

V-43 コンクリートのスケーリング量と凍結防止剤濃度の影響に関する実験検討

日本大学工学部 正会員 ○子田 康弘

日本大学工学部 正会員 原 忠勝

1. はじめに

本検討は、凍結防止剤の濃度がコンクリートのスケーリング量に及ぼす影響について実験的な検討を行ったものである。

ここでは、凍結防止剤として NaCl 水溶液を用いた毛管浸透法による凍結融解試験(RILEM-CDF 1998)¹⁾を行い、凍結防止剤濃度とスケーリング量の関係、およびコンクリートの塩化物浸透性状に関する比較検討を行った。

2. 実験概要

本実験では、NaCl 水溶液の濃度を 0、1.5、および 3%の 3 条件とし、凍結融解の繰返し回数がスケーリング量に及ぼす影響について検討を行った。

供試体は、表-1 に示すように、 $G_{max}=25mm$ で普通セメントを用いた W/C=55%のコンクリートとした。また、コンクリートの練り混ぜは、生コンプラントの実機を用いて行った。供試体の養生は、材齢 1 日に脱型し、材齢 7 日まで水中養生(20℃)を行い、その後、材齢 28 日まででは気中養生(室温=20℃、R.H.=60%)とした。実験に用いた供試体は、試験面を打設底面としたφ150×100mm の円柱で、周囲をエポキシ樹脂でコーティングし、側面からの試験溶液の浸透を防止した。凍結融解試験は、図-1 に示すように、供試体を高さ 5mm のスペーサー上に設置し、また、試験面より 5mm の深さまで試験溶液に浸漬させた状態でを行った。凍結融解サイクルは、-20℃～+20℃の温度範囲で 1 日 2 サイクル、合計 60 サイクルとした。なお、供試体は、試験に先立って、7 日間毛管浸透により試験溶液に浸漬させた。

表-1 コンクリートの配合

G _{max} (mm)	Slump (cm)	W/C (%)	s/a (%)	Unit Content (kg/m ³)				
				W	C	S	G	AD
25	8.0	55.0	45.1	162	295	818	1025	4.42

Test Results: Slump=10.0cm, Air Content=6.0%

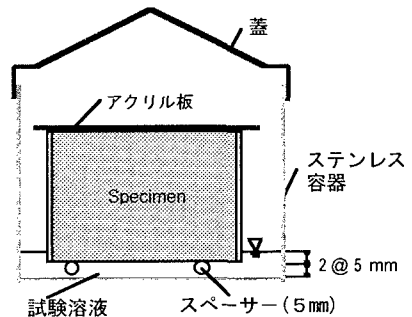


図-1 実験概要 (REILEM-CDF)

3. 実験結果および考察

図-2 は、凍結融解試験に用いた供試体に浸透した各濃度の NaCl 水溶液の毛管浸透高さおよび塩化物浸透深さの測定結果である。図には、7 日間浸漬した場合と、その後の凍結融解の繰返しを行った場合を示した。図-2 に示すように、毛管浸透高さは、7 日間浸漬した後では、NaCl 水溶液濃度に関わらず、ほぼ同様の高さであるが、凍結融解を繰り返すに従い、30 サイクル目では、およそ 0%が 13.5mm、1.5%が 11.5mm、3%で 8.5mm と高くなり、60 サイクル目では若干小さくなる傾向であった。一方、塩化物浸透深さは、凍結融解回数の増加に伴って大きくなる傾向を示し、60 サイクル目で 1.5%、3%共に約 9mm であった。

スケーリング量は、図-3 に示すように、凍結融解の繰返し回数が 12 回目より増加し始め、60 サイクル目で 1.5%NaCl 水溶液の場合が最も多く、次いで、3%の条件であった。これに対して、0%NaCl 水溶液を用いた場合は、ほとんどスケーリングを生じなかった。また、供試体個々のバラツキは、スケーリング量の測定 10 回の平均変動係数で、0%が 30.7%、1.5%が

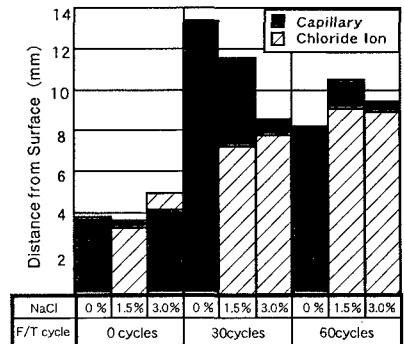


図-2 毛管浸透と Cl⁻ 浸透深さ

27.0%、3%で13.7%となった。これら NaCl 水溶液濃度によるスケーリング量の傾向、および供試体によるスケーリング量のバラツキは、月永らの灌水法による研究結果²⁾と同様の傾向である。

図-4 は、凍結融解の繰返し回数によるコンクリートの塩化物含有率の測定結果を示したものである。図に示すように、表層付近の塩化物含有率は、凍結融解試験前では、濃度によって異なるものの、凍結融解回数の増加に伴い、60 サイクル目で、1.5%NaCl 水溶液は約 0.30%、3%NaCl 水溶液は約 0.33%程度に大きくなった。また、コンクリート中に含まれた塩化物は、表層から 10mm 程度の深さであった。この塩化物浸透深さに関しては、図-2 に示した浸透性状の結果と同様である。これより、凍結防止剤を含む水溶液の浸透は、凍結時の氷晶形成による膨張圧と、未凍結水の濃度差による浸透圧の相互作用により生ずる毛細管空隙の疎密化が関係しているように思われた。

図-5 は、粉末X線回折によるフリーデル氏塩の測定結果である。図には、3%NaCl 水溶液に浸漬した凍結融解 60 サイクル目の測定結果を示した。図-5 に示すように、フリーデル氏塩は、回折角度 $2\theta \approx 11^\circ$ ³⁾であり、測定結果は、表層から 10mm までは回折角度 11° に強いピークを示していた。表層付近では、凍結融解の繰返しを受けても浸透した塩化物イオンの一部は、液相から固相中に固定化された。これより、濃度によるスケーリング量の違いは、表層付近の液相濃度分布が塩化物イオンの固定化により変化し、結果的に氷点温度が深さ方向で異なることが影響しているように思われる。

4. まとめ

本実験の結果から、以下のことが要約される。

- (1) NaCl 水溶液濃度によるスケーリング量は、1.5%>3%>0%の順であり、既往の研究結果と同様であった。
- (2) 凍結防止剤の濃度の影響は、毛細管空隙での氷晶形成による膨張圧と未凍結水の濃縮による浸透圧の相互作用を生じさせ、また、水の場合は、エントレインドエアが体積膨張を緩和し、スケーリング量が少ないように思われた。
- (3) 塩化物イオンは、凍結融解作用下においても固相中にフリーデル氏塩を形成することが認められた。
- (4) 今後は、凍結融解試験に乾湿の影響を加え、実構造物レベルの環境条件を考慮した実験により、スケーリング量に及ぼす凍結防止剤の影響に関する検討を行う予定である。

[謝 辞]

本実験の遂行に際しましては、佐川生コン(株) 代表取締役 佐川保博氏よりコンクリートのご提供を、また、供試体の作製には、佐川生コン(株)玉川工場の皆様方のご協力を頂きました。記して謝意を表します。

[参考文献]

- 1) Setzer, M. J. and Auberg, R.: Capillary Suction-Internal Damage and Freeze Thaw Test, Betonwerk+Fortigteil Technik, BFT 4, pp.94-105, 1998
- 2) 月永洋一(ほか): 凍結防止剤によるコンクリートのスケーリング性状とその評価に関する基礎的研究、コンクリート工学論文集、第8巻 第1号、pp.121-133、1997.6
- 3) 丸屋剛(ほか): 結合材の種類が細孔溶液中の各種イオン濃度に及ぼす影響に関する研究、大成建設技術研究所報、第23号、pp.191-200、1990

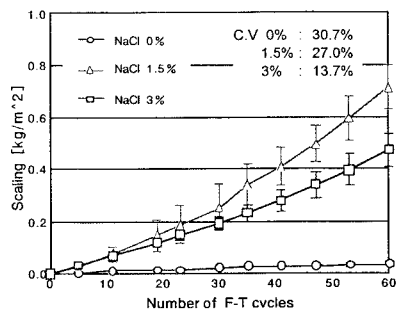


図-3 スケーリング量の測定結果

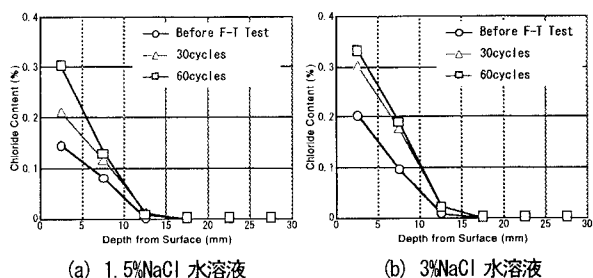


図-4 塩化物含有率の分布

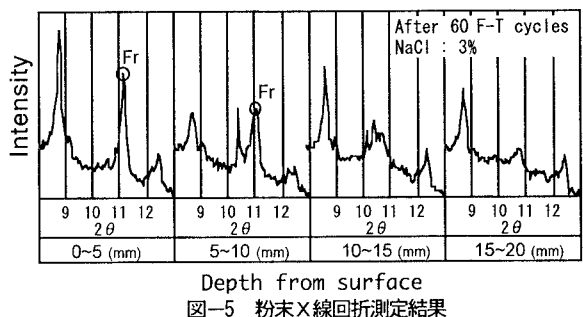


図-5 粉末X線回折測定結果