

各種溶液に浸漬したASRコンクリート角柱の膨張挙動

愛知工業大学 正会員 岩月栄治、森野奎二
同上 正会員 不破 昭、学生員 皿井剛典

1. はじめに

アルカリ反応性骨材を含んだ構造物は外部の要因を受けて反応が促進される。たとえば外部要因として降雨や地下水による水分の供給のほか、海岸付近の構造物では海水や海水飛沫、寒冷地の道路に散布される凍結防止剤としてのNaClやCaCl₂があげられる。本研究では、ASRコンクリート角柱供試体をNaOH、NaCl、Na₂SO₄等の各種溶液に浸漬して、その膨張に及ぼす影響について調べた。また、浸漬溶液に対する膨張抑制効果についても高炉水砕スラグ粉末を用いて検討した。

2. 実験方法

骨材及び膨張性物質の性質を表1に示す。反応性骨材にチャートY₀、膨張を起こすモデル材料に水ガラスカレット3号(以下カレットと称す)を用いた。コンクリートの配合を表2に示す。細・粗骨材の使用組合せは、

粗骨材にチャートY₀、細骨材に珪砂を用いたものと、粗骨材に砂岩碎石、細骨材に珪砂、カレットを骨材質量の0.5%

(内割り)混入したものの2種類とした。セメントは普通ポルトランドセメント(Na₂O等量 0.60%)を使用し、NaOHを添加してNa₂O等量 3、6、9kg/m³に調整した。高炉水砕スラグ粉末(以下高炉スラグと称す)の混入量はセメントの質量比で50%(内割り)とし、セメントの減少によるアルカリの減少分はNaOHで補正した。減水剤は高性能AE減水剤(成分:ポリアルキルアリルスルホン酸)を用いた。供試体寸法は10×10×40cmとした。貯蔵は7日まではすべて40℃湿潤状態とし、7日以後は湿潤状態の他に、NaOH、KOH、NaCl、CaCl₂、Na₂SO₄、MgSO₄の1mol/l溶液、人工海水(表3)および水道水浸漬とした。その貯蔵場所は、チャート使用の角柱は40℃の恒温室内に、カレット使用の角柱は実験室内(10~30℃)とした。

3. 結果および考察

3-1 各種溶液に浸漬したチャート使用コンクリート角柱の膨張挙動

図1にチャートY₀を使用したコンクリート角柱のアルカリ量3kg/m³の膨張挙動を示す。図1の貯蔵410日の膨張を図2上段に示す。コンクリートのアルカリ量が3kg/m³であっても、KOH、Na₂SO₄、NaOH溶液に浸漬したものは貯蔵200~300日で膨張率0.1%以上となっており、湿潤貯蔵よりも大きな膨張を示している。また図2中段のアルカリ量6kg/m³では、410日

表1 骨材および膨張性物質の性質

骨材及び膨張性物質		化学法の結果			判 定	特徴 等
		Sc mmol/l	Rc mmol/l	Sc/Rc		
粗骨材	チャートY ₀	309	196	1.6	無害でない	岐阜県産の碎石。偏光顕微鏡では球形状・脈状の玉隕と滑晶石・石英からなる。
	砂岩碎石	60	79	0.8	無害である	愛知県産の碎石。偏光顕微鏡では石英、長石、雲母からなり微量の硫化鉄を含む。
細骨材	珪砂	36	43	0.8	無害である	愛知県産。偏光顕微鏡では石英、長石からなる。
膨張性物質	水ガラスカレット3号	-	-	-	-	水ガラスの加水前の塊状物を破砕して粒状化したもの。化学組成はNa ₂ O・3.2SiO ₂ 。

表2 コンクリートの配合

コンクリートに使用した細・粗骨材等の組合せ			粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
粗骨材	細骨材	膨張性物質				水	セメント	細骨材	粗骨材	カレット
チャートY ₀	珪砂	-	25	51.3	41.0	154	300	761	1091	-
砂岩碎石	珪砂	水ガラスカレット	25	51.3	41.0	154	300	757	1106	9.4

表3 人工海水の成分

人工海水10kg作成するのに使用した各成分 (g)							
水	NaCl	MgCl ₂	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂	KCl	NaHCO ₃	KBr
9556	235	50	39	10	7	2	1

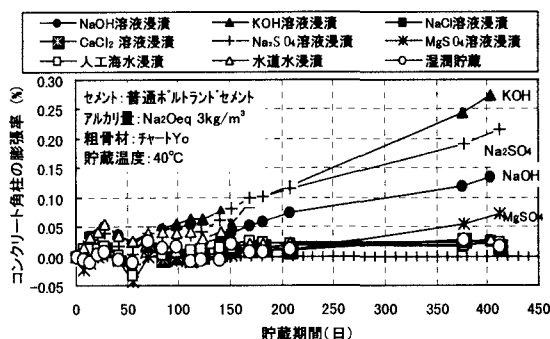


図1 各種溶液に浸漬したチャート Y₀ 使用コンクリート角柱の膨張挙動

においてすべての貯蔵状態で0.1%以上の膨張を示している。湿潤貯蔵よりも膨張率が高いものは、順番に NaCl 、 Na_2SO_4 、水道水、 KOH 、 NaOH である。同様に 9kg/m^3 において湿潤貯蔵よりも膨張率が高いものは、 Na_2SO_4 、 NaCl 、 KOH 、人工海水、 NaOH 、 CaCl_2 、 MgSO_4 、水道水である。これらのことから、 Na_2SO_4 、 NaCl 溶液は NaOH 、 KOH 溶液よりも膨張に及ぼす影響が大きい。また図2には高炉スラグ混入による抑制効果を示しているが、すべての溶液に対して膨張が抑制されている。特に Na_2SO_4 、 NaCl 、 MgSO_4 溶液に対する抑制効果は NaOH 、 KOH 溶液よりも著しい。

3-2 各種溶液に浸漬したカレット混入

コンクリート角柱の膨張挙動

図3にカレットを混入したコンクリート角柱の膨張挙動を示す。カレット混入の場合は、人工海水のみが湿潤貯蔵よりも膨張が大きくなっており、チャートの場合とは逆に NaOH 、 KOH 溶液では膨張は少なくなっている。このことは、カレットの場合ではアルカリの浸入によって生成したゲルの $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ の比率が3.2よりも小さくなり、ゲルの粘性や剛性が低くなって膨張力が弱まるからである¹⁾と考えられる。高炉スラグ混入による効果は、図4に示すようにカレット混入の場合においてもチャートと同様に膨張が抑制されている。高炉スラグは、モルタルと同様にコンクリートに外部から浸入する Na_2SO_4 、 NaCl 、 NaOH 溶液などに対して膨張の抑制効果があるといえる²⁾。

4. まとめ

本研究で得られた結果をまとめると、①チャートを使用したコンクリートでは外部から浸入する Na_2SO_4 、 NaCl 溶液等によって膨張が促進される。②カレット混入の場合ではアルカリが外部から浸入しても膨張は増加しない。③高炉スラグはコンクリートに外部から浸入する Na_2SO_4 、 NaCl 、 NaOH 溶液等に対して顕著な膨張抑制効果がある。

本研究の一部分は、(財)日東学術振興財団(The Nitto Foundation)の助成金で行ったものである。

【参考文献】

- 1) 森野室二、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割れ、コンクリート工学年次論文集、13-1、pp. 735-740、1991
- 2) 岩月栄治、森野室二：各種溶液下におけるアルカリシリカ反応の膨張と抑制効果、第1回セメント技術大会講演要旨、pp. 372-373、1997

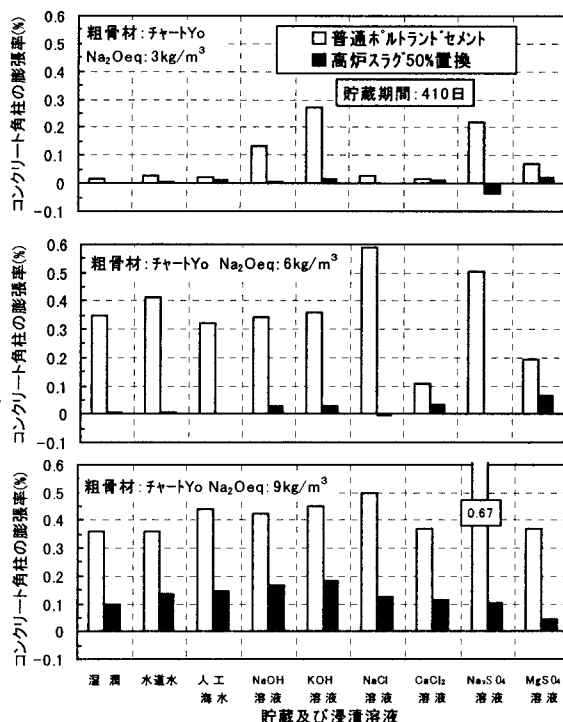


図2 チャート Yo を使用したコンクリート角柱の高炉水砕スラグ粉末による膨張抑制効果

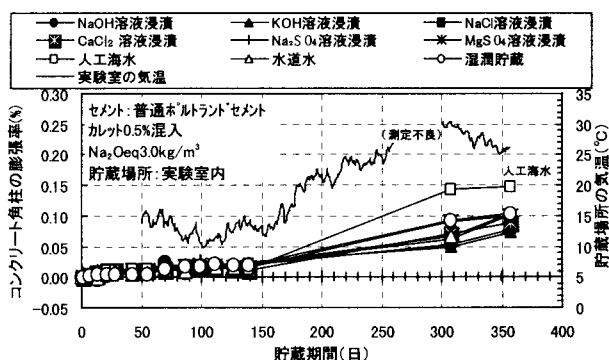


図3 各種溶液に浸漬した水ガラスカレット混入コンクリート角柱の膨張挙動

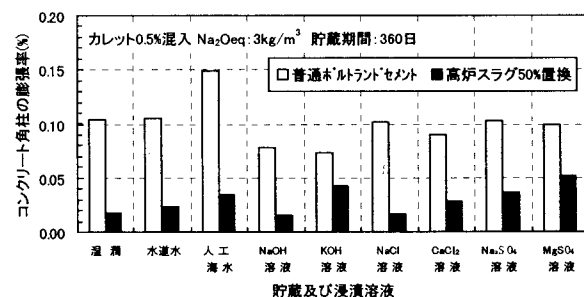


図4 水ガラスカレットを混入したコンクリート角柱の高炉水砕スラグ粉末による膨張抑制効果