

凍結融解作用によるモルタルの劣化メカニズムの検討

岡山大学大学院	学生会員	○岡崎 佳菜子
岡山大学大学院	正会員	藤井 隆史
岡山大学大学院	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。そのメカニズムについては、これまでに種々の説が提唱されているが、未だ完全には解明されていない。本研究では、融解時の外気温、凍結時間および塩水濃度を実験変数としてモルタル小片の凍結融解試験を行い、モルタルの凍害劣化のメカニズムおよび塩化物が劣化を促進するメカニズムについて検討を行った。

2. 実験概要

実験で用いたモルタルは、結合材には、普通ポルトランドセメント(密度:3.15g/cm³, ブレーン値:3,350cm²/g)を、細骨材には、硬質砂岩砕砂(表乾密度:2.69g/cm³, 吸水率:1.53%, 粗粒率:3.08)を用いた。モルタルは、打込み後18時間室内において型枠内で養生をしてから脱型を行った。脱型後は水中養生を91日間行った。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試験方法によって、融解時の外気温、1サイクルの凍結時間および塩水濃度を実験変数として行った。

3. 実験結果および考察

図1は、融解時の外気温を変えたときの、真水の温度変化を示している。図1より、融解時の外気温によって融解速度が変化していることが分かる。図2は、融解時の外気温と質量残存率が90%を下回ったときのサイクル数の関係を示している。同じ塩水濃度であれば、融解時の外気温が異なっても劣化に差はない。したがって、融解速度はモルタルの凍結融解作用による劣化の程度にほとんど影響を与えていないといえる。図3は、1サイクルの凍結時間と質量残存率が90%を下回ったときのサイクル数の関係を示している。この図より、凍結時間が長いほど劣化が激しいことが分かる。また、塩水濃度が高いと、凍結時間が4時間では劣化しにくい、16時間を超えると低濃度のときよりも劣化しやすいことが分かる。図4は、真水と塩水を-18℃で冷却した時の温度変化を示している。真水や0.5%塩水は4時間付近で急速に温度が下がっているのに対して、塩水濃度が高くなると温度の低下がなだらかになり、凝固にかかる時間は長くなっている。凍結時間が4時間のとき、薄い塩水は凝固が進んで体積が膨張しているが、濃い塩水は氷になっている割合が少なく、モルタルにかかる膨張圧が小さいために、モルタルが劣化しにくかったと考えられる。これに対して、凍結時間が16時間を超えると、いずれの濃度の塩水でも凝固が進んで劣化が生じており、特に、濃度が高いときに劣化が激しくなっている。急速に冷却すると小さい氷晶が生成し、緩慢に冷却すると大きい氷晶が生成すると言われている¹⁾。塩水濃度が高いときは、低濃度のときに比べて時間をかけて冷却されるため、生成する氷晶が大きくなり、モルタルにかかる膨張圧が大きくなると考えられる。図5は、凍結時間と、1サイクル後の質量残存率の関係を示している。真水中では35日間凍結させても全く劣化しない。一方、塩水中では、凍結時間が長いほど、また、塩水濃度が高いほど、1サイクルで激しい劣化が生じている。凍結状態が保持されると、氷晶は時間の経過に伴って再結晶化し、成長する¹⁾ことから、凍結状態を保持しても劣化が進行したと考えられる。表1は、真水、3%塩水を用いて14日間、0.5%塩水を用いて11日間、-18℃の冷凍庫で凍結させたモルタル小片の劣化の様子を示している。真水中ではモルタルは全く劣化しないが、0.5%でも塩が入ると劣化が生じている。塩は再結晶化を加速させる性質を持つと言われており²⁾、この性質がモルタルの劣化を促進させる原因になっていると考えられる。

キーワード 凍結融解, 融解速度, 凍結時間, 塩水濃度, 劣化メカニズム

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 TEL 086-251-8920

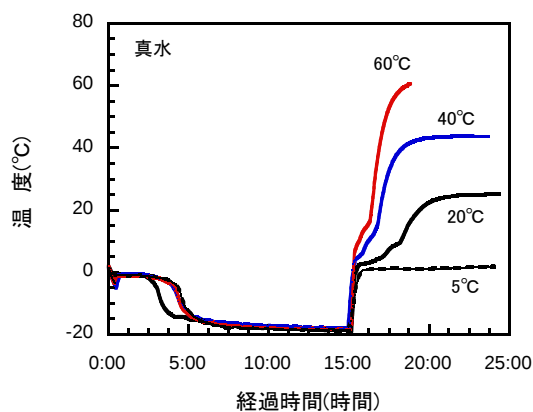


図1 融解時における真水の温度の変動

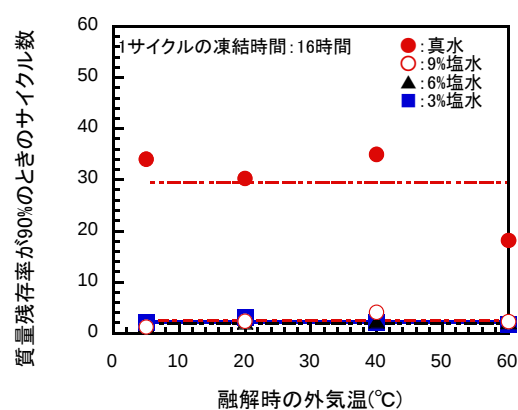


図2 融解時の外気温が質量残存率に与える影響

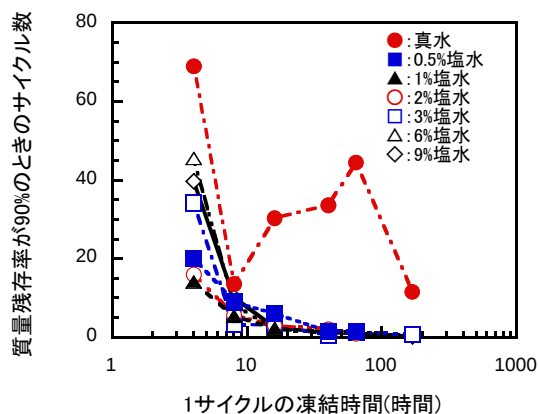


図3 凍結時間が質量残存率に与える影響

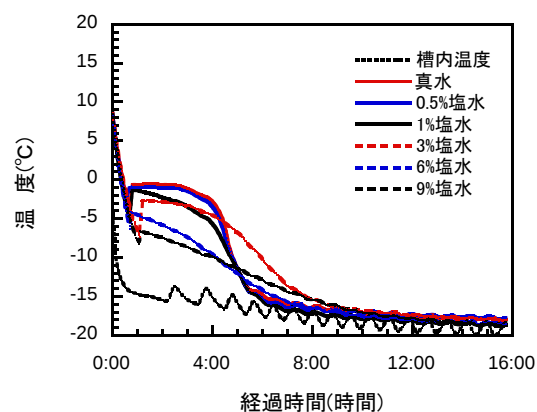


図4 冷却時の温度の変動

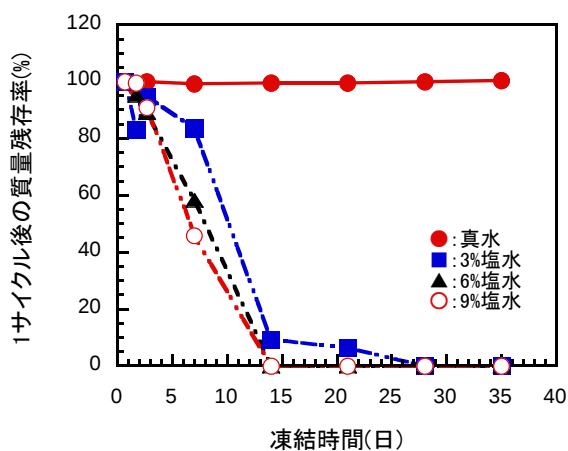


図5 1サイクル後の質量残存率

表1 モルタル小片の劣化の様子

塩水濃度	凍結後の劣化状況	
	4.75mm 以上	4.75mm 未満
0%		
0.5%		
3%		

4. まとめ

融解速度は、モルタル小片の凍結融解作用による劣化の程度にほとんど影響を与えないと考えられる。塩水濃度が高いと、凝固点降下によって凍りきるまでにかかる時間が長くなるため、凍結時間が短ければ膨張圧は小さく劣化しにくい。一方、濃い塩水中で、凍結時間を長くして冷却最低温度に到達するまで凍結させると、緩慢に温度が下がって氷晶が大きく成長するため、濃度が低いときよりも劣化の程度が大きくなる。また、塩水中では氷晶の再結晶化速度が大きくなるため、モルタルの劣化が激しくなると考えられる。

参考文献

- 1) 白樫了：生鮮食品の冷凍保存—食品中の氷の挙動—, pp.124-125, 日本機械学会誌, Vol.103, No.9/6, 2000.3.
- 2) 萩原知明：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, pp.199-204, 平成18年度助成研究報告集II, 2008.3.