まえがき

実際のコンクリート構造物にアルカリ反応性骨材を使用しても、コンクリート中のアルカリ量が少ない場合にはコンクリートの劣化は通常は起こらない。しかし、建設後に外部から供給されるアルカリ等の溶液によって、ASRが促進されてコンクリートにひびわれが発生したのではないと思われる事例がある。例えば凍結防止剤として道路に散布されるNaCl、海中あるいは海岸付近の構造物に進入する海水や海水飛沫、基礎地盤中に含まれる硫酸塩類などの影響である。これらについてはいくつかの研究がなされているが、本研究では、アルカリや硫酸塩溶液のASRに及ぼす影響について調べると共に、そのメカニズムについてモデル材料を用いて基礎的な検討を行った。

2. 実験方法

材料および貯蔵条件を表1に、骨材及び水ガラスカレットの性質を表2に示す。骨材は反応性骨材としてチャート(岐阜県産)、非反応性骨材として石灰岩(岐阜県産)を用い、また膨張を起こすモデル材料として水ガラスカレット(3号)を用いた。この水ガラスカレットは水ガラスの加水される前の塊状のもので、これを破砕して用いた場合にはASR反応生成物としての膨張挙動を示すことが分かっているものである¹⁾。

本実験に用いた3号水ガラスカレット(以下、カレットと称す)の化学組成は $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=3.2$ (モル比)のものである。セメントは普通ポルトランドセメント($\text{Na}_2\text{O eq } 0.6\%$)を使用し、NaOHを添加して $\text{Na}_2\text{O eq } 1.2\%$ 及び 2.4% に調整した。モルタルバー法はJIS A5308に

準拠し、 40°C の湿潤貯蔵と浸漬貯蔵を行った。浸漬貯蔵は、NaOH, KOH, NaCl, Na_2SO_4 , K_2SO_4 , MgSO_4 の3%水溶液及び水道水とし、供試体の溶液浸漬深さは供試体頭部が1cm程度溶液から出るようにした。

3. 結果及び考察

3.1 使用材料の膨張挙動

反応性骨材のチャートを用いたモルタルバーと、非反応性骨材の石灰岩にカレットを5%及び10%混合(骨材質量に対する内割)したモルタルバーの膨張挙動を図1に示す。図は、JIS A5308と同様の湿潤貯蔵をしたものであり、それぞれの材料の基本的な膨張挙動を示すものである。

3-2 各種溶液に浸漬したモルタルバーの膨張挙動

チャートを用いたモルタルバーの膨張挙動を図2に、材令6ヶ月の各浸漬溶液における膨張量を図4に示す。モルタルバー作製時のアルカリ量によって膨張量に差があるが、浸漬溶液による膨張の順位は、概ね $\text{NaOH} \geq \text{KOH} > \text{K}_2\text{SO}_4 \geq \text{Na}_2\text{SO}_4 \geq \text{MgSO}_4 \geq \text{NaCl} \geq \text{水道水}$ であり、アルカリ溶液の場合が最も大きな膨張を示している。

カレットを混入したモルタルバーの膨張挙動を図3に、材令6ヶ月

表1 モルタルバー作製状況と貯蔵状態

セメント	アルカリ量 ($\text{Na}_2\text{O eq}, \%$)	骨材	混合物	貯蔵状態
普通ポルトランドセメント	0.6 1.2(NaOH添加) 2.4(NaOH添加)	石灰岩 (非反応性) チャート (反応性)	3号水ガラスカレット (石灰岩に5%及び 10%混入)	養生温度: 40°C ・湿潤状態 ・溶液浸漬(水道水及び NaOH, KOH, NaCl, Na_2SO_4 , K_2SO_4 , MgSO_4 の3%水溶液)

表2 骨材及び水ガラスカレットの性質

種類	化学法(mmol/l)			特徴
	Rc	Sc	Sc/Rc	
石灰岩	—	—	—	ほとんどすべてカルサイトであり、極微量の粘土鉱物を含む。
チャート	111	308	2.8	滑晶石英中に玉髓を含む。
3号水ガラスカレット	—	—	—	水ガラス原料の水ガラスカレットを破砕して5~0.15mmの粒状にしたもの。化学組成は $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3.2\text{SiO}_2$

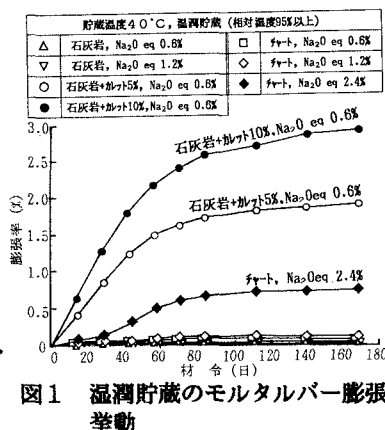


図1 湿潤貯蔵のモルタルバー膨張挙動

月の各浸漬溶液における膨張量を図5に示す。各溶液毎の膨張順位は、カレット5%混入では $MgSO_4 > K_2SO_4 > \text{水道水} \geq NaCl \geq Na_2SO_4 > KOH > NaOH$ であり、カレット10%混入では $MgSO_4 > \text{水道水} > K_2SO_4 > NaCl \geq Na_2SO_4 > KOH > NaOH$ である。こ

こでは $MgSO_4, K_2SO_4$ の硫酸塩溶液が膨張しており、 $NaOH, KOH$ のアルカリ溶液は水道水よりも低い膨張率となっている。このようなチャートとカレットの浸漬溶液による膨張の違いは、チャートには未反応のシリカが十分にあり、更にアルカリを添加すれば反応生成物が生成されて膨張する。しかしカレットでは、カレット自体が反応生成物であるため、アルカリによって反応生成物は生成されるわけではなく、シリカ/アルカリの比率や性質が変化するものである。今回使用のカレットでは、 $NaOH$ や KOH のアルカリの浸入によってシリカ/アルカリ比が3.2よりも小さくなり、ゲルの粘性が低くなって膨張が少なくなったと考えられる。またカレット混入モルタルの硫酸塩溶液浸漬による膨張は、硫酸イオンとセメント中の水酸化カルシウムによる石こうの生成と、さらにエトリンガイトの生成による膨張など他の要因が関与していると考えられる。

4. まとめ

本研究で使用した材料においては、①チャート骨材使用モルタルではアルカリ溶液の浸漬において膨張が著しい。②カレット混入ではアルカリ溶液の浸漬で膨張が増加しない。これはカレットの場合は、外部からアルカリが供給されるとシリカ/アルカリ比が小さくなりゲルの粘性が低下することによって考えられる。

参考文献。1) 森野圭二、春名淳介：数々のアルカリ反応性物質を使用したモルタルの膨張とひびわれ、コン

クリート工学年次論文報告集 13-1, pp.735-740, 1991

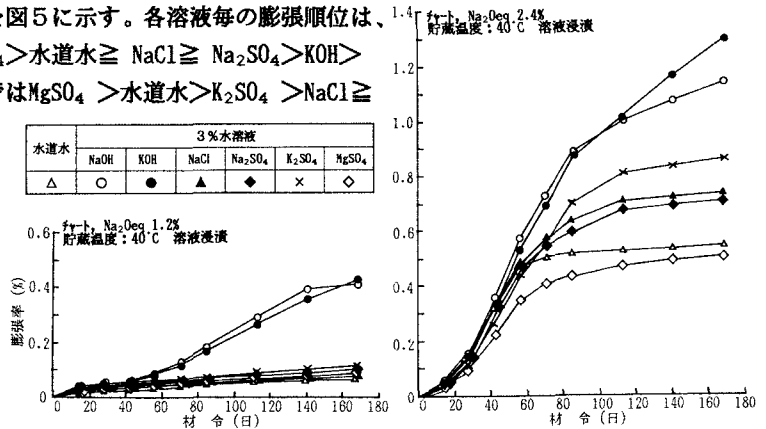


図2 浸漬貯蔵によるチャートのモルタルバー膨張挙動

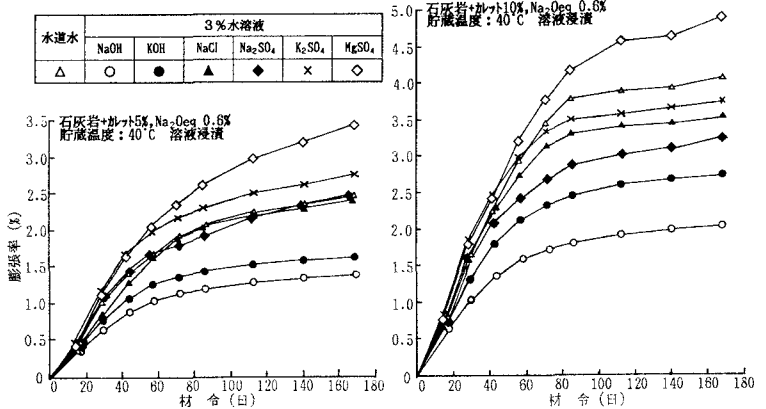


図3 浸漬貯蔵による石灰岩+カレットのモルタルバー膨張挙動

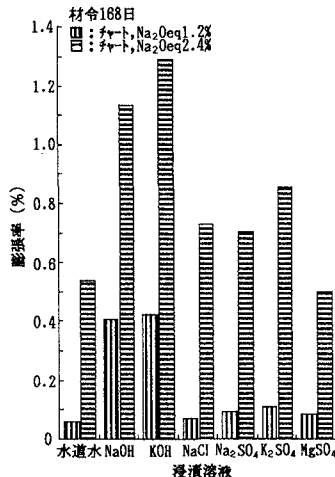


図4 各浸漬溶液毎のチャートのモルタルバー膨張率

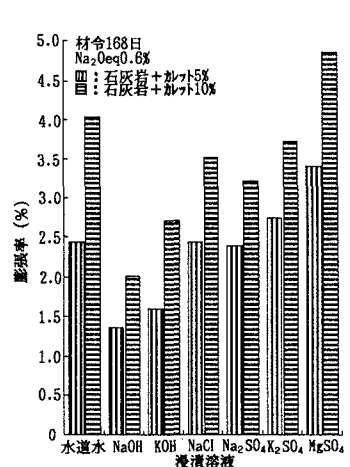


図5 各浸漬溶液毎の石灰岩+カレットのモルタルバー膨張率