

## 塩水中でのモルタルの凍結融解作用による劣化に与える凍結速度および凍結時間の影響

岡山大学	学生会員	○岡崎	佳菜子
アイサワ工業(株)		森脇	拓也
岡山大学	正会員	藤井	隆史
岡山大学	フェロー	綾野	克紀

### 1. はじめに

積雪寒冷地のコンクリート構造物には、凍結融解作用による劣化が生じる。わが国では塩化物系の凍結防止剤が多く使用されており、それらはコンクリートの凍害による劣化を著しく促進させているが、そのメカニズムについては未だ完全には解明されていない。本研究では、凍結速度および凍結時間に着目してモルタル小片の凍結融解試験を行い、塩分がモルタルの凍結融解作用による劣化を促進する現象について考察を行った。

### 2. 実験概要

実験で用いたモルタルの配合は、JIS A 1146 に示される配合を参考に、水：セメント：細骨材を質量比で 1：2：4.5 の割合で用いた。セメントには、普通ポルトランドセメント(密度：3.15g/cm<sup>3</sup>、ブレン値：3,350cm<sup>2</sup>/g)を、細骨材には、硬質砂岩砕砂(表乾密度：2.69g/cm<sup>3</sup>、吸水率：1.53%、粗粒率：3.08)を用いた。凍結融解試験は、JSCE-C507 に示されるモルタル小片試験体を用いた方法に従って行った。凍結工程は、プログラム恒温槽、-18℃の冷凍庫および液体窒素のいずれかを用いて行った。プログラム恒温槽は、3 時間で 20℃から-18℃まで冷却し、-18℃で 13 時間保持した後、3 時間で 20℃まで昇温する温度設定とした。液体窒素を用いる場合は、試験体を入れたポリエチレン製容器を 350 秒間液体窒素に浸漬させて凍結させた。

### 3. 実験結果および考察

図 1 は、プログラム恒温槽を用いた凍結融解試験において、凍結水の塩水濃度がモルタルの凍結融解抵抗性に与える影響を調べた結果である。凍結水の塩水濃度が高いほど、モルタルの凍結融解抵抗性は低いことが分かる。図 2 に、冷却時における凍結水の温度変化を測定した結果の一例を示す。塩水濃度が高いほど、凍結水の温度が槽内温度と同じになるまでに時間を要しており、凝固にかかる時間が長くなっている。凍結速度が速いほど生じる氷の結晶は小さくなると言われていることから、塩水中でモルタルの劣化が促進されるのは、塩水の凝固にかかる時間が長いことが一因であると考え、凍結速度がモルタルの凍結融解抵抗性に及ぼす影響を調べることにした。図 3 は、凍結水を 3%塩水とし、液体窒素を用いて急速に凍結させた場合と、-18℃の冷凍庫で凍結させた場合の凍結融解試験の結果を比較したものである。冷凍庫で凍結させた場合には、9 サイクルで小片が崩壊したのに対し、液体窒素を用いて凍結させた場合には、20 サイクル時点でも 60%以上の小片が残存していた。図 4 は、液体窒素を用いて急速に凍結させた場合のモルタルの凍結融解抵抗性に塩水濃度が与える影響を調べた結果である。図 1 に示すプログラム恒温槽を用いて凍結融解させた場合に比べて、塩水濃度の影響が少なくなっている。急速に凍結させた場合には、高濃度の塩水を用いても、モルタルの劣化は少ないといえる。図 5 は、凍結水を 3%塩水とし、液体窒素を用いて急速に凍結させた後に、直ちに融解させた場合と、8 時間または 16 時間、-18℃の冷凍庫に静置した後に融解させた場合のモルタル小片の劣化を比較したものである。凍結させた後に直ちに融解させた場合に比べて、凍結後に冷凍庫で静置してから融解させた場合の方が、劣化が早く進んでいる。また、長く静置した方が、劣化が早くなる傾向にある。図 6 は、モルタルを凍結水中で、-18℃の冷凍庫に所定の時間静置した後に融解させたときの、冷凍庫に静置した時間と質量残存率の関係を示したものである。凍結水が真水の場合は、凍結状態を長時間保持してもモルタルの劣化はほとんど生じなかったのに対し、塩水の場合は、凍結状態を保持しただけでモルタルが崩壊していることが分かる。凍結状態を長時間保持すると、比較的多数の小さな氷結晶が消失し、少数の大きな氷結晶

キーワード 凍結融解抵抗性、塩水濃度、凍結速度、凍結時間、小片凍結融解試験

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境生命科学研究科 綾野・藤井研究室 TEL086-251-8920

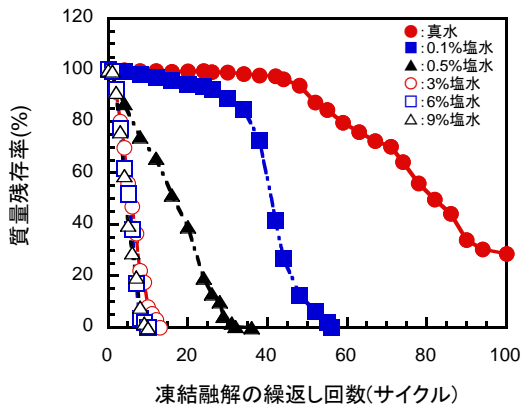


図1 塩水の濃度が凍結融解抵抗性に及ぼす影響

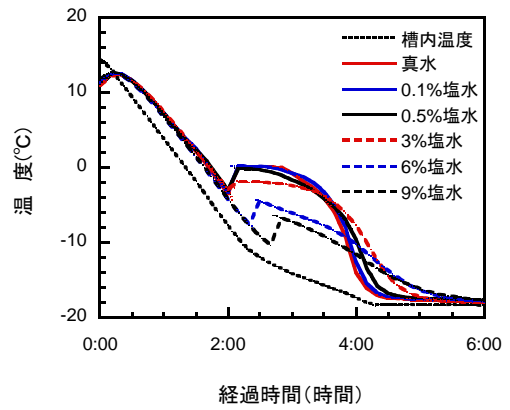


図2 冷却時における凍結水の温度変化

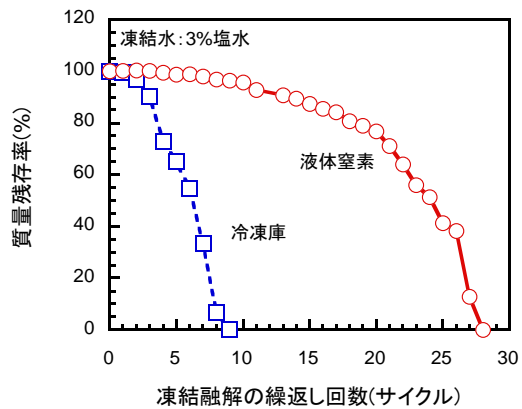


図3 凍結速度による劣化の比較（3%塩水の場合）

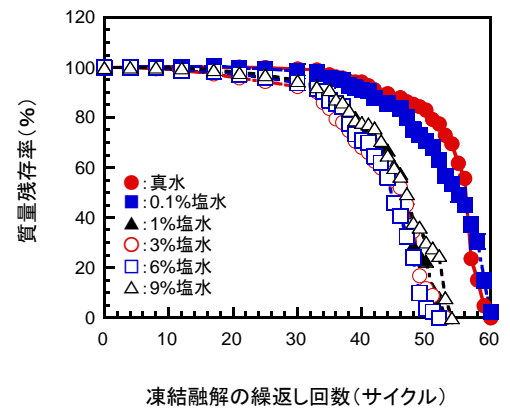


図4 急速凍結における塩水濃度の影響

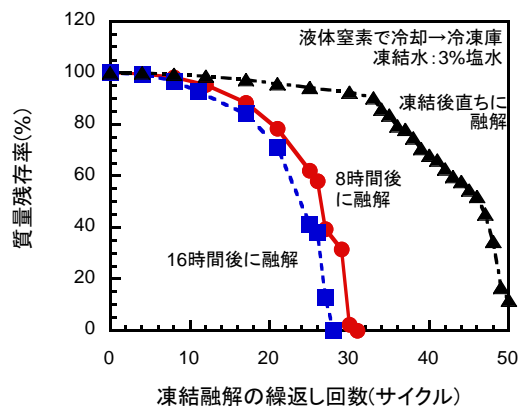


図5 凍結状態を保持した時間がモルタルの凍結融解抵抗性に及ぼす影響（3%塩水の場合）

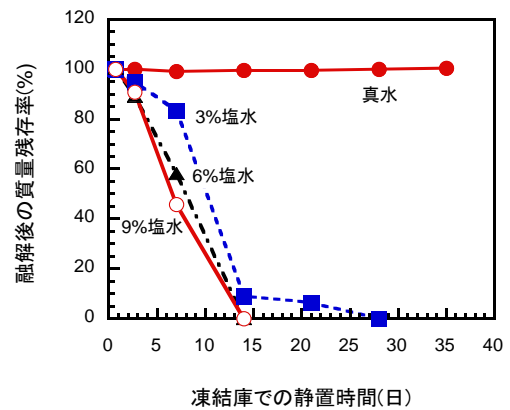


図6 冷凍庫での静置時間と融解後のモルタル小片の質量残存率の関係

へと成長する再結晶化が生じる。その成長速度については、塩を添加すると速くなることが報告されている<sup>2)</sup>。塩水中で凍結状態を保持した場合にモルタルの劣化が促進されるのは、塩水を凍結させたときの氷結晶の再結晶化の速度が、真水を凍結させたときよりも速いためであると考えられる。

4. まとめ

- (1) 液体窒素を用いて急速に凍結させると、高濃度の塩水を用いても、モルタルの劣化は緩やかになる。
- (2) 塩水中では、凍結状態の保持時間が長いほど、モルタルの劣化が著しくなる。

参考文献

1) 鈴木徹：最近の食品冷凍技術について，冷凍食品技術研究，No.76，pp.1-15，2007.9  
 2) 萩原明知：冷凍食品中の氷結晶の再結晶化挙動におよぼす添加塩の影響，公益社団法人ソルト・サイエンス財団法人平成18年度助成研究報告集2，pp.199-203，2008.3