

第V部門

不凍多糖の混入によるコンクリートの耐凍害性改善効果

関西大学大学院 学生員 ○李 井榮

関西大学環境都市工学部 正会員 鶴田浩章

関西大学化学生命工学部 河原秀久

1. はじめに

寒冷地域で供用されているコンクリート構造物は冬季の厳しい寒冷気象のため、古くから凍害による劣化被害が大きな問題となっている。凍害とは、コンクリート中の水分が凍結・融解を繰り返す際に生じる約9%の体積膨張によって、表層に近い組織から徐々に崩壊していく現象である¹⁾。従来の凍害対策としては、AE剤の他に表面含浸材を使用する方法や、表層部を緻密化する方法が挙げられるが、現在においても凍害による劣化被害は跡を絶たず、より根本的に解決する方法が求められている。

本研究では、冷凍食品分野において氷結晶の成長を抑制する物質として成果が報告されている不凍多糖に着目した。耐凍害性改善の検討および耐凍害性改善に必要な不凍多糖の添加量を明らかにすることを目的とした。

2. 試験概要

2.1 不凍多糖とは

不凍多糖とは、生物が5°C以下の低温環境下を生き抜くために細胞壁で精製する多糖のことである²⁾。不凍多糖が有する特性は、氷結晶成長抑制効果と氷再結晶抑制効果である³⁾(図-1参照)。今回使用した不凍多糖は、キシロマンナンを主成分としエノキタケから抽出したもので、既に量産化され⁴⁾冷凍食品分野に実用化されている。

2.2 使用材料及び配合

使用した材料を表-1に、配合を表-2に示す。空気泡の影響を極力少なくするため、いずれの配合においてもAE剤を用いないものとした。混入した不凍多糖の糖濃度は、コンクリートを作製する時に使用する練混ぜ水1mlに対して不凍多糖が何マイクログラム入っているかを示すものである。この濃度で、不凍多糖をコンクリート用混和剤として練混ぜ水に添

加して使用した。コンクリートの配合は表-2の内容として、スランプ10cm、空気量はいずれも2.0%を目標値とした。

2.3 フレッシュ性状および強度性状

コンクリートの性状については、スランプ、空気量、凝結性状、強度試験を行った。

2.4 凍結融解試験法(A法)

凍結融解試験は、表-2の配合を使用し、JIS A 1148 A法に基づいて実施した。供試体はNとII-PC6、II-PC59の3種類、各三本を製作した。ここで、II-PC6とは不凍多糖の混入により練混ぜ水の濃度が6 $\mu\text{g}/\text{ml}$ であることを示す。

評価方法に関しては、JIS A 1127に基づいた共鳴振動によるコンクリートの相対動弾性係数および質量減少率で行うものとした。300サイクル完了もしくは、

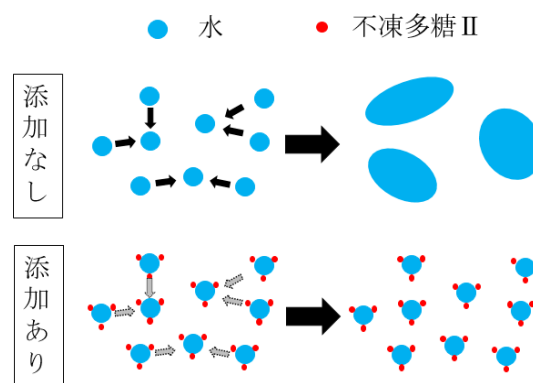


図-1 不凍多糖の効果発現メカニズムの模式図

表-1 使用材料

材料	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント、密度：3.15 g/cm ³
細骨材	S	川砂、淀川産、表乾密度：2.59 g/cm ³
粗骨材	G	碎石、高規産、表乾密度：2.68 g/cm ³
不凍多糖	II	原液濃度：2014 $\mu\text{g}/\text{ml}$

表-2 配合

G, max (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
			W	OPC	S	G
20	50	48.5	200	400	820	901

相対動弾性係数が60%未満で、試験終了とされているが、表面劣化の考察に伴い、本研究の質量減少率については、300サイクル完了まで測定することとした。

3. 結果および考察

3.1 フレッシュ性状および強度性状

コンクリートのフレッシュ性状については、II-PC59においては空気量が他の場合と比較して大きく増加し、スランプも大きくなり、NとII-PC6の凝結時間は、ほぼ同等であった。しかし、II-PC59では、終結時間に約1時間の遅れが確認された。

圧縮強度については、不凍多糖の混入により若干低下傾向となり、材齢28日～91日において、II-PC6ではNに対して89～94%、II-PC59では同じく94～87%となった。静弾性係数については、材齢28日で1割程度の低下がみられるが、材齢91日ではNより大きくなる傾向がみられた。

3.2 凍結融解試験結果

図-2および図-3に凍結融解試験の結果として、相対動弾性係数の変化と質量減少率を示す。図-2よりNが120サイクル、II-PC6が150サイクルの時点で60%未満になったのに対して、II-PC59は300サイクルで90.5%を維持した。

また、図-3に示す質量減少率の変化においてもII-PC59の優位性が確認できる。さらに、凍結融解試験前後の試験体の外観の変化について、II-PC59の外観に変化が少なく、凍害抵抗性が改善されていることが分かる。NとII-PC6の試験体の中には、試験途中でひび割れが発生し破壊したものもあった。

4. まとめ

(1) 不凍多糖を少量に混入した場合、コンクリートのスランプ、空気量、凝結時間及び強度性状については無添加とほぼ同じであるが、混入量が多くなると若干の影響が見られた。

(2) 凍結融解試験にて、不凍多糖の混入条件でコンクリート構造物の凍結融解抵抗性に対してある程度改

善できることが認められる。また、II-PC6のように、低濃度の添加では、無添加のNより抵抗性が高く、本試験における最大濃度59 μ g/mlで、優れた内部劣化抵抗性が認められた。

以上のことから、コンクリートの凍害による内部損傷対策として不凍多糖が適正な適用条件により効果を発揮する可能性が確認できた。

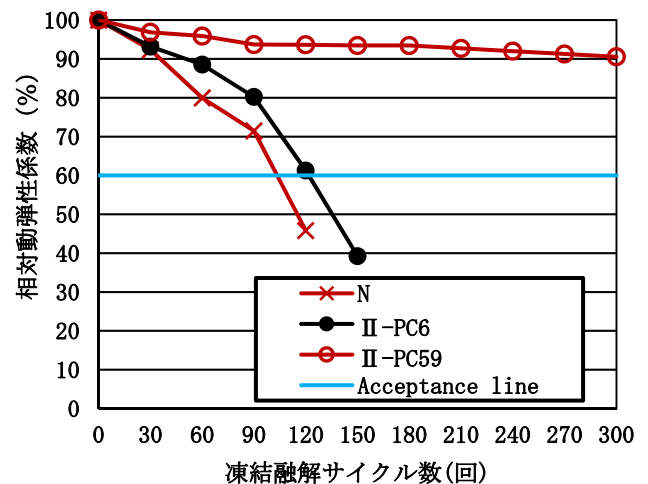


図-2 凍結融解試験結果

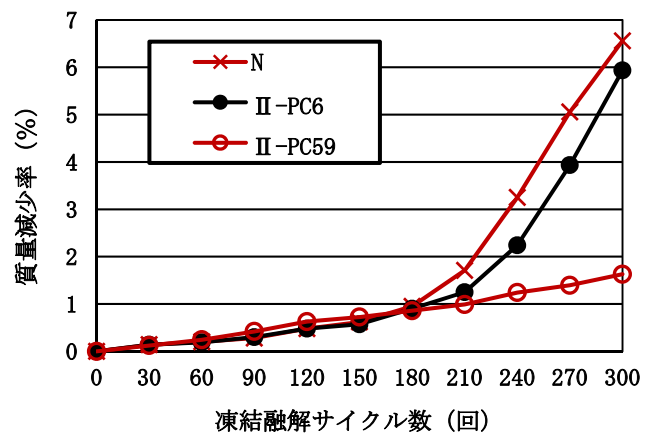


図-3 質量減少率の測定結果

参考文献

- 1) 庄谷征美ら：東北地方のコンクリート構造物の凍害について，コンクリート工学，Vol. 42，No. 12，pp. 3-8，2004.
- 2) 河原秀久ら：エノキタケ由来の不凍多糖の抽出とその諸性質，雪氷研究大会講演要旨集，Vol.2014，p.230，2014.
- 3) ニチレイの不凍タンパク質（ニチレイ ホームページ）.
- 4) 関西大学プレスリリース：エノキタケ由来不凍多糖の量産化に世界で初めて成功，No. 23，pp. 1-4，2014