

冷却速度がセメントペーストへの海水の浸入挙動とスケーリングに及ぼす影響

北見工業大学大学院

学生会員 ○加藤利菜

北見工業大学

フェロー 鮎田耕一

北見工業大学

正会員 猪狩平三郎

1. はじめに

寒冷地の海洋コンクリート構造物はスケーリングが発生しやすいことで知られている。その対策を確立するために塩化物や浸透圧の及ぼす影響などが明らかにされてきたが未解明な点も少なくない。特に、スケーリングの発生とセメントペースト中の海水の挙動との関係については十分に明らかにされていない。そこで、本研究では海水中における凍結融解試験を行い、冷却速度がセメントペースト中の海水の浸入挙動とスケーリングに及ぼす影響について検討した。

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℃の海水あるいは淡水に浸した。

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 日まで海水あるいは淡水に浸漬した供試体を用いて海水あるいは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 -30℃に設定し、冷却速度を 0.25℃/min、0.50℃/min の 2 種類と

し、それぞれの凍結融解試験を 12 サイクルまで行った。

(2) 細孔構造

凍結融解試験後の供試体の質量が定量になるまで常温真空乾燥を行った。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

凍結融解試験後の表乾質量 (W₁)、常温真空乾燥後の質量 (W₂) を測定し、式 (1) 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、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 (W₃) を計量し、式 (2) から供試体の凍結融解試験前の表乾質量 (W₀) 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。

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

$$S = \frac{W_3}{W_0} \times 100 (\%) \quad (2)$$

ここで ρ : 水の密度 (1.0×10⁻³g/mm³)

(4) 示差走査熱量分析

凍結融解試験後の海水あるいは淡水に浸した供試体を用いて示差走査熱量分析により凍結水量を測定した。示差走査熱量分析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 に冷却速度が異なる場合の海水あるいは淡水

キーワード：海水、凍結融解、冷却速度、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

浸漬供試体の凍結融解サイクルに伴うスケーリング率の変化を示した。海水浸漬供試体のスケーリング率が凍結融解サイクルに伴い増加した。特に、この傾向は冷却速度が0.25°C/minの凍結融解作用を受けた場合に顕著となった。なお、海水浸漬供試体は12サイクルで破壊した。

図2に冷却速度が異なる場合の海水あるいは淡水浸漬供試体の凍結融解サイクルに伴う細孔水率の変化を示した。冷却速度が0.25°C/minの凍結融解作用を受けた海水浸漬供試体の細孔水率が凍結融解サイクルに伴い増加した。このことから、冷却速度が0.25°C/minの凍結融解作用を受ける海水浸漬供試体では冷却速度が0.5°C/minの場合に比べてセメントペーストへ海水が浸入しやすい状態にあるといえる。

図3に冷却速度が異なる場合の海水あるいは淡水浸漬供試体の凍結融解サイクルに伴う凍結水量の変化を示した。淡水浸漬供試体に比べ海水浸漬供試体の凍結水量が大きい。特に、冷却速度が0.25°C/minの凍結融解作用を受けた海水浸漬供試体の凍結水量が最も多くなっている。

図4に冷却速度が0.25°C/minの場合の海水浸漬供試体の細孔水率とスケーリング率の関係を示した。細孔水率の増加に伴いスケーリング率が増加しておりセメントペースト中の水分が増加するとスケーリングが発生しやすいことを示している。前述した凍結水量の影響も併せて検討すると、セメントペーストへ浸入し、凍結する水分の量が多くなるとスケーリングの発生に大きな影響を及ぼすと考えられる。

4. 結論

冷却速度が異なる海水あるいは淡水中で凍結融解試験を行い冷却速度が細孔水率、凍結水量、スケーリング率に及ぼす影響を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 冷却速度が0.50°C/minの場合に比べ冷却速度が0.25°C/minの凍結融解作用を受けた海水浸漬供試体のスケーリングが増加した。
- 2) 冷却速度が0.50°C/minの場合に比べ冷却速度が0.25°C/minの場合ではセメントペースト中に水分が浸入しやすく、凍結する水分の量も多い。
- 3) 以上のことから冷却速度が遅いほうがセメントペーストに浸入し、さらに凍結する水分の量が多くなり、スケーリングが発生しやすい状態となる。

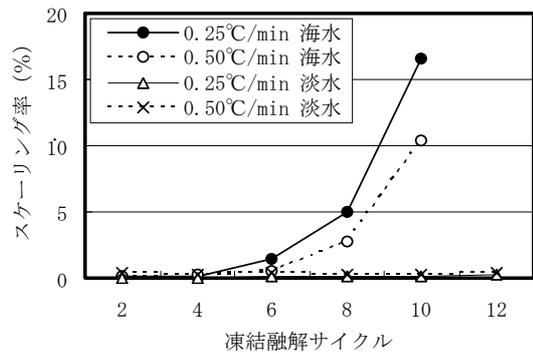


図1 冷却速度が異なる場合の海水あるいは淡水浸漬供試体のスケーリング率の変化

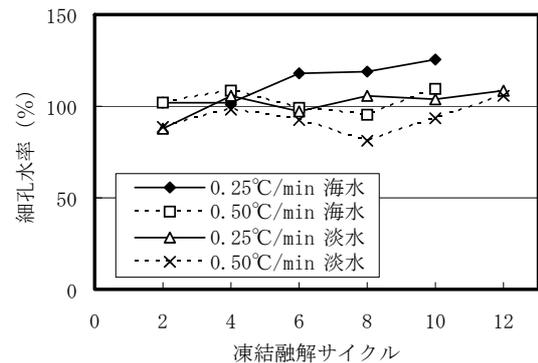


図2 冷却速度が異なる場合の海水あるいは淡水浸漬供試体の細孔水率の変化

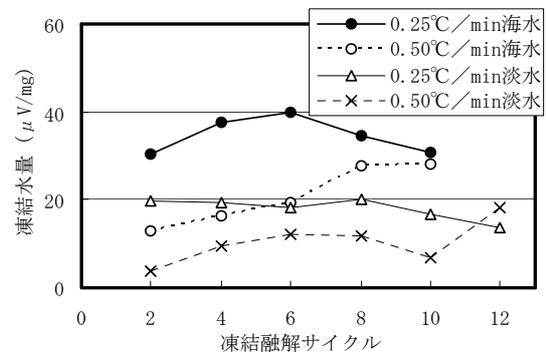


図3 冷却速度が異なる場合の海水あるいは淡水浸漬供試体の凍結水量の変化

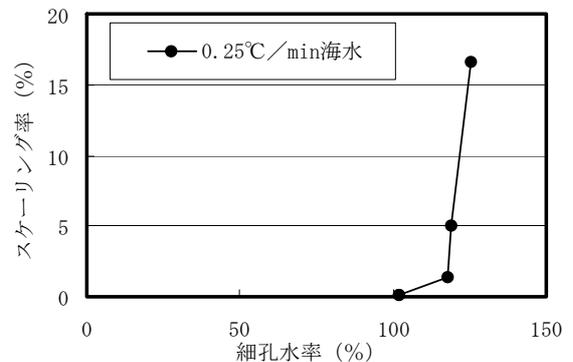


図4 冷却速度が0.25°C/minの場合の海水浸漬供試体の細孔水率とスケーリング率の関係