

不凍材料の塗布によるコンクリートの凍害抑制効果の評価

関西大学環境都市工学部 正会員 ○鶴田 浩章
 関西大学大学院理工学研究科 学生員 謝 佳禾
 関西大学化学生命工学部 河原 秀久

1. はじめに

日本では国土の約 51%が豪雪地帯に指定されており、毎年の恒常的な降積雪によって、住民の生活水準の向上や産業の発展が阻害されてきた¹⁾。これらの地帯で供用されているコンクリート構造物においては凍害による劣化現象があり、特にスケーリングが多くなっている。それにより、想定よりも早期に構造物としての性能を果たすことができなくなるケースが顕在化している。従来の凍害対策としては、コンクリートの水セメント比を低減し、AE 剤により適切な量のエントレインドエアを連行するなどの方法が適用されている。しかし、コンクリートの水セメント比を低減することや AE 剤の使用による対策をしても十分な空気量の導入ができない場合が発生するなどの現象が存在しており、凍害による被害は跡を絶たず、劣化を防ぐためのより根本的な対策が必要となっている。さらに、既に供用されている既設構造物における対策についても十分ではない状況である。そこで本研究では氷再結晶化成長抑制効果を有する不凍材料に着目して、コンクリート構造物の表面に塗布する条件でコンクリート試験体を作り、凍結融解試験と内部ひび割れの可視化を行なって、コンクリートの耐凍害性改善ができるかどうかを明確にすることを目的として検討を行った。

2. 試験概要

2.1 不凍材料とは

不凍材料とは、不凍多糖と不凍ペプチドの総称である。不凍多糖とは寒冷地に棲息する生物種の体内に含まれる不凍タンパク質から分解されたキシロマンナン多糖のことである²⁾。不凍ペプチドとは、ゼラチンを低分子化したコラーゲンペプチドを主材料として、それに過冷却促進物質を少量加えた物であり、不凍多糖と同様の機能を有するものである。

2.2 材料および配合、供試体の作製

使用した材料を表-1 に、コンクリートの配合を表-2 に示す。不凍材料の濃度は、不凍材料溶液 1ml の中に不凍多糖・コラーゲンペプチドが何 μg 入っているかを示すものである。以下、不凍多糖ⅢをⅢ、不凍多糖と不凍ペプチドの濃度($\mu\text{g}/\text{ml}$)をそれぞれ PC, CC として表記する。塗布時の目標浸透深さはいずれも 1.0mm とした。また、「N」は不凍材料を塗布していないプレートの状態の供試体であることを示す。接着剤は不凍多糖と同様に天然素材であり、濃度は 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$ である。接着剤の添加方法については、接着剤濃度は不凍多糖塗布用糖濃度の 0.5 倍、接着剤質量は不凍多糖塗布量の 5%として不凍多糖溶液に混ぜて使用した。なお、接着剤は不凍多糖のみに使用した。供試体は耐凍害性の劣るコンクリートを作製するため化学混和剤を使用せずに作製した。なお、作製したコンクリートの平均スランプは 12.0 cm, 平均空気量は 1.9%であった。不凍材料は、コーヒー粕エキス、みそエキス、

表-1 使用材料

| 材料 | 記号 | 性状等 |
|--------|----------|--|
| 水 | W | 水道水 |
| セメント | OPC | 普通ポルトランドセメント、密度3.15g/cm ³ |
| 細骨材 | S | 川砂(淀川産)、表乾密度 2.59g/cm ³ 、吸水率 0.73%、F.M. 3.48 |
| 粗骨材 | G | 碎石(高槻産)、表乾密度 2.66g/cm ³ 、吸水率 0.93% |
| 不凍多糖 | Ⅲ | エノキタケより抽出、原液糖濃度1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ |
| 不凍ペプチド | コーヒー粕エキス | コラーゲンペプチド+過冷却促進物質(コーヒー粕エキス、みそエキス、メラノイジン)、原液濃度10000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ |
| | みそエキス | |
| | メラノイジン | |
| 接着剤 | Ad | エノキタケ由来、原液濃度300 $\mu\text{g}/\text{ml}$ |

キーワード 凍害, 既設コンクリート構造物, 凍結融解, 不凍材料, 塗布, ひび割れ

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学 鶴田浩章 TEL 06-6368-0899

表-2 コンクリートの配合

| G.max (mm) | W/C (%) | s/a (%) | 目標 スラン プ(cm) | 目標 空気量 (%) | 単位量(kg/m ³) | | | |
|---------------|------------|------------|--------------------|------------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| | | | | | W | C | S | G |
| 20 | 55.0 | 45.8 | 10 | 1.5 | 193 | 352 | 807 | 980 |

メラノイジンについては 140 μ g/ml, 不凍多糖は 180 μ g/ml の濃度で塗布を行った。塗布の 48 時間前に供試体を乾燥機に入れ 24 時間 40 $^{\circ}$ C で乾燥し, 24 時間常温放置後, 不凍材料の浸透状況を確認しながら, 所定量になるまでは不凍材料の塗布を繰り返し行った。塗布が完了したら, 恒温恒湿室で気中養生を 24 時間行い, 凍結融解試験を開始した(材齢 28 日目)。

2. 3 試験方法

(1) 凍結融解試験 (A 法)

凍結融解試験は, JIS A 1148 A 法に基づいて実施した。評価に関しては, JIS A 1127 に基づいた共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数および質量減少率を測定して行うものとした。相対動弾性係数が 60% 未満もしくは 300 サイクル終了で試験終了とし, 相対動弾性係数より耐久性指数 (DF) を求め評価した。

(2) 蛍光樹脂によるひび割れの可視化

不凍材料の塗布が凍結融解を受けたコンクリート供試体のひび割れの進展に与えた影響を明確にするため, 凍結融解試験終了後の供試体の中心部から採取したサンプルに蛍光エポキシ樹脂含浸法³⁾を使用して樹脂を含浸し, サンプルの切断面に紫外線を照射して微細ひび割れを可視化した。

3. 試験結果および考察

図-1 に凍結融解試験の結果を示す。図中には求めた耐久性指数 (DF) を示した。図からわかるように, いずれのケースにおいても 300 サイクルで相対動弾性係数 60% を満足するものはなかった。耐久性指数としては, N が 40 であるのに対して, 不凍材料を塗布したケースではいずれも若干 DF が大きい結果となり, 相対動弾性係数の低下の傾向も N よりも緩やかであることがわかった。

図-2 には, 凍結融解試験終了後に測定したひび割れ状況の一例について示す。左の写真のように, 不凍材料を塗布していない N 供試体では, ひび割れが内部にまで進展しているが, 右の不凍材料を塗布した供試体ではひび割れが表面近傍に留まっている。この傾向は, いずれのケースでも同様であった。したがって, 不凍材料の塗布により, コンクリート供試体の内部損傷が抑制されていることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 地方振興 活力と魅力のある地域づくり (国土交通省ホームページ https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/chisei/crd_chisei_tk_000010.html (閲覧日: 2022 年 03 月 20 日))
- 2) 関西大学 天然素材工学研究室ホームページ: 不凍タンパク質・不凍多糖とは, 2022.03.20 確認
- 3) 手塚喜勝ら: 蛍光エポキシ樹脂含浸法によるコンクリートコアサンプルの微細ひび割れの可視化手法, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 61 号, ROMBUNNO.V-10, 2004

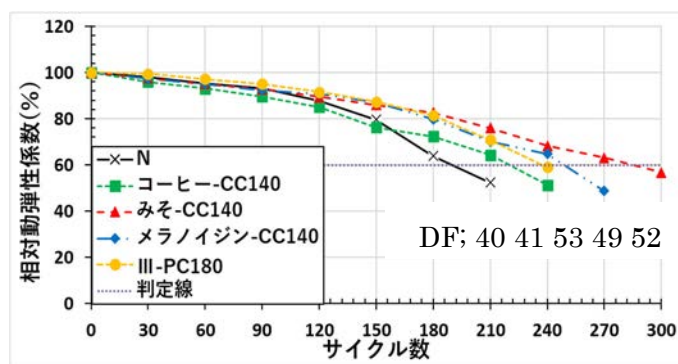
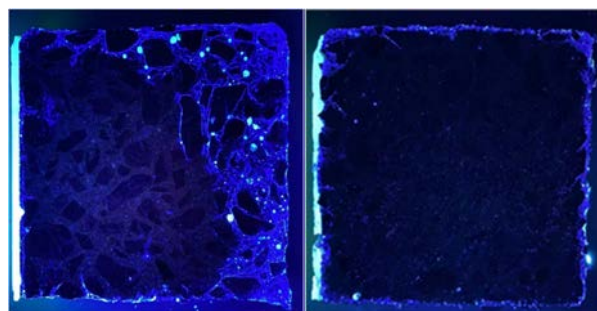


図-1 凍結融解試験結果

図-2 供試体のひび割れ状況の一例
(左: N-2, 右: コーヒー-8)