

## 凍結融解を受けるコンクリートの塩化物イオン浸透特性に関する研究

秋田大学大学院 学生会員 夏堀 格

秋田大学 佐藤 想 近藤佑哉

秋田大学大学院 正会員 徳重英信, 高橋良輔

## 1. はじめに

積雪寒冷地で顕著となる凍害と塩害の複合劣化について、これまで塩分浸透環境下でのソルトスケーリングの機構へのアプローチがされてきている<sup>1)</sup>。一方、コンクリート中の塩化物イオン浸透については拡散や移流など、常温での駆動力に関する議論がなされてきている<sup>2)</sup>が、凍結融解環境下ではコンクリート中の水分移動が常温時とは異なることが想定される。本研究では凍結融解環境下でのコンクリートへの塩化物イオン浸透に焦点をあて、薄板供試体を用いてスケーリングと塩化物イオン浸透量の関係を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験概要

## 2.1 供試体および配合

試験に用いた供試体の概形を図1に示す。使用材料は普通ポルトランドセメントおよびJIS標準砂である。モルタルの配合を表1に示す。供試体の水セメント比は45%、50%、55%と3種類とした。

## 2.2 凍結融解試験および測定項目と方法

凍結融解試験はASTM C 672に準じ、凍結16時間、融解8時間とし24時間を1サイクルとした。供試体上面の堰にNaCl水溶液(0wt.%, 3wt.%, 10wt.%)を満たし、所定のサイクルでスケーリング量を測定した。さらに50サイクル終了時に供試体を粉砕して、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」にしたがい、供試体中の塩化物イオン浸透量の測定も行った。また20℃室内で同様にNaCl水溶液を供試体上面に50日間湛水させた供試体の塩化物イオン量も測定した。

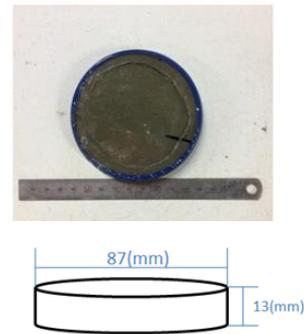


図1 供試体概形および寸法

## 3. 実験結果

凍結融解試験を行った供試体のスケーリング量の遷移を図2~4に示す。水セメント比が45.0%の供試体では、

供試体上部に滞水した水溶液の塩化物イオン濃度が0%の場合は、スケーリング量はほぼ0で推移しており、W/Cが

50~55%と高くなっても同様であった。しかし、塩分濃度を3%、10%と高くするとスケーリング量は増加する傾向を示し、本研究では塩分濃度が高くなると水セメント比の影響がほとんど認められず、スケーリング量が大幅に増加する結果となった。既往の研究等<sup>1)</sup>では塩分濃度が海水濃度と同程度であればスケーリングが卓越することが報告されているが、本研究では濃度が10%程度となると3%の場合よりもスケーリング量が高くなり、試験条件等の差異など詳細な検討が必要と考えられる。凍結融解試験終了後に粉砕した供試体で測定した、モルタル中の塩化物イオン量を

図5に示す。供試体上面に滞水した塩水の塩化物イオン濃度が高くなる (W/C=45.0%)

と、試験終了後にモルタル中に浸透した塩化物イオンも増加する傾向となった。

表1 供試体配合

W/C(%)	S/C	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			A(%)	Flow(mm)
		C	W	S		
55.0	3.0	500	275	1500	2.2	217
50.0	3.0	512	256	1537	2.9	198
45.0	3.0	526	237	1577	4.0	146

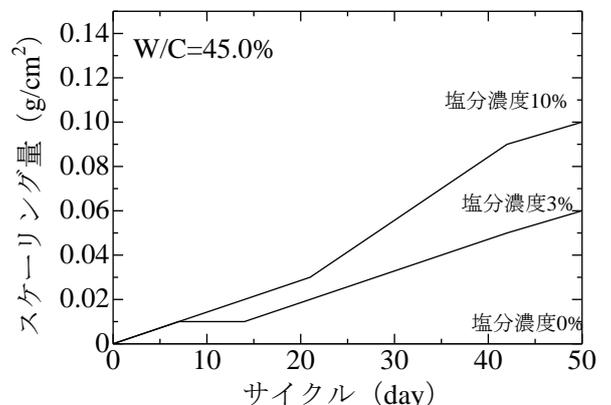


図2 モルタルのスケーリング量

キーワード：凍結融解，スケーリング，塩化物イオン浸透，モルタル

連絡先：〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学理工学部 Tel:018-889-2367, Fax:018-837-0407

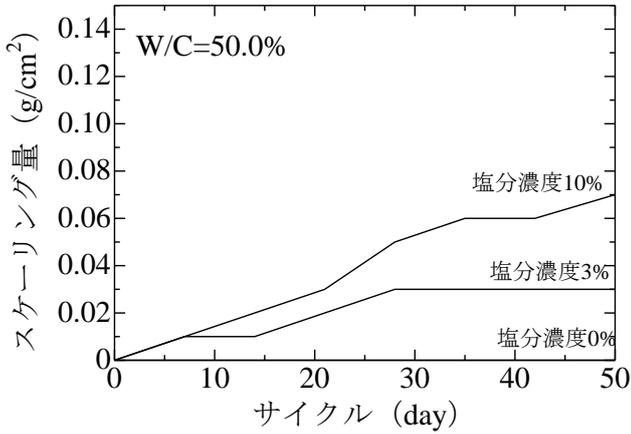


図3 モルタルのスケーリング量 (W/C=50.0%)

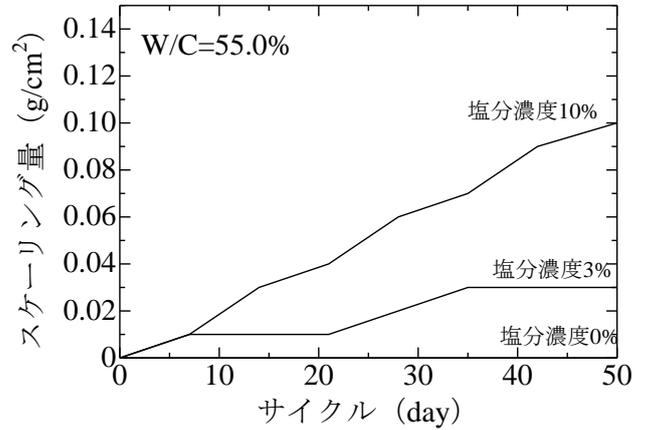


図4 モルタルのスケーリング量 (W/C=55.0%)

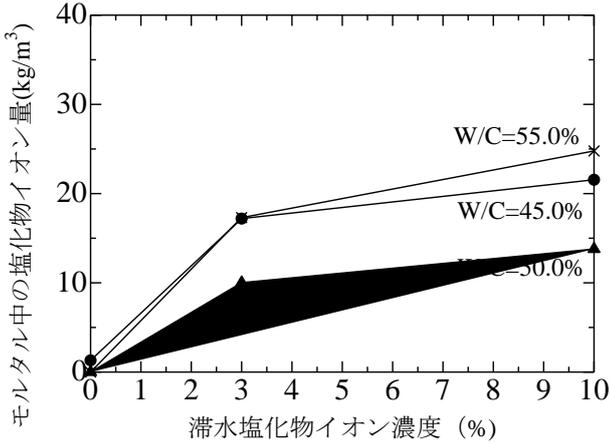


図5 モルタル中の塩化物イオン量(凍結融解後)

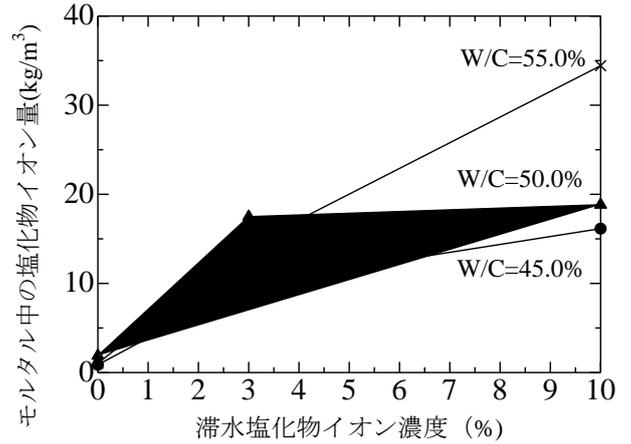


図6 モルタル中の塩化物イオン量(20°C滞水)

しかし、水セメント比の影響は45%と55%でほぼ同じ塩化物イオン浸透量が測定され、明確な傾向は認められなかった。一方、20°C気中において同様に塩水を供試体上部に湛水し、50日後（凍結融解50サイクルに相当）に測定したモルタル中の塩化物イオン量を図6に示す。こちらは水セメント比が高くなると、モルタル中の塩化物イオン量が増加し、特に湛水塩化物イオン濃度10%において顕著となる結果となった。

一方、塩分の凍害に与える影響は一般的に浸透圧の増加による劣化の激化等の説明がなされており、図7に示すようにモルタル中の塩化物イオンが増加すると、スケーリング量が増加する傾向は認められた。本研究では当初、常温で塩化物水溶液を滞水した条件より凍結融解環境作用後の方が、供試体中に塩化物イオンが浸透することを想定していた。しかし、スケーリングによって供試体の極表層部に浸透した塩化物イオンが、剥離片とともに逸脱したこと等、図5に示した凍結融解試験後の塩化物イオン量が図6の結果より若干低下することに結びついたものとも考えられ、試験・測定方法について今後詳細な検討が必要であることが明らかとなった。

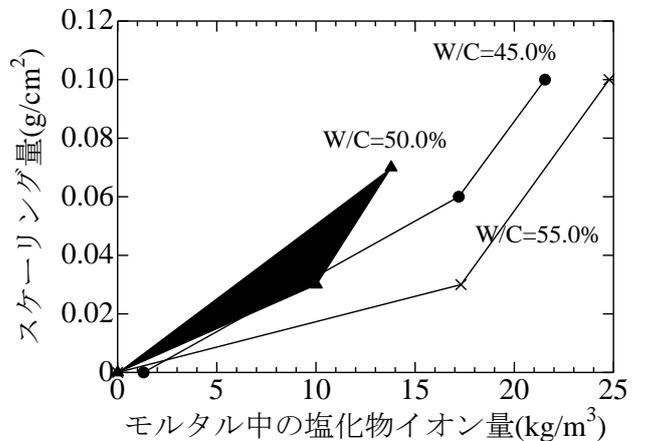


図7 凍結融解終了後のスケーリング量とモルタル中の塩化物イオン量

#### 4. まとめ

凍結融解環境下での塩化物イオン浸透の特性を明らかにするために、室内試験により実験的検討を行った結果、本研究の範囲では水セメント比の影響はあまり認められなかったものの、供試体に供給される塩化物イオン濃度の増加とスケーリング量およびモルタル中の塩化物イオン量に相関が認められた。

参考文献 1) 羽原ら：コンクリートのスケーリング劣化に及ぼす凍結防止剤の影響，セメント・コンクリート論文集，Vol.67，pp.95-101(2013)  
 2) 小池ら：移流拡散方程式を用いたコンクリート中の塩化物イオン浸透モデルに関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，pp.904-909(2014)