

V-53

凍結融解作用を受けるコンクリート構造物の物質透過性に関する研究

八戸工業大学 学生員 ○山田 真也

正会員 庄谷 征美

正会員 阿波 稔

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特有の凍害劣化を受けやすい環境にある。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る鉄筋コンクリートの塩化物イオン浸透性について基本的な検討を行うことを目的としたものである。

表-1 コンクリートの示方配合

セメント 種類	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剤
普通	65	8.0	5.0	43	159	245	825	1102	C×0.008
早強	50			42	160	320	777	1081	C×0.030

2. 実験概要

2. 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/cm³）および早強ポルトランドセメント（密度 3.13 g/cm³）の2種類である。細骨材として石灰岩砕砂（密度 2.69g/cm³, F.M. 2.73, 吸水率 1.01%）、粗骨材として石灰岩砕石（最大寸法 20mm, 密度 2.71g/cm³, F.M. 6.94, 吸水率 0.32%）を使用した。コンクリートの配合は表-1 に示すように、水セメント比を 65%および 50%とし、空気量を 5%一定とした。

2. 2 実験方法

スケーリング試験に用いた供試体を図-1 に示す。試験は、ASTM C 672 に準拠して行った。試験水は NaCl 3%水溶液を使用し、供試体は 210×210×100mmの平板供試体とし、試験対象面を底面とした。供試体にはφ13mmの丸鋼を配置し、かぶり厚さは 3cm および 5cm の2ケースとした。また、試験面以外からの物質移動を防ぐため、試験面以外をシーリングし試験を開始した。試験期間中における塩化物の供給条件は、図-2 に示すように塩化物が継続して供給される条件（ケース A）と、4 日間の塩化物供給の後、3 日間塩化物を供給しない条件を繰り返す（ケース B）の2 ケースとした。試験開始後、凍結融解 105 サイクルに達した供試体から全塩化物イオン量の分布を測定した。

凍結融解による温度サイクルがコンクリートの塩化物イ

オン浸透性に及ぼす影響を確認することを目的として、種々の温度条件下における塩化物イオンの浸透試験を実施した。実験に用いた供試体は、100×100×400 mmの角柱供試体より作成した 100×100×100 mmの試験片である。供試体の一側面から塩化物イオンを浸透させるために、供試体表面に堤を設置した。そして、NaCl 3%水溶液を試験水として浸透試験を開始した。また、浸透試験時の温度条件は、ASTM C 672 に示される温度履歴と同様に 24 時間で+20℃から-20℃までの凍結融解サイクルを実施するケース、さらに温度 0℃および 20℃一定としたケースの3種類とした。なお、何れの温度条件下においても相対湿度は 60%一定とした。試験開始 28 日後（ASTM の温度履歴で実施するケースは 28 サイクルに相当）において供試体の全塩化物イオン量分布を測定した。

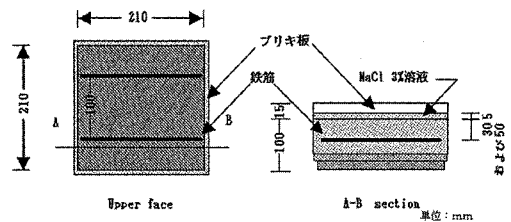


図-1 供試体概略図

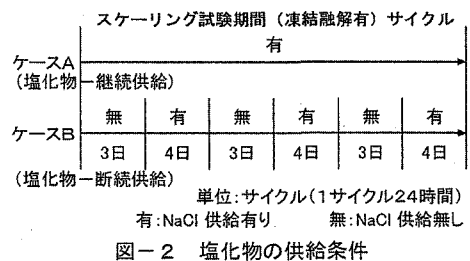


図-2 塩化物の供給条件

3. 実験結果および考察

3. 1 スケーリング試験結果

コンクリートのスケーリング試験結果を図-3に示す。この結果から、鉄筋を配置したコンクリート供試体では多くスケーリングが発生する傾向が確認された。特に、塩化物が継続して供給される場合（ケース A）は、凍結融解 105 サイクル時で 1.5kg/m^2 を超えるスケーリングが生じた。これは、塩化物が継続的に供給されることにより、コンクリート表面の塩化物イオン量が増加し、劣化が促進されたものと考えられる。また、供試体のかぶり厚さで比較すると、かぶり厚さ 3cm のケースは 5cm のケースよりも 0.2kg/m^2 程度スケーリング量が増加する傾向にあることが確認された。これは、凍結融解過程で生じた供試体表面と内部との急激な温度勾配により、コンクリート表面の熱的変形を内部鉄筋が拘束することに起因する内部二次応力の影響によるものと考えられる。

3. 2 凍結融解作用を受けるコンクリートの塩化物イオン浸透性

凍結融解 105 サイクル時点において測定したスケーリング供試体の全塩化物イオン分布を図-4に示す。この結果より、塩化物が断続的に供給されたケース B と比較して、塩化物が継続的に供給されたケース A の場合は、塩化物イオンの浸透速度が大きくなる傾向が確認される。また、塩化物イオンの浸透速度はコンクリートのスケーリング劣化度（組織の密実性）に大きく依存することが確認される。

温度条件を変化させて実施した塩化物イオン浸透試験の結果を図-5に示す。この図より、 0°C 一定で塩化物を浸透させた供試体は、 20°C 一定で浸透させた供試体と比べて、塩化物イオンの浸透速度が小さくなる傾向が見られる。一般に、濃度拡散におけるコンクリート中のイオンの移動速度は温度に依存することが知られており、低温になるほどイオンは移動（拡散）し難くなる。しかし、低温環境下に曝される ASTM の温度条件（凍結融解サイクル）下において塩化物を浸透させた供試体は、 20°C 一定とした供試体とほぼ同等の浸透レベルにあることが観察される。これらの結果より、凍結融解作用を受けるコンクリート中の塩化物イオンの移動は、濃度勾配により生じる駆動力だけでは一義的に決定されないことを示唆しており、コンクリートの凍結融解過程で発生する種々の水圧に起因した未凍結水（溶媒）の移動などが塩化物イオンの駆動力を高め、浸透速度を増加させたものと推察される。

4. まとめ

塩化物イオンの浸透速度は、コンクリートのスケーリング劣化度（組織の密実性）に大きく依存することが確認された。また、凍結融解作用を受けるコンクリート中での塩化物イオンの移動は、濃度勾配だけでなく、未凍結水（溶媒）の移動などにも大きく影響を受ける可能性がある。

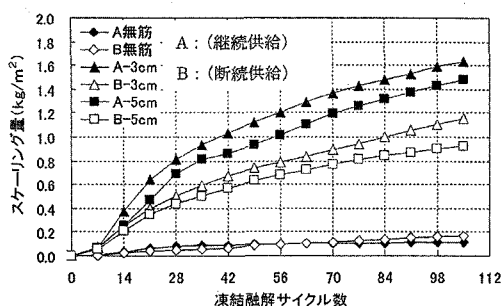


図-3 スケーリング試験結果 (W/C 65%)

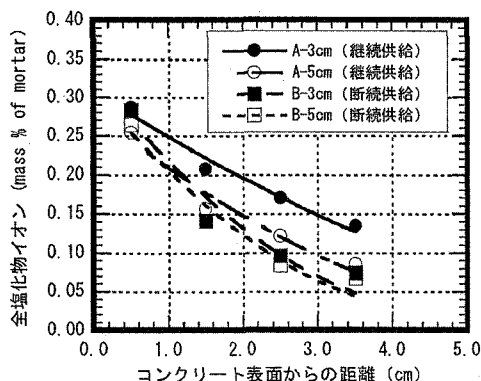


図-4 全塩化物イオン量分布
(W/C 65%, 105 サイクル)

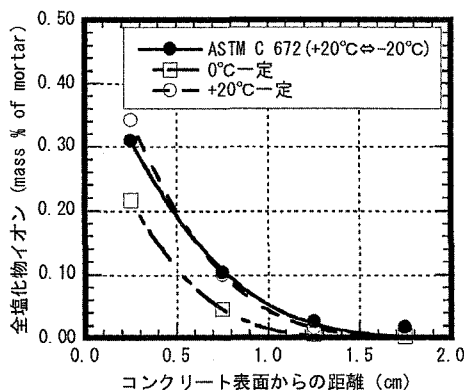


図-5 全塩化物イオン量分布 (W/C 50%, 28 日)