

海水の作用を受けるコンクリートの凍結速度が スケーリングに及ぼす影響について

Effect of Freeze Rate of Concrete Subjected to Sea Water on Scaling

北見工業大学大学院 ○学生会員 加藤 利菜 (Rina Katoh)
北見工業大学 フェロー 鮎田 耕一 (Koichi Ayuta)
北見工業大学 正会員 猪狩 平三郎 (Heizaburoh Igari)

1.はじめに

寒冷地の海洋コンクリート構造物にはスケーリングが生じやすい。これは、冬季の凍結融解の繰返し作用を受けるほか海水の浸食作用を受けるためである。この対策を確立するためのメカニズムに関して、多くの研究がなされてきているがまだ十分には解明されていない。そこで、本研究では凍結速度の違いによる細孔中の海水／淡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 のモルタル円柱供試体を使用した。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 2.61 g/cm³）を使用した。目標フローは 170±10mm 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 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。温度制御プログラムを図 1 と図 2 に示した。凍結融解試験槽の最高温度を +10℃、最低温度を -30℃、凍結速度を 0.25℃/min と 0.5℃/min の 2 種類とし、12 サイクルまで行った。

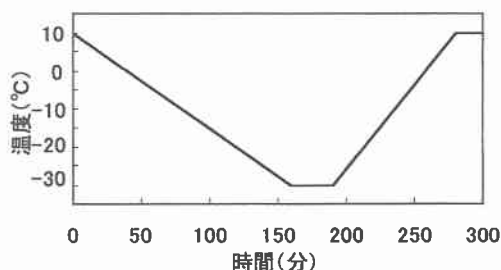


図 1 凍結速度 0.25℃/min の場合の温度制御プログラム

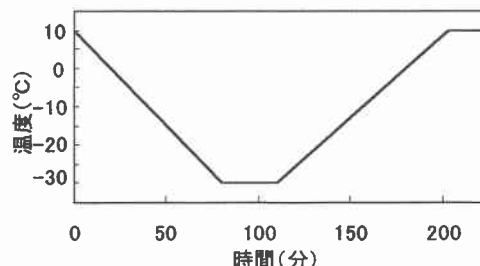


図 2 凍結融解 0.5℃/min の場合の温度制御プログラム

(2) 細孔構造

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常温で真空乾燥させた。その後供試体を 2.5mm から 5.0mm の大きさに粉砕し、水銀圧入式ポロシメーターによって細孔構造を測定し、細孔半径 3.75nm から 5.62×10⁴nm の範囲の総細孔容積を求めた。

(3) 質量

海水／淡水中から取り出した材齢 28 日の供試体を用いて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_1)、常温で真空乾燥させた後の乾燥質量 (W_2) を測定し、式 (1) 凍結融解試験後の供試体の総細孔容積 (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間乾燥させた後質量 (W_3) を計量し、式 (2) からスケーリング率(S)を求めた。

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

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

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

3.実験結果及び考察

図 3 に凍結速度が 0.25℃/min と 0.5℃/min の場合の海水／淡水浸漬供試体の凍結融解回数とスケーリング率の関係を示した。海水浸漬供試体のスケーリング率は

淡水浸漬の場合より大きく、凍結融解サイクルとともに増加しており、その傾向は凍結速度が遅いほうが顕著である。一方、淡水浸漬供試体のスケーリングは凍結速度や凍結融解サイクルに関わらずほとんど生じていない。

図4に凍結速度が0.25℃/minと0.5℃/minの場合の海水浸漬供試体の凍結融解回数と総細孔容積の関係を示した。凍結速度に関わらず総細孔容積はほとんど変化していない。

図5に凍結速度が0.25℃/minと0.5℃/minの場合の海水浸漬供試体の凍結融解回数と細孔水率の関係を示した。細孔水率は凍結速度が0.5℃/minの場合にはほとんど変化はみられなかったものの、0.25℃/minの場合には凍結融解サイクルとともに増加しており、図4に示した総細孔容積の結果とは異なっている。これは微細ひび割れの影響と考えている。すなわち、微細ひび割れは総細孔容積に含まれないため、凍結速度が0.25℃/minの場合の海水浸漬供試体では凍結融解サイクルの増加とともに微細ひび割れが発生し、そこへ海水が浸入したため細孔水率が増加したと考えられる。

図6に凍結速度が0.25℃/minと0.5℃/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。両者には相関関係が認められ、凍結速度が0.25℃/minの場合は0.5℃/minの場合に比べ、細孔水率の増加に伴いスケーリング率が大幅に増加した。

一般に、凍結速度が速いほど水圧が大きくなりスケーリングが生じやすいとされているが、以上示したように本実験の範囲ではそうはなっていない。これは最低温度が同じ場合では凍結行程の速度が遅いほど海水が完全に凍結するまでにかかる時間が長くなり、その間凍結融解の繰返し作用によって発生した微細ひび割れに海水が浸入し、飽水度が高くなりスケーリングが発生しやすい状態になるためと考えられる。

4. 結論

海水中で凍結融解の繰返し作用を受けるコンクリートの凍結速度が細孔中の凍結挙動に及ぼす影響を解明することを目的として細孔水率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に比べスケーリング率が増加し、この傾向は凍結速度が遅くなるほど顕著になる。
- 2) 海水の作用を受けると凍結速度が遅いほど細孔水率が増加した。このことから、海水が凍結する際にかかる時間が長いほど凍結融解の繰返し作用によって発生した微細ひび割れに海水が浸入しスケーリングが発生しやすい状態になると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 鎌田英治：コンクリートの凍害と細孔構造、コンクリート工学年次論文報告集、10-1、pp.51-60（1988）

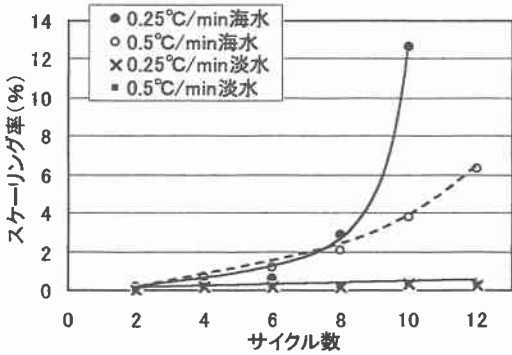


図 3 海水／淡水浸漬供試体の凍結融解回数とスケーリング率の関係

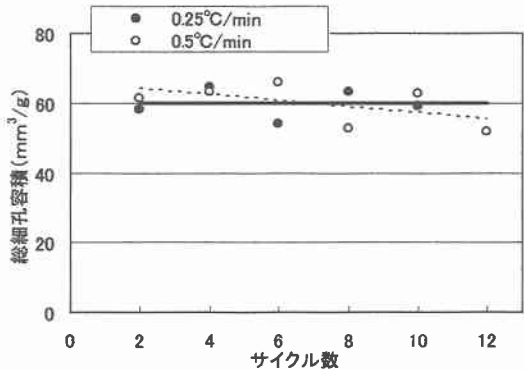


図 4 海水浸漬供試体の凍結融解回数と総細孔容積の関係

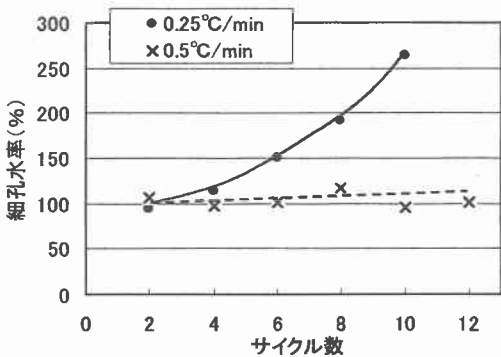


図 5 海水浸漬供試体の凍結融解回数と細孔水率の関係

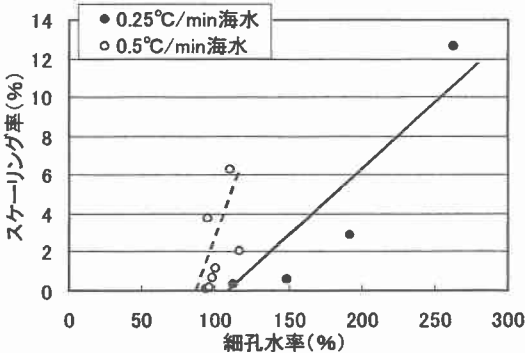


図 6 海水浸漬供試体の細孔水率とスケーリング率の関係