

海水中におけるモルタルの飽水度と凍害劣化の関係

北見工業大学大学院 学生会員 王 欣
北見工業大学工学部 フェロー 鮎田 耕一

1. はじめに

寒冷地の海洋コンクリート構造物ではスケーリングの発生が激しいことが知られている。本研究では、海水中における凍結融解の繰返し作用がスケーリングの発生に与える影響を明らかにすることを目的として、耐凍害性を支配する基本的な要因である飽水度と凍害劣化の関係について検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体は W/C=50% (W=508kg/m³) の 1×2cm の円柱モルタルを用いた。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は標準砂を使用し、フロー目標値は 170 ± 5cm とした。供試体は型詰め後約 24 時間、室温約 20℃、湿度約 90% の室内で養生し、型枠を取り外した後、材齢 28 日まで約 20 日の海水あるいは淡水に浸してから、それぞれの浸漬水中における凍結融解試験を行い、質量と総細孔容積を測定した。

2.2 実験項目

(1) 凍結融解試験

精密低温恒温水槽 (215×135×145mm) を用い、プログラム制御により供試体の最高温度を +10℃、最低温度を -20℃ とし、1 日 6 サイクル与えた。供試体は 1 条件につき 3 個とした。

(2) 細孔構造

凍結融解試験前後の供試体を 2.5~5mm の大きさに粉碎し、アセトン中で洗浄後 D-Dry (以後 D-乾燥) により水和を停止させ、水銀圧入式ポロシメータにより半径 3.8~5.6×10⁴nm 範囲の細孔の総細孔容積を測定した。

(3) 質量

材齢 28 日まで海水または淡水に浸漬した供試体を使用し、それぞれの浸漬水中で凍結融解試験を行い、2 サイクルごとに供試体の表乾質量 (W_{n1}) と D-乾燥後の供試体の質量 (W_{n2})、及びスケーリング片の乾

燥後の質量 (W_{n3}) を計量した。式 (2) から含水率 (Q_n)、式 (3) から飽水度 (S_n)、及び式 (4) からスケーリング発生率 (H_n) を求めた。

$$W_n = W_{n1} + W_{n3} \quad [1]$$

ここに、W_n : 凍結融解 n サイクル後のスケーリング片を含めた供試体の質量 (g)

W_{n1} : 凍結融解 n サイクル後の供試体の表乾質量 (g)

W_{n3} : 凍結融解 n サイクル後のスケーリング片の乾燥質量 (g)

$$Q_n = \frac{W_{n1} - W_{n2}}{W_{n2}} \times 100 \quad [2]$$

ここに、Q_n : 含水率 (%)

W_{n2} : 凍結融解 n サイクル後の供試体の D-乾燥質量 (g)

$$S_n = \frac{V_{nw}}{V_{nt}} \times 100 \quad [3]$$

ここに、S_n : 飽水度 (%)

V_{nt} : 供試体の総細孔容積 (mm³) = V × W_{n1}

V_{nw} : 細孔中の水分の容積 (mm³)

$$= (W_{n1} - W_{n2}) / \rho$$

ρ : 水の密度 (1.0 × 10⁻³ g/mm³)

V : 凍結融解 n サイクル後の 1 g あたり供試体の総細孔容積 (mm³/g)

$$H_n = \frac{W_{n3}}{W_{n0}} \times 100 \quad [4]$$

ここに、H_n : スケーリング発生率 (%)

W_{n0} : 材齢 28 日の供試体の表乾質量 (g)

キーワード：海水，凍結融解，飽水度，耐凍害性，含水率

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

3. 実験結果及び考察

図-1 に凍結融解サイクルに伴う含水率，図-2 に飽水度の変化を示す。この結果から次のことがいえる。

(1) 凍結融解サイクルの増加に伴う含水率は，淡水浸漬供試体がほぼ一定なのに対し海水浸漬供試体では大きく増加している。凍結融解過程で凍結可能水量は含水率と同じ傾向で増加し劣化を進行させると思われる。

(2) 凍結融解サイクルの増加に伴う飽水度は，淡水浸漬供試体と比べ海水浸漬供試体の増加が大きい。供試体が 12 サイクルまでの凍結融解の繰返しを受けるのに要するのは 2 日間なので，飽水度の増加の原因は凍結融解作用によるものと考えられる。したがって，海水中では凍結融解サイクルの増加に伴い，大きな残留ひずみ¹⁾と微細ひび割れの発生により海水が多く浸入し，飽水度が増加したと考えられる。

これに対して淡水浸漬供試体の飽水度は凍結融解サイクルが増加してもほとんど変化していない。これは，比較的健全な組織であることと，淡水は海水より内部に侵入しにくいためであろう。

(3) 海水浸漬供試体では，凍結融解を2サイクル受けたときの飽水度が 0 サイクルのときより低下している。これは，凍結融解作用を受け多孔化したものの短時間のため海水が十分に内部まで浸入しなかったものと考えられる。凍結融解サイクルが増加するに伴い飽水度が急激に増加し，破壊に至っている。

(4) 海水浸漬供試体の飽水度が凍結融解4 サイクルから 100%を超えているのは，測定された細孔のほか微細ひび割れにも海水が浸入したためと考えられる。このことから微細ひび割れの発生はスケーリング発生大きな原因になっていると考えられる。

図-3 に飽水度とスケーリング発生率の関係を示す。飽水度が 100%以上になると，すなわち，微細ひび割れが発生するとともにスケーリング発生率が急増し，供試体が破壊に至っている。凍結融解作用による微細ひび割れの発生によってスケーリングが始まると考えられる。

4. 結論

海洋環境下で凍結融解の繰返し作用がコンクリートのスケーリングに与える影響を明らかにするために，微小モルタル供試体を用いて含水状態の変化を検討した。

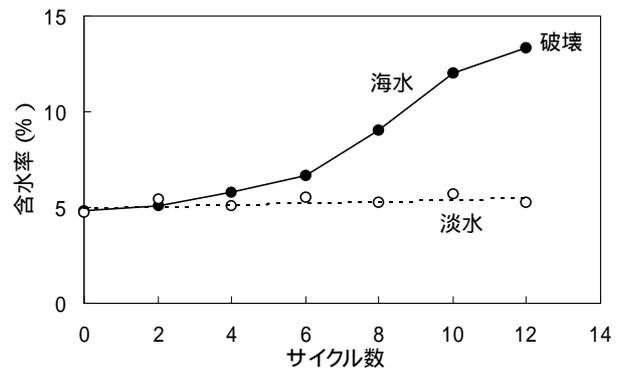


図-1 凍結融解サイクルに伴う含水率の変化

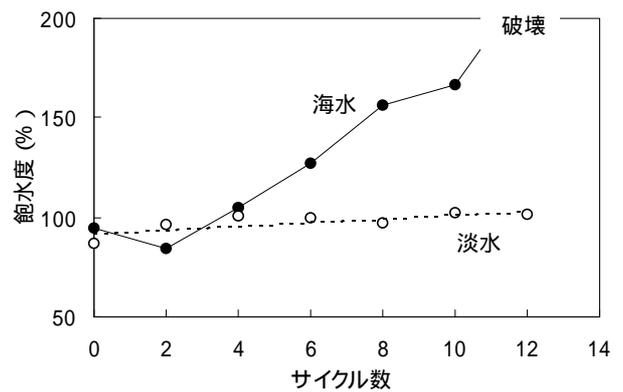


図-2 凍結融解サイクルに伴う飽水度の変化

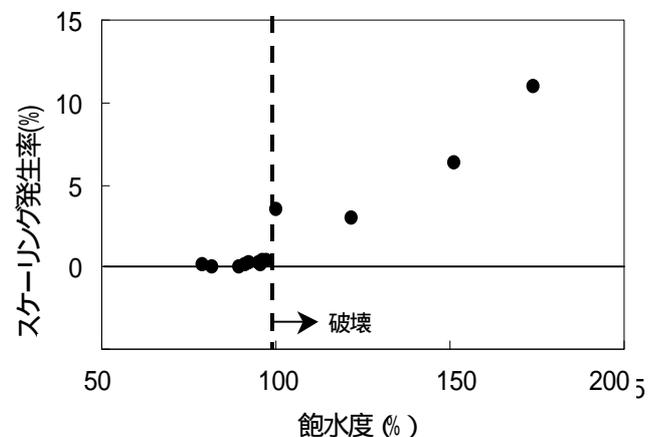


図-3 飽水度とスケーリング発生率の関係

その結果，海水と凍結融解の複合作用を受けるモルタルは，海水が多く浸入するとともに含水率と飽水度が急増しスケーリングを発生させることが明らかになった。

[参考文献]

1. 王欣，鮎田耕一，太田利隆：海水の作用を受けるコンクリートの凍結水量と凍結変形挙動，セメント・コンクリート論文集 No.54, pp.404-409, 2000