第Ⅴ部門　　コンクリート表層に塗布する不凍材料の浸透特性と凍害抑制効果

関西大学大学院理工学研究科　学生員　○森　　竜輝
関西大学環境都市工学部　正会員　　鶴田　浩章
（株）KUREi　　河原　秀久

## 1.　研究目的

日本では国土の多くが豪雪・特別豪雪地帯に指定されており,コンクリート構造物の凍害劣化は深刻な問題である.実構造物では,打設時に振動機による締固めを行うことで空気が損失し,低空気量となる場合があり,耐凍害性低下の一因と考えられる [1].そこで本研究では,AE 剤による空気量確保が困難な実構造物を想定した基礎的検討として,氷結晶成長抑制効果および再結晶化抑制効果を有する不凍材料に注目し,低空気量で打設したコンクリート表面に不凍材料を塗布した場合の耐凍害性効果を凍結融解試験とスケーリング抵抗性試験を実施し明らかにすることにした.

## ２．実験概要

### 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,過冷却促進物質を少量加えたものであり,不凍多糖と同様の機能を有するものである.

### ２．２　試験方法

(1) 凍結融解試験法（A 法）

凍結融解試験法は,JIS A 1148 A 法に基づいて実施した.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動弾性係数および質量減少率で行うものとした.相対動弾性係数が 60%未満になった時点で試験終了とした.

(2)　スケーリング抵抗性試験

本試験は JSCE-K 572「けい酸塩系表面含浸材の試験方法（案）」の 6.10 スケーリングに対する抵抗性試験をもとに行った.試験面に不凍材料を塗布し,スケーリング抵抗性にどのような変化があるのかを確認した.試験は 12 サイクルごとにスケーリング量の測定および外観観察を行い 60 サイクルまで行った.

### ２．３　材料および配合,供試体の作製

使用した材料を**表-1** に示す.不凍材料の濃度は,不凍材料溶液 1mL 中に含まれる主成分量を示すものである.塗布時の目標浸透深さはいずれも 1.0㎜ とした.また,「N」は無塗布供試体を示す.接着剤には,不凍材料と同様に天然素材であり,エノキタケを使い生成した接着剤(300μg/mL)を用いた.接着剤濃度は不凍材料塗布用糖濃度の 0.5 倍,接着剤質量は不凍材料塗布量の 5%として,不凍材料溶液に混合して使用した.

コンクリートの配合を**表-2** に示す.凍結融解試験には No.1 の配合を N,メラノイジン,カカオハスクの 3 条件ともに用いた.一方,スケーリング抵抗性試験には No.1 および No.2 の配合を用い,さらに No.1 については締固めによる空気量の低下を想定し,バイブレータにより脱気した供試体も作製した.

既往の研究では,不凍材料の効果を確認するため化学混和剤を使用せずに供試体を作製していたが,本研究では新設の実構造物を想定し,化学混和剤を使用した.

凍結融解試験では,メラノイジンおよびカカオハスクの 2 種類の不凍材料を用い,いずれも 180μg/mL の濃度で塗布した.供試体は塗布 48 時間前から 24 時間 40 ℃で乾燥し,その後 24 時間常温で静置した.不凍材料は浸透状況を確認しながら,所定量に達するまで刷毛で繰り返し塗布した.塗布後は恒温恒湿室で 24 時間気中養生を行い,材齢 28 日に凍結融解試験を開始した.作製したコンクリートの平均スランプは 8.5 cm,平均空気量は 2.3%であった.

スケーリング抵抗性試験では,打設後,湿度 60%の恒温恒湿室で 24 時間静置して脱型し,13 日間水中養生を行った.材齢 14 日に 100×100×100 ㎜ に切断した後,20℃,湿度 60%の条件で材齢 28 日まで気中養生を行った.その後,試験面に刷毛を用いて不凍材料を塗布し

Ryuki MORI,　Hiroaki TSURUTA, and Hidehisa KAWAHARA
tsurutah@kansai-u.ac.jp.

た.試験条件は,無塗布供試体 N(空気量 2.5%),メラノイジン塗布供試体(空気量 6.0%),および締固めによる空気量の低下を想定して No.1 をバイブレータにより脱気したメラノイジン塗布供試体(空気量3.9%)の3条件とした.

表-1　使用材料

| 材料 | 記号 | 摘　要 |
|---|---|---|
| 水 | W | 水道水 |
| セメント | OPC | S 社製,普通ポルトランドセメント,密度:3.15g/cm³ |
| 細骨材 | S | 砕砂,表乾密度 2.63g/cm³,吸水率 1.65% |
| 粗骨材 | G | 砕石,表乾密度 2.68g/cm³,吸水率 0.80% |
| AE 減水剤高機能型 | AE | リグニンスルホン酸化合物ポリカルボン酸エーテル |
| 不凍材料 | メラ | メラ:コラーゲンペプチド+メラノイジン 原液濃度 10000 μg/mL |
| | カカオ | カカオ:コラーゲンペプチド+カカオハスク 原液濃度 10000 μg/mL |
| 接着剤 | | エノキタケ抽出天然接着剤 原液濃度 300 μg/mL |

表-2　コンクリートの配合

| No. | G.Max (mm) | W/C(%) | s/a(%) | 目標スランプ (cm) | 目標空気量 (%) | 単位量 (kg/m) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | W | C | S | G |
| 1 | 20 | 52.5 | 44.7 | 10 | 2.5 | 174 | 331 | 818 | 1031 |
| 2 | 20 | 52.5 | 44.5 | 10 | 6 | 169 | 322 | 784 | 998 |

## 3　結果および考察

**図-1** に凍結融解試験結果を示す.300 サイクル経過後も相対動弾性係数は 60%以上を保持したため,510 サイクルまで計測を行った.これは,AE減水剤高機能型の使用による適切な空気泡の導入に加え,既往の研究より W/C を実構造物に近づけて低下させたことにより,コンクリート組織が緻密化し,耐凍害性が向上したためと考えられる.しかしながら N の供試体と比較して,カカオハスクを塗布した供試体は 510 サイクルまで相対動弾性係数 71.2%を保持しており,高い耐凍害性を示した.また**図-2** より,不凍材料を塗布した供試体に比べて N の質量減少率が最も高く,表面劣化が最も顕著であることに対して不凍材料を塗布した供試体と差が出ていることがわかる.**図-3** にスケーリング試験結果を示す.N (2.5%) ではスケーリング量が最も大きく,劣化が顕著であった.一方,脱気メラノイジン (3.9%) ではスケーリング量が低減し,N (6%) と比較しても平均スケーリング量が小さい結果を示した.脱気メラノイジンは N (6%) よりも空気量が少ないにもかかわらず,60 サイクル終了時までスケーリング量が小さく,高いスケーリング抵抗性を示した.このことから,本試験の範囲では,空気量の違いだけでは説明できないスケーリング抑制効果が確認され,不凍材料の表面塗布がコンクリート表層部の凍結融解作用による劣化の抑制に寄与した可能性がある.

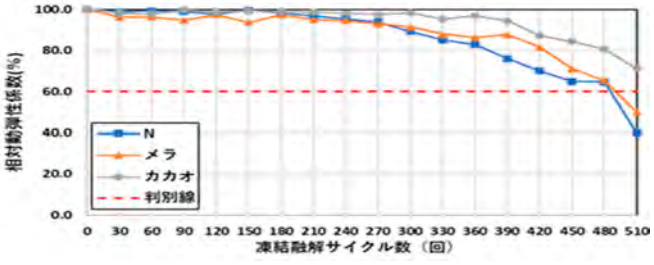



図-1　凍結融解試験結果

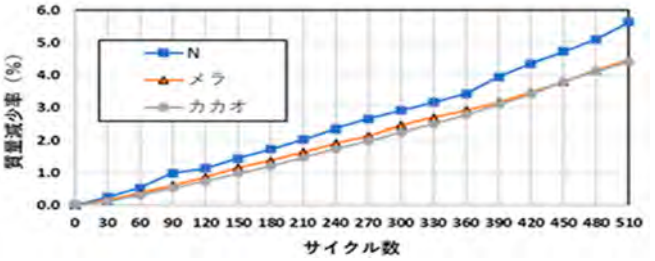



図-2　凍結融解試験質量減少率

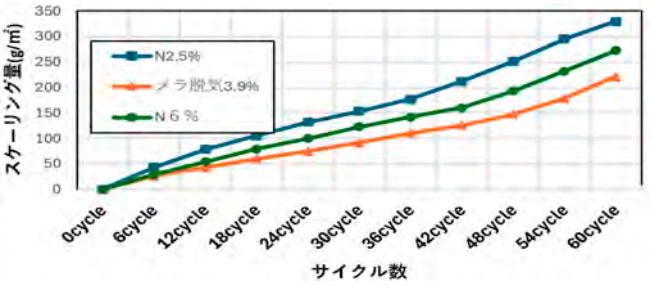



図-3　スケーリング試験結果

## 4　まとめ

1) 低空気量コンクリートへの不凍材料の塗布により,相対動弾性係数の低下および質量減少が抑制され,凍害抑制効果が確認された.

2) 脱気メラノイジン (3.9%) はN (6%) より空気量が少ないにもかかわらず,平均スケーリング量が小さく,高いスケーリング抵抗性を示した.

参考文献

1)笹井英志ら：コンクリート製品の空気量および凍結融解抵抗性に及ぼす影響　その 1　振動機の締固め時間とフレッシュ時の空気量,土木学会第 58 回年次学術講演会,V-206,　pp. 411-412,　2003 年 9 月

2)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 年