

小片試験方法によるソルトスケーリングの評価方法の検討

岩手大学 学生会員 ○鈴木 晃平
岩手大学 正会員 羽原 俊祐
岩手大学 正会員 小山田 哲也
岩手大学 菅野 華果

1 はじめに

コンクリートの凍結融解によるスケーリング劣化の試験方法として、8mm 角試験片により行う小片試験方法を一年前提案した¹⁾。この方法は、ASTM C 672 法と整合性があり、また一度に多数の試験が行える、簡便かつ省力的に試験が行える、スケーリング抵抗性の早期判定が可能であるなど優れた点が多い。ここでは、細骨材の最大径を2.5mm と小さくし、改良を加え、11 種の凍結防止剤の種類及び濃度(1,3,6%)の影響について検討した。また、普通、高炉 B 種、フライアッシュ B 種の 3 種のセメントの影響について検討した。

2 実験方法

2.1 試験用供試体

使用した材料及び配合は表-1 に示す。セメントは表-1 に示す 3 種のセメントを使用し、細骨材は表乾状態の砂(粗粒率:2.89, 表乾密度:2.80g/cm³)を用いた。細骨材は 2.5mm ふるい下のものを利用した。また、AE 剤を用いないモルタルを用い、4×4×16cm に成型し、材齢 27 日水中養生後、ダイヤモンドカッターにて 1 辺が 8mm になるように切断し、これを試験片とした。

表-1 使用した材料及び配合

セメント	普通ポルトランドセメント 高炉 B 種セメント フライアッシュ B 種セメント
細骨材	盛岡市黒川産砕砂
水セメント比	0.5
砂セメント比	2.5

2.2 小片凍結融解試験法

試験片 1 組 3 粒(約 4g)を、100ml ポリプロピレン容器に入れ、溶液と試料の質量比を 10:1 とし、濃度 1,3,6%の凍結防止剤溶液に浸漬させ、凍結融解試験を行った。使用した凍結防止剤は表-2 に示す 11 種類である。容器に入れた供試体を-20℃の冷凍庫内で 12 時間、15℃の室内で 12 時間保管し、1,3,5,7,10 回の凍結融解繰り返しを与えた。所定のサイクル後、容器を取り出し、溶液をろ過し、試料を分離し、蒸留水で洗浄した。試料は 40 度恒温乾燥器にて乾燥し、乾燥した試料を 2.5mm ふるいにかけて、ふるい上に残った試験片の質量を測定し、2.5mm ふるい上の質量残存率を求めた。1 水準 3 試料として、各 3 水準試験を行い、質量残存率は 3 組のうちの中央値を使用した。また、スケーリング耐久性指数(SDI)は、文献¹⁾に従い求めた。

3 実験結果及び考察

3.1 凍結防止剤の種類と濃度の影響

図-1 に凍結防止剤濃度が 3%の場合の、サイクル数と質量残存率の関係を示す。ふるい上に残った試験片の質量を当初の質量で除した平均質量残存率を求めた。純水では質量残存率がほとんど変化しないが、塩化ナトリウム、塩化カリウム、酢酸ナトリウム、酢酸カリウム、酢酸カルシウムでは、3 回以降のサイクルからの、質量残存率の低下が著しい。塩化カルシウムでは、7 サイクルまで質量残存率がほとんど変化せず、供試体表面の目視観察でも変化はなかったが、10 サイクルで急激な劣化がみられ、質量残存率が急激に低下した。塩化物系及び酢酸系においても、ナトリウム、カリウム及びカルシウム化合物のスケーリングは大きいことが分かる。一方、塩化マグネシ

ウム、硝酸マグネシウム及び酢酸マグネシウムでは、サイクルが増しても、質量残存率が変わらず、純水とほぼ同程度となった。非塩化物系の凍結防止剤として注目されているCMA(酢酸カルシウム・マグネシウム)もほとんど質量残存率は変わらず、高いスケーリング抵抗性を示した。

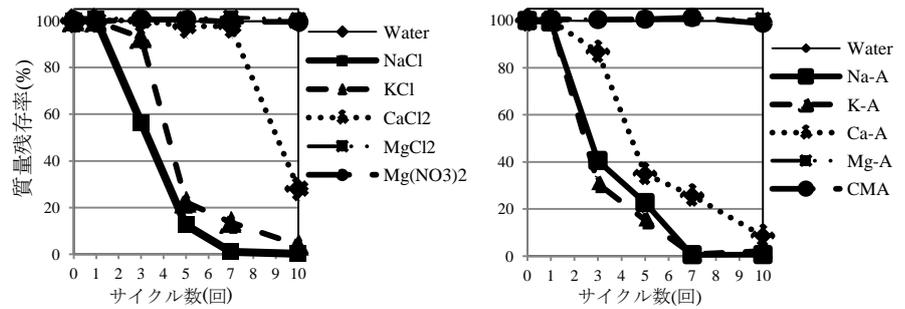


図-1 サイクル数と質量残存率の関係

1, 3, 6%濃度の凍結防止剤で試験を行い、10 サイクルの質量残存率から求めたスケーリング耐久性指数(SDI)の結果を表-2に示す。塩化物、酢酸、硝酸を問わずマグネシウム塩は高いSDIを示す。これまでの結果、SDIが60以上の値を示せば、高いスケーリング抵抗性を有すると考えている。濃度別では、3%でのスケーリング劣化が顕著であり、1%が続き、6%となった。陽イオンからみると、 $K = Na > Ca \gg Mg$ の順でスケーリング劣化が著しく、陰イオンからみると $Cl > 酢酸$ の順である。

表-2 使用した凍結防止剤の種類と濃度及びSDI

凍結防止剤	記号	SDI		
		1%	3%	6%
純水	Water	99.9		
塩化ナトリウム	NaCl	11.6	16.9	11.0
塩化カリウム	KCl	17.3	23.8	34.8
塩化カルシウム	CaCl ₂	28.4	45.9	86.2
塩化マグネシウム	MgCl ₂	99.9	100	100
酢酸ナトリウム	Na-A	20.8	12.2	12.8
酢酸カリウム	K-A	17.9	9.2	16.8
酢酸カルシウム	Ca-A	18.0	17.4	27.8
酢酸マグネシウム	Mg-A	99.1	100	99.8
酢酸カルシウム・マグネシウム	CMA	99.7	98.9	99.8
硝酸マグネシウム	Mg(NO ₃) ₂	—	99.5	—

3.2 セメントの影響

図-2にサイクル数と質量残存率の関係を示す。ここでは純水、塩化カルシウム、酢酸カルシウムの実験結果を示した。普通ポルトランドセメント及びフライアッシュB種セメントで著しい質量残存率の低下が見られ、スケーリング抵抗性は低い。一方、高炉B種セメントでは質量残存率の低下がほとんど見られなかった。ここでの実験結果からは、高炉B種セメントは他のセメントに比べ、スケーリング抵抗性は高いと考えられる。

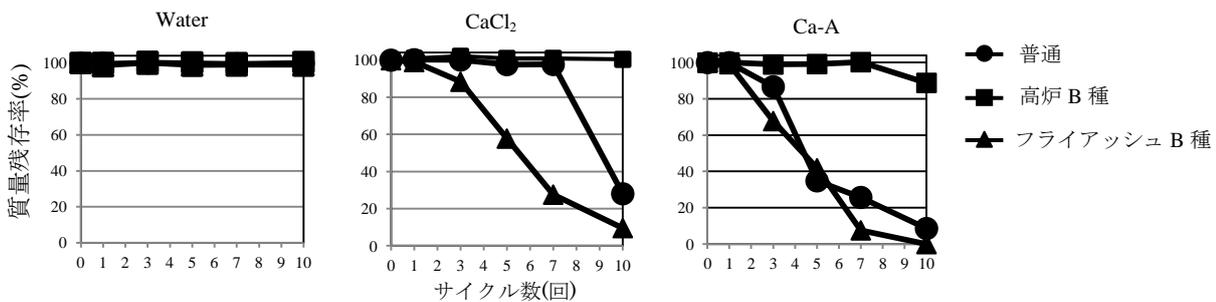


図-2 サイクル数と質量残存率の関係

4 まとめ

小片試験方法にてソルトスケーリング評価を行った結果、3%でのスケーリング劣化が顕著であり、1%が続き、6%となった。陽イオンからみると、 $K = Na > Ca \gg Mg$ の順で、スケーリング劣化が著しく、陰イオンから見ると $Cl > 酢酸$ の順である。陰イオンの種類を問わず、マグネシウム塩は高いスケーリング抵抗性を示した。高炉B種セメントは、普通ポルトランドセメント及びフライアッシュB種セメントに比べ高いスケーリング抵抗性を示した。

謝辞：本研究は(株)ネクスコ・エンジニアリング東北からの研究助成により実施したものである。

5 参考文献

- 1) 小山田哲也, 羽原俊祐, 高橋拓真, 高橋俊介：スケーリング劣化を考慮した新しい凍結融解試験法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.935-940, 2011