

細孔中の海水の凍結がスケーリングに及ぼす影響について

北見工業大学大学院

(株)シーアンドアールコンサルタント

北見工業大学工学部

北見工業大学工学部

学生会員

正会員

フェロー

正会員

○加藤 利菜

王 欣

鮎田 耕一

猪狩 平三郎

1.はじめに

寒冷地で海水の作用を受けるコンクリート構造物は、スケーリングを生じやすい。本研究では、海水と凍結融解の複合作用がスケーリングに及ぼす影響を解明することを目的として、特に細孔中の海水の凍結挙動について検討した。

2.実験内容

2.1 供試体

φ1×2cm のモルタル供試体を使用した。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は JIS R 5201 に規定された標準砂（密度 2.61g/cm³）を使用した。目標フローは 170±5mm とし、配合を表 1 に示した。供試体は型詰め後、恒温恒湿室（温度 20±2℃、相対湿度 90±5℃）に 24 時間静置した後脱型し、材齢 28 日まで約 20℃の海水／淡水に浸した。

表 1 配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		
	セメント	水	細骨材
50	508	254	1527

2.2 実験項目

(1) 凍結融解試験

材齢 28 日まで海水／淡水に浸漬した供試体を用いて海水／淡水中で凍結融解試験を行った。凍結融解試験の温度制御プログラムは凍結融解試験槽の最高温度+10℃、最低温度-20℃で 1 サイクル 4 時間とした場合と凍結融解試験槽の最高温度+10℃、最低温度-30℃で 1 サイクル 5 時間 3 分とした場合の 2 種類で行った。また、それぞれの凍結融解試験を 6 サイクル行った。

(2) 細孔構造

材齢 28 日まで海水／淡水に浸した供試体及び凍結融解試験後の供試体をアセトン中で水和を中止させ、質量が定量になるまで 8 日間継続して D-dry を行い乾燥させた。その後、供試体を 2.5mm～5.0mm の大きさに粉碎し、水銀圧入式ポロシメーターによって細孔半径 3.75nm～5.62×10⁴nm の範囲の細孔構造を測定した。

(3) 質量

海水／淡水から取り出した材齢 28 日の供試体の表乾質量 (W_1) を測定した後、8 日間継続して D-dry を行い D-dry 後の乾燥質量 (W_2) を求めた。式 (1) から水中養生後の供試体の総細孔容積 (V_w) 当たりの含水率（以下細孔水率）(S_w) を求めた。また、材齢 28 日から凍結融解試験を行い、凍結融解試験前の表乾質量 (W_0)、凍結融解試験後の表乾質量 (W_3)、8 日間継続の D-dry 後の乾燥質量 (W_4) を測定し、式 (2) から凍結融解試験後の総細孔容積 (V_F) 当たりの含水率（以下凍結融解試験後の細孔水率）(S_F) を求めた。さらに、凍結融解作用によって発生したスケーリング片を気乾状態で一日乾燥させた後、質量 (W_5) を計量し、式 (3) から凍結融解試験前の表乾質量当たりのスケーリング片の質量（以下スケーリング率）(S) を求めた。

$$S_w = \frac{\frac{W_1 - W_2}{W_2}}{V_w \cdot \rho} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

$$S_F = \frac{\frac{W_3 - W_4}{W_4}}{V_F \cdot \rho} \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

$$S = \frac{W_5}{W_0} \times 100 \quad (\%) \quad (3)$$

ここに ρ : 水の密度 ($1.0 \times 10^{-3} \text{g/mm}^3$)

キーワード：海水，凍結融解，細孔水率，スケーリング，凍結水量

連絡先：〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 TEL 0157-26-9513 FAX 0157-23-9408

(4) 凍結水量

材齢 28 日まで海水／淡水に浸した供試体を用いて示差走査熱量測定により凍結水量を測定した。示差走査熱量測定の温度制御プログラムは凍結融解試験と同様にし、示差走査熱量曲線によって得られる吸熱量を凍結水量とした。

3. 実験結果及び考察

図 1 に材齢 28 日と最低温度を -20°C と -30°C に設定した場合の凍結融解試験 6 サイクル後の海水／淡水浸漬供試体の細孔水率を示した。海水浸漬供試体では、凍結融解試験の最低温度が低いほど細孔水率が増加しており、細孔中が水で満たされた状態になっていると考えられる。

図 2 に最低温度を -20°C と -30°C とした場合の凍結水量を示した。海水／淡水浸漬いずれの場合も最低温度が低いほど凍結水量が増加しており、特に海水浸漬の場合には淡水浸漬の場合に比べ凍結水量が増加している。これは最低温度が低いほど顕著である。

図 3 に凍結融解試験の最低温度が -20°C と -30°C の場合のスケーリング率を示した。海水浸漬の場合に、最低温度が低いほどスケーリング率は大幅に増加している。

淡水が凍結する際には -20°C でおよそ 200MPa の圧力が発生し、さらに温度が低くなるほど圧力は増加する¹⁾。海水の作用を受け凍結水量が増加し細孔水率が高くなる状態では、広範囲に圧力がかかりスケーリングが発生しやすくなると思われる。

4. 結論

海水中における凍結融解の繰返し作用がコンクリートのスケーリング発生に及ぼす影響を明らかにするために、細孔水率、凍結水量とスケーリング率を求めた結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 海水の作用を受けると淡水の場合より細孔水率が増加し、この傾向は温度が低いほど強くなる。このことから、海水はコンクリート中の細孔に浸入しやすいといえる。
- (2) 海水の作用を受けると淡水の場合より凍結水量が多くなりスケーリングが多く発生する。この傾向は温度が低くなるほど強くなる。

5. 参考文献

- 1) P.W.Bridgman, Water in the liquid and five solid forms under pressure, Proc.Amer. Acad. Arts Sci.,47,466 (1912)

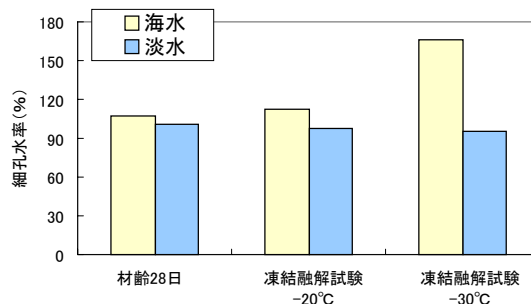


図 1 海水／淡水浸漬供試体の細孔水率の変化

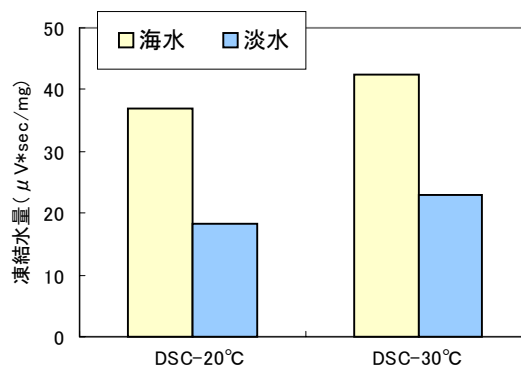


図 2 海水／淡水浸漬供試体の最低温度による凍結水量の変化

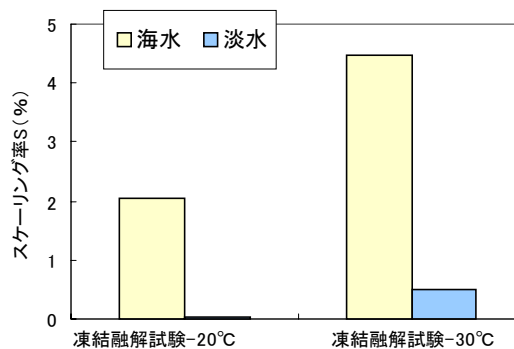


図 3 海水／淡水浸漬供試体の最低温度によるスケーリング率の変化