

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

八戸工業大学 学生会員 ○永坂 未来
 八戸工業大学大学院 学生会員 市川 達朗
 八戸工業大学大学院 学生会員 渡邊 浩平
 八戸工業大学 正会員 迫井 裕樹
 八戸工業大学 正会員 阿波 稔

1. はじめに

積雪寒冷地域におけるコンクリートはその気象的条件から凍結融解を受けやすい環境にあり、表層劣化など凍害を生じる危険が高まる。また近年、凍結防止剤の大量散布により、コンクリート中への塩化物イオンの浸透およびそれに伴う鉄筋腐食など、複合劣化が生じやすい環境にある。

コンクリート中への塩化物イオンの浸透と凍結融解の複合劣化に関する検討は、これまでも行われているが、これらはいずれも塩化物の存在下におけるコンクリートの凍結融解抵抗性に主眼を置いたものであり、凍結融解作用そのものがコンクリート中への塩化物イオンの浸透に及ぼす影響については、知見が乏しいのが現状である。また、凍結融解環境下における塩化物イオンの浸透は、凍結融解に伴い発生するスケーリング等の他、凍結過程における未凍結水の移動の影響も考えられるが、その浸透メカニズムや定量的な知見については乏しいのが現状である。

そこで本研究では、コンクリート中への塩化物イオン浸透性に及ぼす凍結融解条件の影響を検討することを主目的とし、試験溶液濃度、降温時の温度勾配、最低温度の違いによるコンクリート中の塩化物イオン濃度の変化について実験的に検討を行った。

2. 実験概要

本研究では、普通ポルトランドセメント、天然砂と石灰岩砕砂の混合砂、石灰岩碎石および、混和剤として AE 剤と AE 減水剤を用いた。

本研究で用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。供試体は、100×100×400mm の角柱供試体を 100×100×100mm に切断したものをを用いた。所定の期間（材齢

28 日）、水中養生を行った後、打設側面を試験面として、表-2 に示す凍結融解条件下で塩分浸透を実施した。凍結融解環境への暴露期間は 60 サイクルとし、5 サイクルごとにスケーリング量の測定を行った。試験溶液は NaCl 水溶液であり、その濃度は 1, 3 および 5% の 3 水準とした。また、比較検討用に 20℃一定環境における暴露（60 日）も同時に実施した。

所定の暴露期間終了後、試験面表面から 50mm 位置まで 10mm 間隔で試料を採取し、硝酸銀滴定法により、深さごとの全塩化物イオン濃度の測定を行った。

3. 実験結果および考察

図-1 (a) および (b) に、全塩化物イオン濃度と最低温度到達時間の関係を示す。図中の最低温度到達時間 0 時間は、温度一定条件における全塩化物イオン濃度を示している。

図-1 (a) より、凍結融解を受けたものは、いずれの最低温度到達時間においても温度一定条件の場合よりも高い全塩化物イオン濃度を示すことが明らかとなった。また本研究の範囲では、いずれの試験溶液濃度

表-1 示方配合

W/C [%]	s/a [%]	単位量 [kg/m ³]				AE剤 [A]※	AE減水剤 [C×%]
		W	C	S	G		
55	43.5	158	287	794	1071	1.5	0.2

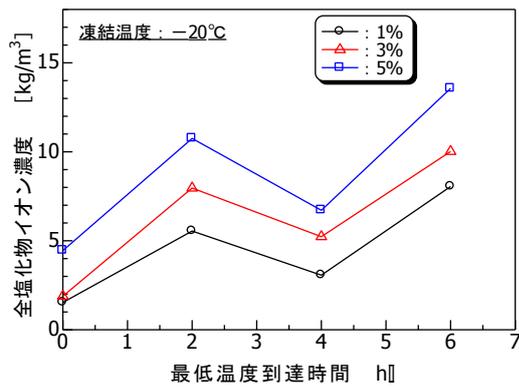
※ 1A=0.001%

表-2 温度条件

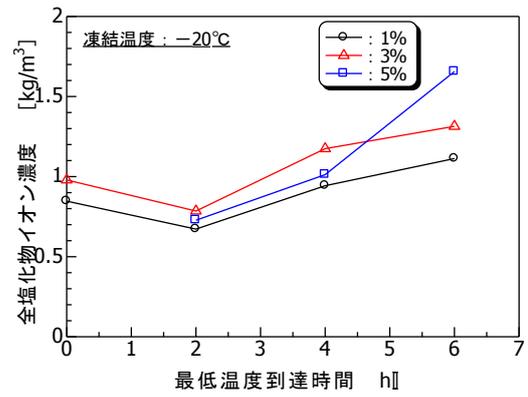
条件No.	凍結温度 [°C]	温度勾配 (降下時) [°C/h]	最低温度 到達時間 [h]	その他
条件①	-10	-10	3	最高温度:20°C
条件②	-20	-20	2	最低温度保持時間:3時間
条件③		-10	4	昇温時温度勾配:10°C/h
条件④		-6.67	6	最高温度保持時間:1時間

キーワード：複合劣化，凍結融解，塩分浸透

連絡先：青森県八戸市大字妙字大開 88-1 八戸工業大学 工学部 TEL0178-25-8076



(a) 深さ：0～10mm



(b) 深さ：11～20mm

図-1 塩分浸透に及ぼす最低温度到達時間（降温時温度勾配）の影響

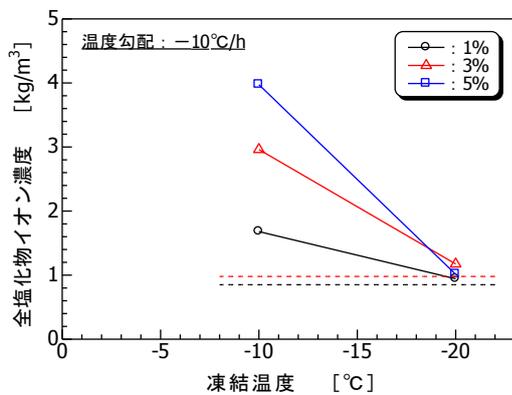


図-2 塩分浸透に及ぼす凍結温度の影響
(深さ：11～20mm)

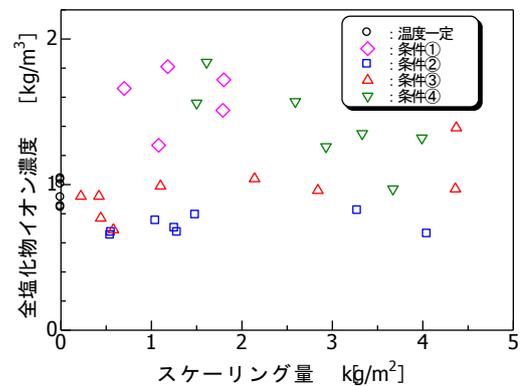


図-3 全塩化物オン濃度とスケール量の関係
(深さ：11～20mm)

においても、最低温度到達時間が4時間のものが最も低い値を示すことが明らかとなった。また図-1 (b)より、11～20mmにおいては、0～10mmの傾向とは異なり、最低温度到達時間の増加に伴い（凍結温度勾配が小さい条件ほど）、全塩化物イオン濃度が増加する傾向を示すことが明らかとなった。

図-2には、11～20mm位置における全塩化物イオン濃度と凍結温度の関係を示す。図中の破線は、各試験溶液濃度での温度一定（20°C）条件における全塩化物イオン濃度を示している。これより本研究の範囲内で、凍結温度が高いものほど、全塩化物イオン濃度が大きな値を示すことが明らかとなった。これは、凍結温度の差によるコンクリート中の未凍結水の量が異なるためと考えられる。

図-3には、11～20mm位置における全塩化物オン濃度と凍結融解60サイクル終了時のスケール量との関係を示している。図-3より、両者間には明確な傾向が認められないことが把握された。これは、凍

結融解条件下における塩化物イオン浸透性は、凍結融解に伴うスケール劣化の影響よりも、凍結融解条件による影響が大きいことを示唆するものと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 凍結融解を受けたコンクリートの全塩化物イオン濃度は、試験溶液濃度の違いによらず、温度一定環境におけるそれよりも高い値を示す。
- (2) 表面から11～20mm位置において、最低温度到達時間の増加に伴い、全塩化物イオン濃度が増加する傾向を示す。
- (3) 最低温度が高いものほど同一深さにおける全塩化物イオン濃度が高い値を示す。
- (3) 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は、凍結融解に伴うスケール劣化の影響よりも、凍結融解条件（温度勾配、最低温度）による影響が大と考えられる。