

V-218

高濃度の塩化カルシウム溶液によるコンクリートの化学的劣化現象

国土開発センター 正会員 笹谷輝彦 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之
福井県 道久英一 金沢大学工学部 正会員 川村満紀

1. まえがき

北陸地方では、スパイクタイヤの規制以後、融雪・融氷剤（NaCl, CaCl₂）の使用量が急速に増加している。融雪・融氷剤の中で、NaClはコンクリートを化学的に侵食することはないが、CaCl₂溶液中では特定の条件下（濃度20%以上、温度20℃以下）にてコンクリートの化学的劣化が急速に進行することが確認されている¹⁾。融雪・融氷剤が散布されたコンクリート構造物では、長期間にわたり高濃度の塩化物溶液にさらされるとともに、乾湿の繰り返しにより塩化物溶液の濃縮が生じるので、このような化学的劣化現象について検討しておく必要がある。

本研究は、温度20℃の塩化カルシウム30%溶液中に普通ポルトランドセメントコンクリートを長期間浸漬し、化学的劣化現象に及ぼす配合（水／セメント比、空気量）の影響について検討を行ったものである。

2. 実験概要

コンクリートの配合を表-1に示す。使用したセメントは普通ポルトランドセメントである。コンクリートの目標スランブは 8 ± 2 cmであり、空気量は 4 ± 1 % (AE) と 1 ± 0.5 % (non-AE) の2種類とした。供試体は75 mm × 75 mm × 400 mmの角柱供試体（長さ変化、動弾性係数）とφ75 mm × 150 mmの円柱供試体（圧縮強度、塩化物イオン浸透深さ）である。コンクリート供試体は温度

表-1 コンクリートの配合

	W/C	s/a	単位量(kg/m ³)		スランブ ^a (cm)	空気量 (%)
	(%)	(%)	W	C		
45 nonAE	45	43	190	422	8±2	1±0.5
55 nonAE	55	45	190	345		
65 nonAE	65	47	190	292		
45 AE	45	39	165	367	8±2	4±1
55 AE	55	41	165	300		
65 AE	65	43	165	254		

20℃の水の中にて7日間養生を行った後、温度20℃、濃度30%の塩化カルシウム溶液中に完全に浸漬した。浸漬条件は、浸漬を継続したもの（連続浸漬）と、浸漬7日＋乾燥7日（温度20℃、湿度60%の室内にて乾燥）を繰り返したもの（乾湿繰り返し）の2種類であり、材令6ヶ月まで計測を行った。試験項目は、圧縮強度、長さ変化率、動弾性係数、塩化物イオンの浸透深さ（割裂面に0.1Nの硝酸銀溶液を噴霧）、蛍光顕微鏡による内部組織の観察などである。また、水中養生を継続した供試体についても同様な測定を実施し、CaCl₂30%溶液浸漬との比較を行った。

3. 実験結果および考察

3-1 塩化物イオンの浸透深さ 表-2に浸漬3カ月における塩化物イオンの浸透深さを示す。塩化物イオンの浸透深さは水／セメント比にほぼ比例して増大し、とくに水／セメント比65%のものは浸漬3ヶ月にて供試体のほぼ中心まで塩化物イオンが浸透している。しかし、AEおよびnon-AE間の塩化物イオンの浸透深さの相違はほとんどない。また、浸漬3ヶ月までの時点では、連続浸漬のものは乾湿繰り返しのものよりも若干塩化物イオンの浸透深さが大きくなる傾向にある。塩化カルシウム溶液によるコンクリートの化学的劣化現象はコンクリート表面のひびわれおよびスケーリングという形で進行するが、化学的劣化現象は塩化物イオンが浸透した表面部分の領域に限られているのが特徴である。このことは蛍光顕微鏡による観察（写真-1参照）より明かである。すなわち、塩化物イオンの浸透している領域では、連続的なひびわれおよび空隙の形成が認められるが、塩化物イオンの浸透していない内部では劣化現象は全く認められない。

表-2 塩化物イオンの浸透深さ

	浸漬材令		
	1ヶ月	2ヶ月	3ヶ月
連続浸漬 単位 (mm)			
45 nonAE	11	15	15
45 AE	13	16	16
55 nonAE	17	20	24
55 AE	20	20	25
65 nonAE	18	28	32
65 AE	21	28	35
乾湿繰り返し 単位 (mm)			
45 nonAE	10	12	15
45 AE	10	12	14
55 nonAE	14	18	22
55 AE	14	20	21
65 nonAE	18	26	33
65 AE	20	26	29

3-2 長さ変化 図-1および図-2にコンクリートの長さ変化率を示す。塩化カルシウム30%溶液に連続浸漬したコンクリートの長さ変化は、水／セメント比や空気量に関係なくいずれの場合も ± 0.02 %の範囲内にあり、外観観察にて劣化現象が確認された供試体についても大きな膨張は認め

られない。従って、塩化カルシウム溶液によるコンクリートの化学的劣化現象はアルカリ骨材反応や硫酸塩腐食などのような膨張を伴う劣化現象とはそのメカニズムが異なることが分かる。一方、乾湿の繰り返しを受けたものは初期の浸漬時に若干収縮する傾向があり、水／セメント比65%のものは破壊する直前にのみ急激な膨張が観察された。

3-3 動弾性係数 図-3および図-4にコンクリートの動弾性係数の経時変化を示す。動弾性係数の経時変化には、塩化カルシウム溶液による化学的劣化現象の程度が正確に反映されており、塩化物イオンの浸透性の相違により水／セメント比の小さいものほど動弾性係数の低下が小さくなる。また化学的劣化現象の防止におけるエントレインドエアの役割については必ずしも明確ではないが、長期の浸漬材令になるとAEコンクリートはnon-AEコンクリートよりも良好な化学的抵抗性を示す。さらに、乾湿の繰り返しは、乾燥時に塩の析出や結晶化が生じるので、塩化カルシウム溶液による化学的劣化現象を促進する傾向にある。

4. まとめ

塩化カルシウム30%溶液による普通ポルトランドセメントコンクリートの化学的劣化現象は、水／セメント比が大きなものほど、

AEコンクリートよりもnon-AEコンクリートほど、また乾湿の繰り返しを受ける場合ほど顕著であった。塩化カルシウム溶液による化学的劣化の機構は、コンク

リート表面部からの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の溶出とある種の複塩 ($3\text{CaO} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$) の生成によるものであることが判明しており、今後化学的劣化現象の対策（ポゾラン材料の使用またはコンクリート表面の防水処理）についてさらに検討したいと考えている。

〈参考文献〉

- 1) 鳥居和之 他、セメント・コンクリート論文集、No. 46、pp. 504-509、1992

内部 ————— 表面

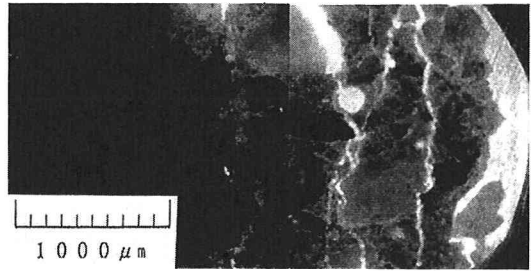


写真-1 蛍光顕微鏡による観察

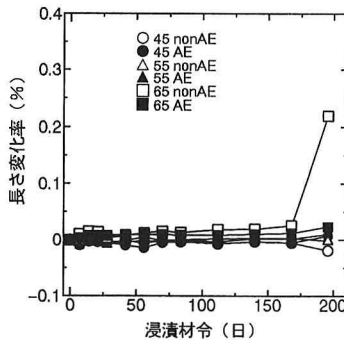


図-1 コンクリートの長さ変化率
(連続浸漬)

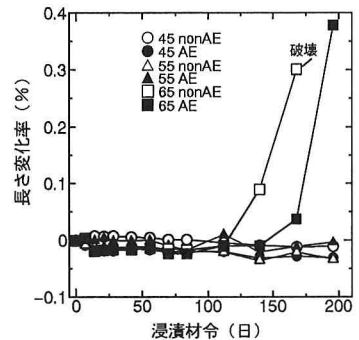


図-2 コンクリートの長さ変化率
(乾湿繰返し)

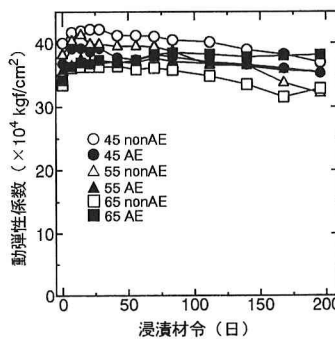


図-3 コンクリートの動弾性係数
(連続浸漬)

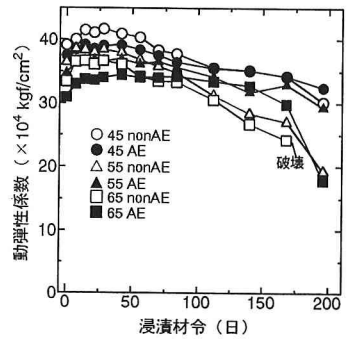


図-4 コンクリートの動弾性係数
(乾湿繰返し)