

凍結融解作用による劣化がコンクリートの塩分浸透性に及ぼす影響

東北大学 学生員 亀井 恵輔
 東北大学 正会員 岩城 一郎

1. はじめに

寒冷地域では凍結融解作用によりコンクリートが劣化を受けやすい環境にあるといえる。このような地域では冬季の路面凍結防止のため塩化物を主成分とした凍結防止剤が散布され、また海洋構造物においては塩化物が供給されやすい環境にあるため、凍結融解作用により劣化したコンクリート中に塩化物イオンが浸透し、鋼材腐食が促進されることが懸念される¹⁾。

そこで本研究では、配合条件、凍結時の冷却条件、凍害による劣化度を変えて、凍結融解作用を受けたコンクリートの塩分浸透性に関する基礎的データを収集することを目的とし、実験を行った。

2. 実験概要

本研究ではモルタル供試体により実験を行った。セメントは凍結融解試験中に進行する水和の影響をできるだけ少なくするために早強ポルトランドセメントを用いた。モルタルの配合は NonAE と AE の 2 種類とし、表 - 1 に示すコンクリートの配合から粗骨材を取り除くことにより設定した。なお、表中における空気量は、エアメーターにより測定したフレッシュモルタルの実測値である。

図 - 1 に実験手順の概略を示す。供試体には $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ の角柱供試体を用い、材令 28 日まで標準水中養生を行った後、温度履歴を制御可能な恒温恒湿器により凍結融解試験を行った。凍結融解試験時の冷却最低温度は -20 、 -40 の 2 種類とし、ともに一定の冷却速度 (0.36 /min) で冷却を行い、最低温度に達した後、直ちに 5 まで加熱させ、これを 1 サイクルとした。供試体の劣化の目安として、相対動弾性係数でそれぞれ 100% (control)、80%、60%、40% の 4 種類とし、所定の相対動弾性係数に達した供試体から順に次のステップへと移行した。以上の実験条件を表 - 2 に示す。

浸せき方法および塩分量測定については基本的に JSCE-G572-2003「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法」に従った。前処理として凍結融解試験後の供試体を室内 (20 ± 2 、RH60 \pm 5%) で 12 時間程度乾燥させた後、供試体全面をタールエポキシ樹脂塗料で被覆し、塗料が硬化した後、温度 20 ± 2 の水中で 24 時間以上保存した。その後供試体を $4 \times 4 \times 8\text{cm}$ の角柱に切断し、切断面の $4 \times 4\text{cm}$ の一面のみを開放面とし、温度 20 ± 2 、濃度 10% の NaCl 水溶液中に所定の期間供試体全面が常時溶液に漬かるように完全に浸せきした。浸せき 56 日目の供試体について供試体の開放面から深さごとにドリルでモルタルを粉砕することにより試料を採取し、電量滴定法により塩分量測定を行った。

表 - 1 配合

	W/C (%)	単位量 (kg/m^3)					Air (%)
		W	C	S	G	AE剤	
Non AE	60	170	283	808	1223	-	1.0
AE	60	170	283	759	1148	0.07	5.5

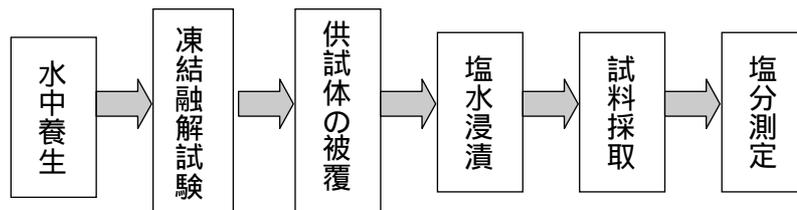


図 - 1 実験手順

表 - 2 実験条件

	最低温度()	相対動弾性係数 (%)
NonAE -20	-20	各シリーズとも
NonAE -40	-40	100,80,60,40を
AE -40	-40	目安とする

キーワード 凍結融解作用、塩分浸透性、冷却条件、拡散係数

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL 022-217-7432

3. 実験結果および考察

図-2に NonAE, 冷却最低温度 -40 での各劣化度に対する全塩分量分布を示す。図より表面付近において劣化度に対する差は小さいが, 1.5~3.5 cm付近では凍結融解作用により大きな劣化を受けたものほど塩化物イオンの浸透が顕著に現れており全塩分量が増加していることがわかる。これは, 凍結融解作用を受けることにより供試体内部の組織が弛緩し, 微細ひび割れの発生により, 塩化物イオンが浸透しやすくなったためと考えられる。この傾向は他の条件でも同様に認められた。

図-3に各条件による相対動弾性係数と拡散係数の関係を示す。拡散係数は Fick の第2法則に基づいた拡散方程式の解を用いて, 供試体ごとに各深さ位置で測定された全塩分量の値を回帰分析して求めた。図よりどの条件においても相対動弾性係数の低下に伴い, 拡散係数が顕著に増加していることがわかる。また, 相対動弾性係数 80~100%の間では拡散係数の増加割合は小さいが, さらに相対動弾性係数が低下するにつれて拡散係数の増加割合が大きくなっている。

冷却最低温度の違いで比較すると, 最低温度が -40 の場合, -20 と同程度の相対動弾性係数でも拡散係数は大きく, 相対動弾性係数の低下に伴いその差が大きくなっている。このことにより, 冷却最低温度の違いにより凍結融解作用による組織の破壊形態が変化している可能性があると考えられる。

一方, 空気量の違いで比較すると, 同程度の相対動弾性係数での拡散係数は, NonAE に比べ AE の方が小さく, 相対動弾性係数の低下に伴う拡散係数の増加割合も小さくなるという結果を得た。このことから, AE 剤の使用によるエントレインドエアの影響により, AE では NonAE とは破壊形態が異なり, 別の微細組織を有している可能性が示唆される。

4. 結論

本研究において得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 凍結融解作用による劣化は塩化物イオンの浸透を容易にし, 劣化度の増大に伴い塩分浸透性が顕著に増加する。
- 2) 冷却最低温度や空気量の違いにより塩分浸透性が異なる傾向が示された。すなわち, 低い冷却最低温度で凍結融解作用を受けると拡散係数の増加が大きく, AE は NonAE に比べて拡散係数の増加を抑制することが示唆される結果を得た。

【参考文献】

- 1) 例えば, 竹田宣典, 十河茂幸: 凍害と塩害の複合劣化作用がコンクリートの耐久性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.2, 2001

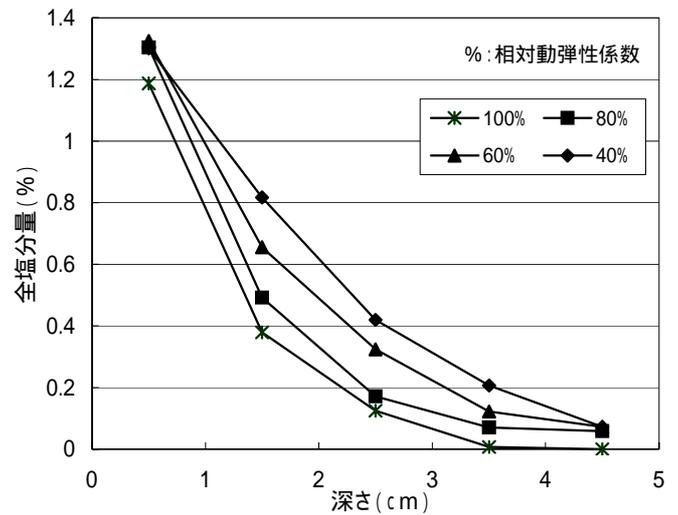


図-2 NonAE -40 での全塩分量測定結果

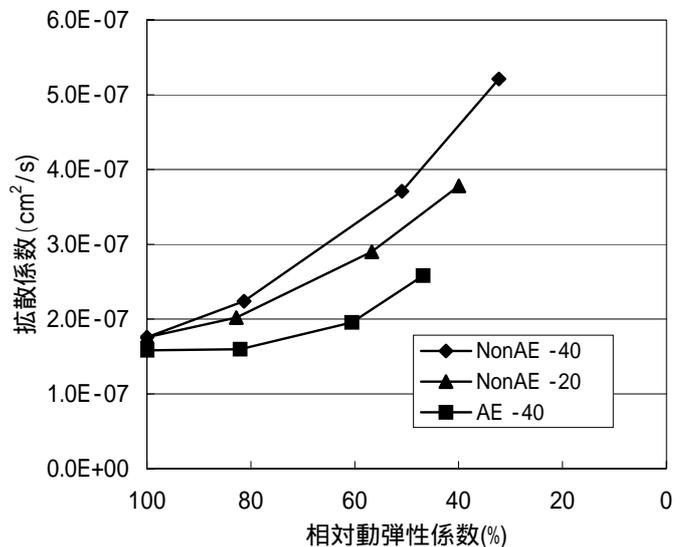


図-3 相対動弾性係数と拡散係数の関係