## 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

八戸工業大学 正会員 阿波 稔

正会員 庄谷 征美

学生会員 今野 竜也

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礎的な検討を行うことを 目的としたものである。

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 トランドセメントおよび早強ポルト

ランドセメントの2種類である。細骨材として石灰岩砕砂(密度 2.69g/cm<sup>3</sup>, 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/cm<sup>3</sup>, 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

スケーリング試験は、ASTM C 672 に準拠して行った。供 試体は 210×210×100mmの平板供試体(図-1)とし、試験 対象面を底面とした。供試体には 13mm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 験水には NaCl 3%水溶液を使用した。なお、試験対象面(劣 化面)以外からの物質移動を防ぐため、他の供試体側面を 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)および、4 日間の塩化物供給の後、3 日間塩化物を供給しない状態を繰り返す条件(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 た供試体において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、



セメント 種類	W/C (%)	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	s/a (%)	<b>単位量</b> (kg/m <sup>3</sup> )				
					W	С	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

とし、空気量を 5%一定とした。

図 - 1 供試体概略図



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、供 試体表面に堤を設置した。そして、NaCI 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 の温度履歴を受けるケースは、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。

キーワード 凍結融解、スケーリング、塩化物イオン 連絡先 〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1 八戸工業大学工学部 TEL 0178-25-3111 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条件(ケースA)では、凍結 融解105 サイクル時で1.5kg/m<sup>2</sup>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 厚さを 3cmとしたケースは 5cmとしたケースよりも 0.2kg/m<sup>2</sup>程度スケーリング量が増大する傾向にある。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が、今後詳細な検討が必要である。 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 サイクル時点におけるスケーリング供試体の全塩化物イオン量分布を図-4 に示す。これより、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見られる。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、温度0 一定で塩化 物を浸透させた供試体は、温度20 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 向にある。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(凍結融解作用)下に おいて塩化物を浸透させた供試体は、温度20 一定とし



図-5 全塩化物イオン量分布(W/C 50%, 28日)

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。これらの結果は、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、濃度勾配によって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いる。そして、凍結過程での塩化物イオンの濃縮や発生する種々の水圧に起因した未凍結水(溶媒)の移動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に大きく依存することを確認した。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、濃度勾配により生じる駆動力だけでなく、凍結 過程での塩化物イオンの濃縮や未凍結水(溶媒)の移動などにも大きく影響を受ける可能性があると考えられる。