

凍結融解作用を受けたコンクリートの物質透過性

八戸工業大学 学生員 ○會田 隆也

八戸工業大学 正会員 阿波 稔

八戸工業大学 正会員 庄谷 征美

1. はじめに

寒冷地におけるコンクリート構造物はその気候的な条件から、凍害劣化を受けやすい環境にある。一般にコンクリート構造物の凍結融解作用による劣化は、コンクリート表層部におけるひび割れの発生や、スケーリングに代表されるような、有効なコンクリート断面厚さ（かぶり）の減少として特徴づけられる。凍害劣化がさらに進行した段階では骨材が露出し、著しい場合には、外部劣化因子からの保護層としてのかぶりコンクリートの機能が低下し、内部の鉄筋が腐食するケースもある。特に近年では、スパイクタイヤの規制に伴う塩化物の大量散布から、凍結融解作用を受けやすい環境下にあるコンクリート構造物は、凍害と同時に塩害（鉄筋腐食）などの複合劣化を引き起こす可能性が極めて高いと言える。そこで本研究は、凍結融解作用を受けたコンクリートの表層部における塩化物イオンの浸透性や、透気性などの物質透過性について基礎的な検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

実験に用いたセメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16 g/cm^3 ）である。細骨材として石灰岩砕砂（密度 2.64 g/cm^3 , F.M. 2.73, 吸水率 1.01%）、粗骨材として石灰岩碎石（密度 2.68 g/cm^3 , F.M. 6.94, 吸水率 0.32%）を使用した。表-1 は本実験のコンクリートの配合を示したものである。コンクリートの配合は、水セメント比を 65%、空気量を 3% 一定とし、粗骨材の最大寸法を 15、20、25mm の 3 種類と変化させた 3 ケースとした。

表-1 コンクリートの配合									
Gmax (mm)	W/C (%)	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	s/a (%)	単位量 kg/m^3				
					W	C	S	G	AE 減水剤
15	65	8	3	47.0	176	271	896	1021	0.677
20				44.3	170	262	835	1106	0.654
25				42.5	165	254	828	1133	0.635

(2) 実験方法

1) 凍結融解試験

凍結融解試験は、JIS A 1148 に準拠し、水中凍結水中融解試験方法（A 法）により実施した。供試体は、 $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の角柱を用いた。また、供試体側面より凍結融解劣化を進行させる目的で、材齢 28 日まで水中養生後、暴露面（両側面）以外の全ての面をシーリングし、凍結融解試験を開始した。相対動弾性係数の測定は、凍結融解 0 サイクル時のたわみ振動による一次共鳴振動数を基準に、30 サイクル（1 サイクル 4 時間）毎に行なった。そして、管理供試体の相対動弾性係数がそれぞれ 80、60% に達した時点において、急速塩化物透過性試験および透気試験を実施した。

2) 急速塩化物透過性試験

急速塩化物透過性試験は、AASHTO T 277-83 に従って行った。試験供試体は、凍結融解作用を受けた角柱（ $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ ）コンクリートの劣化面（両側面）より、 $\phi 10 \times 3 \text{ cm}$ および $\phi 10 \times 5 \text{ cm}$ の試験片（かぶり厚さを想定）を採取し使用した。この試験片を固定したゴム板を、溶液を浸漬させたアノード側セルとカソード側セルとの間に挟み込み、60V の一定電圧を 6 時間印加した。そして、コンクリート中を流れる電流量（C：クーロン）を電流（A）と時間（sec）との積分値により算出し、塩化物イオン透過量の指標とした。なお、セル内の溶液は、アノード側セルに NaOH（0.3N）水溶液、カソード側セルに NaCl（3%）水溶液を用いた。図-1 にその試験装置の概略を示す。

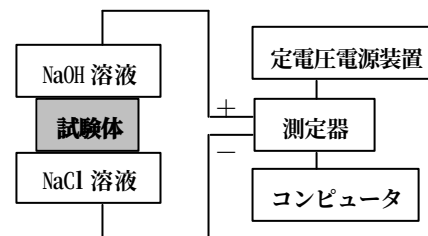


図-1 急速塩化物透過性試験装置概略図

キーワード：凍結融解、塩化物イオン透過性、透気性、粗骨材最大寸法

連絡先 〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1 Tel 0178-25-3111 FAX 0178-25-0722

3) 透気試験

透気試験は定圧法により実施し、その荷圧力は 245kPa とした。透気量はコンクリート供試体（ $\phi 10 \times 5\text{cm}$ ）を透過した空気を水で置換する方法により測定し、その透気量より透気係数を算出した。

3. 実験結果および考察

(1) 急速塩化物透過性試験結果

図-2 は、塩化物イオン透過量と凍結融解サイクル数との関係の一例を示したものである。この図に見られるように、供試体の凍結融解劣化部より採取した厚さ 3cm および 5cm の試験片、何れのケースにおいても、凍結融解サイクル数の進行にともない、塩化物イオン透過量は増大する傾向が見られた。また、コンクリート供試体の劣化面より 3cm の位置での塩化物イオン透過量は、5cm の位置でのそれより著しく増加する傾向が確認された。さらに、塩化物イオン透過量は、相対動弾性係数が 80% の時点においても 100% の時点と比較して約 1.5 倍大きくなっている。これは、凍結融解作用を受けたことにより、コンクリート表層部の組織が脆弱化したことによるものと考えられる。そして、凍結融解作用による変状の初期段階でも、塩化物イオンの透過性は、大きく影響を受けるものと思われる。

図-3 は、凍結融解 0 サイクル時における塩化物イオン透過量と粗骨材の最大寸法との関係を示したものである。これより、塩化物イオン透過量と粗骨材の最大寸法との関係には大きな違いは確認されなかった。

(2) 透気試験結果

図-4 は、透気係数と凍結融解サイクル数との関係の一例を示したものである。この図に見られるように、凍結融解サイクル数の増加にともない、透気係数は増加する傾向となった。これは、塩化物イオンの浸透と同様に、凍結融解作用を受けたことにより、コンクリート表層部の組織が脆弱化したためと考えられる。

図-5 は、凍結融解 0 サイクル時における透気係数と粗骨材の最大寸法との関係を示したものである。この図より、粗骨材の最大寸法が大きな配合ほど透気係数は増大する傾向が見られた。これは、粗骨材の最大寸法が大きくなることにより、セメントペースト量が減少したことと、ブリーディングなどの影響により骨材界面の欠陥部が増加したためと考えられる。

4. まとめ

凍結融解作用を受けたコンクリート表層部の塩化物イオンの透過性や透気性について検討を行った。実験の範囲内で以下のことが言える。凍結融解作用を受けたコンクリート表層部は、塩化物イオンの透過性、および透気性ともに、増大する傾向が確認された。特に、コンクリートの劣化表面より 3cm の位置での塩化物イオン透過量は 5cm の位置でのそれより著しく増加した。また、凍結融解作用による変状の初期段階でも、塩化物イオンの透過性は、大きく影響を受けるものと思われる。

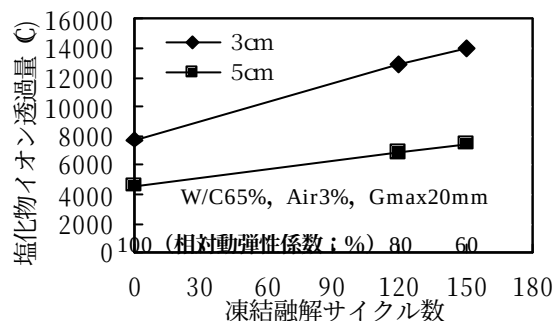


図-2 凍結融解サイクル数と塩化物イオン透過量との関係

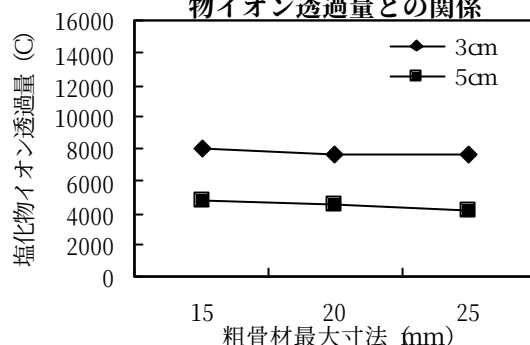


図-3 塩化物イオン透過量と粗骨材の最大寸法との関係

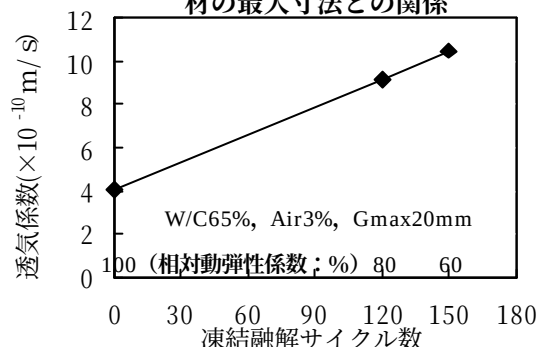


図-4 透気係数と凍結融解サイクル数との関係

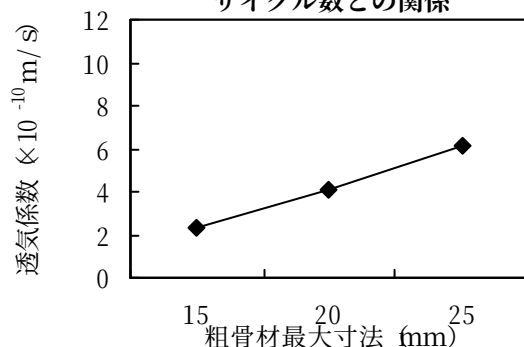


図-5 透気係数と粗骨材の最大寸法との関係