

V-99

凍結防止剤がアルカリシリカ反応に及ぼす影響

愛知工業大学大学院 学生員 皿井 剛典
 愛知工業大学 正会員 岩月 栄治
 愛知工業大学 正会員 森野 奎二

1. はじめに

コンクリート構造物に反応性骨材を使用しても、コンクリート中の水酸化アルカリ量が低い場合にはアルカリシリカ反応(ASR)によるコンクリートの劣化はほとんど起こらない。しかし、コンクリート施工後に、例えば、寒冷地の道路に散布される凍結防止剤としてのNaCl、海岸付近の構造物への海水や海水飛沫など、外部からアルカリイオンの供給がある場合には、ASRが助長されコンクリートにひび割れなどの劣化が起こる。特に、最近では凍結防止剤として多く用いられるようになったNaClがASRを助長し、ひび割れが発生している構造物の劣化事例もみられる。

本研究では、チャート碎石を用いて作製したコンクリート角柱を、NaCl、CaCl₂、人工海水溶液および水道水中に浸漬し、膨張率測定やひび割れ観察などを行い、外部から供給される水酸化アルカリやその他の溶液がASRに及ぼす影響を調べた。

2. 実験方法

セメントは普通ポルトランドセメント(アルカリ量、Na₂O換算0.60%)、減水剤は高性能AE減水剤(成分:ポリアルキルアクリルホルホン酸)を用いた。添加アルカリはNaOH(顆粒状、純度99.8%)を使用し、練混ぜ水に溶かした状態で使用した。全アルカリ量は

Na₂O換算で3、6、9kg/m³とした。使用骨材の性質を表1に示す。反応性骨材は、JIS A 5308化学法で「無害でない」に区分される岐阜県産のチャート碎石(Yoチャート)を用いた。非反応性骨材には愛知県瀬戸産の珪砂(Se珪砂)を用いた。粗骨材はYoチャートのみを使用した。細骨材にはSe珪砂を使用した。骨材の粒度を表2に、コンクリートの配合を表3に示す。供試体寸法は10×10×40cmとした。貯蔵は7日まではすべて湿潤状態で、7日以後は湿潤状態の他に、1M NaCl溶液、1M CaCl₂溶液、人工海水および水道水中に浸漬して、40℃恒温室内に設置した。人工海水の成分を表4に示す。膨張率測定は、供試体打設24時間後を初期値とし貯蔵28日までは1週間毎、以後は2週間毎に行った。貯蔵180日におけるひび割れ発生状況を目視によって観察した。

3. 結果および考察

3-1 各貯蔵状態における

コンクリート角柱の膨張挙動

図1に添加アルカリ量9kg/m³の各貯蔵状態におけるコンクリート角柱の膨張挙動を示す。膨張は、NaClと水中では貯蔵40日付近から、CaCl₂と人工海水では貯蔵50日付近

キーワード：アルカリシリカ反応、凍結防止剤、膨張ひび割れ

〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草1247 TEL. 0565-48-8121 FAX. 0565-48-3749

表1 使用骨材の性質

使用骨材	形状	産地	化学法の結果(mmol/l)		
			Rc	Sc	Sc/Rc
Yoチャート	碎石	岐阜	196	309	1.6
Se珪砂	砂	愛知	43	36	0.8

表2 骨材の粒度

粗骨材		細骨材	
粒度範囲(mm)	比率(%)	粒度範囲(mm)	比率(%)
25~20	25	5.0~2.5	7.1
20~15	25	2.5~1.2	21.3
15~10	25	1.2~0.6	21.4
10~5	25	0.6~0.3	28.4
		0.3~0.15	13.7
		0.15~	5.4

表3 コンクリートの配合

骨材の種類	粗骨材の最大寸法(mm)	スランプの範囲(cm)	空気量の範囲(%)	水セメント比W/C(%)	細骨材率s/a(%)	単位量(kg/m ³)				混和剤(g/m ³)
						水W	セメントC	細骨材S	粗骨材G	
Yoチャート	25	8.0	4.5	51.3	41.0	154	300	761	1091	4503

表4 人工海水の成分

人工海水10kgを作製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
9656	235	50	39	10	7	2	1

から開始しており、NaCl溶液、水中浸漬による膨張への影響が他の貯蔵状態に比べ早く現れている。膨張率はNaCl、CaCl₂、人工海水、水中、湿潤の各貯蔵状態の順で高くなり、貯蔵180日ではNaClで0.434%、CaCl₂で0.363%となっている。図2にアルカリ量6kg/m³の各貯蔵状態におけるコンクリート角柱の膨張挙動を示す。図ではNaClと水中は貯蔵50日付近、人工海水は貯蔵110日付近、CaCl₂は貯蔵130日付近から膨張し始めており、アルカリ量9kg/m³と同様にNaCl溶液、水中浸漬の影響が早く現れている。膨張率はNaCl、水中、CaCl₂、人工海水、湿潤の順で高くなっている。アルカリ量3kg/m³では、どの貯蔵状態においても貯蔵180日の時点で膨張はほとんど示していない。図3に添加アルカリ量別の貯蔵180日の膨張率を示す。アルカリ量9kg/m³の貯蔵180日の膨張率は、NaClでは湿潤の約3.3倍、CaCl₂と人工海水で約2.8倍、水中で約2.5倍となっており、NaCl溶液浸漬による膨張への影響は他の浸漬溶液と比べ大きい。CaCl₂と人工海水では膨張率に差がない。アルカリ量6kg/m³の貯蔵180日の膨張率は、NaClで湿潤の約5.2倍、水中で約5.1倍とその影響が顕著に現れている。アルカリ量9kg/m³、6kg/m³ともに水中浸漬の膨張率が高いことから、各浸漬溶液を構成する物質による膨張への影響の他に、供試体への水の供給による影響も大きいと考えられる。なお、水中浸漬におけるアルカリ量9kg/m³と6kg/m³の膨張率に逆転がみられるが、これは反応生成物の膨張に及ぼす力（粘性、剛性など）に相違があるために生じたのではないかと考えられる。

3-2 コンクリート角柱のひび割れ発生状況

表5に材齢180日のひび割れ発生状況を示す。ひび割れ観察は、コンクリート供試体を目視観察したもので、肉眼で観察できる限界はクラックスケールの0.05mmであった。ひび割れはNaCl溶液浸漬の供試体において最も多く観察され、貯蔵180日の最大ひび割れ幅は0.10mmであった。

4. まとめ

各貯蔵状態の膨張率測定、ひび割れ観察から得られた結果をまとめると次のようである。

- (1) 添加アルカリ量3kg/m³のコンクリートではNaCl溶液浸漬をはじめ、その他どの貯蔵状態においても、180日の貯蔵ではほとんど膨張は生じなかった。
- (2) コンクリート内部の水酸化アルカリ量が多い場合では、外部から供給されるNaCl溶液および水によって、早い時期から膨張が著しくなった。

本研究の一部は、(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。

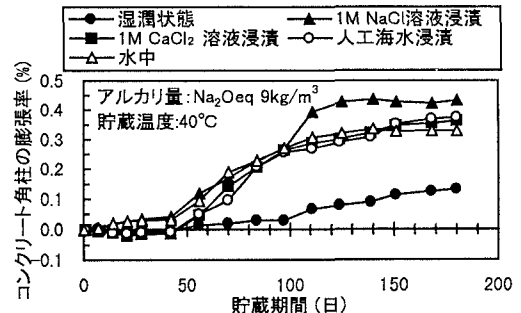


図1 各貯蔵状態におけるコンクリート角柱の膨張挙動

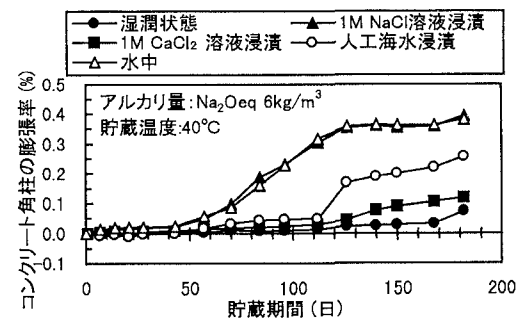


図2 各貯蔵状態におけるコンクリート角柱の膨張挙動

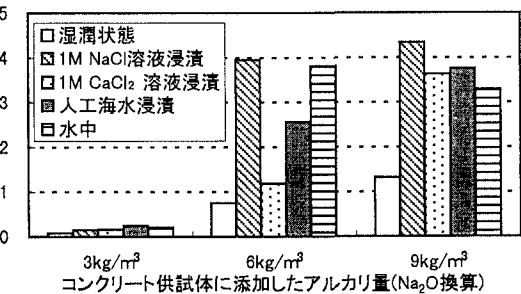


図3 添加アルカリ量別の貯蔵180日の膨張率

表5 貯蔵180日のひび割れ発生状況

貯蔵状態	アルカリ量 (kg/m ³)		
	3	6	9
湿潤	-	-	-
1M NaCl 溶液浸漬	-	+++	+++
1M CaCl ₂ 溶液浸漬	-	+	++
人工海水浸漬	-	++	+
水中	-	+++	+++

ひび割れの程度: 多い > 中 > 少ない = +++ > ++ > + > - と示す。