

## 凍害劣化に対するコンクリートの表層品質（空隙構造）の影響

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○野呂 明義  
 東京大学生産技術研究所 正会員 鎌田 知久  
 東京大学生産技術研究所 フェロー会員 岸 利治

### 1. はじめに

凍害の進行速度は、主にコンクリートの品質・空気量や環境条件に強く依存するが、東日本旅客鉄道株式会社が実施した実構造物の凍害調査において、ほぼ同じ環境条件で同等の空気量（2.8%）を有する同時期にしゅん功した2か所の構造物（経年約40年）で、一方は外観上で健全なのに対し、もう一方では凍害劣化が生じていることが確認された。そこで本研究では、これらの構造物において劣化度に差異が生じた要因を解明することを目的に、空気量と環境条件以外の要因としてコンクリートの表層品質（空隙構造）に着目して検討を行った。

### 2. 実験内容

#### 2. 1 対象構造物

本研究では、寒冷地に位置する4つの構造物A・B・C・D（同時期しゅん功、同配合 水セメント比47%）を対象に調査を行った。

図1に各構造物の空気量と健全部/凍害部の目視調査結果を示す。構造物C、Dでは、同等の空気量（2.8%）であるにも拘わらず、劣化度に差異が生じていることが分かる。構造物CとDは、約700mしか離れておらず、同じ周辺環境であることから環境・気象条件は同等であると考えられる。

#### 2. 2 実験概要

##### ① コア採取

構造物A・B・C・Dにおいて、空気量測定箇所近傍からコア（φ50×50mm）を採取した。なお、構造物Cについては、凍害箇所での損傷が激しく、コアを採取することが出来なかったため、近傍箇所でもコアを採取した。

##### ② 水銀圧入試験（MIP）

空隙構造を分析するため、構造物A、Bは表層10mmから、構造物C、Dは表層10mmと50mm付近から水銀圧入試験に用いる試料を採取した。採取した試料は、24時間以上アセトンに浸漬し、その後24時間D-dry乾燥を行った。なお、本研究では、水銀圧入試験において繰り返し圧入法を採用し、毛細管空隙量（連続空隙量）を測定した。

### 3. 実験結果

構造物ごとのコンクリートの毛細管空隙量を図2に示す。以下、試料採取深さごとに考察する。

#### ① 表層10mmでの空隙量（構造物A、B、C、D）

まず、構造物A、Bでは、構造物C、Dと比較して、表層10mmでの毛細管空隙量が少ないことが分かる。構造物A、Bは、空気量も確保されており、水の通り道となる毛細管空隙量も少ないことから、耐凍害性に優れ、健全な状態を維持していると考えられる。構造物C、Dに着目すると、毛細管空隙量に明確な差異が認められる。

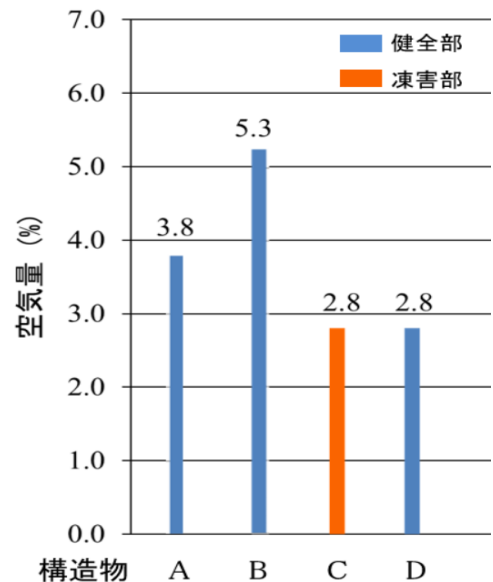


図1 試験対象構造物

キーワード 凍害, 実構造物, 空気量, 表層品質, 毛細管空隙, 水和反応

連絡先 〒980-0021 仙台市青葉区中央四丁目2番27号 東日本旅客鉄道(株)仙台支社設備部工事課 TEL 022-266-9636

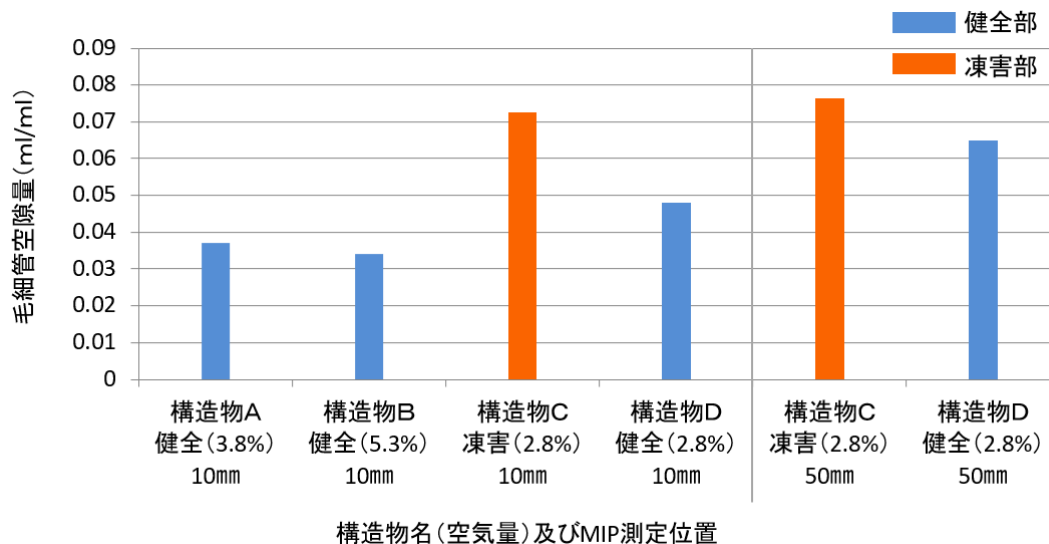


図2 毛細管空隙量の測定結果

特に、凍害劣化が確認された構造物 C の毛細管空隙量は、構造物 D の約 1.5 倍であり、コンクリートの表層品質に明らかな差があるものと考えられる。このことから、構造物 C, D において、凍害による劣化度に差異が生じた理由として、品質(空隙構造)の差異が大きく影響していた可能性が考えられる。

## ② 表層 10 mm と 50 mm での空隙量の比較 (構造物 C, D)

構造物 C, D は配合やしゅん功時期、環境条件がほとんど同一であるにも拘わらず、表層 10mm の毛細管空隙量に明確な差異が生じていた。この原因として、しゅん功をした段階で既に品質に差が生じていたのではないかと考え、比較的経年による変化が小さい(環境作用を受けにくい)と考えられる表層 50mm の若干深い位置での空隙量を測定した(図 2 右側)。環境の影響をあまり受けていないと考えられる深部においても、凍害劣化を受けている構造物 C よりも健全性を維持している構造物 D の方が毛細管空隙量が少ないことから、しゅん功をした段階で既に品質に差が生じていた可能性が高いと考えられる。また、表層 10mm と表層 50mm の毛細管空隙量を比較すると、健全性を維持している構造物 D において、特に顕著に表層 50mm よりも表層 10mm での毛細管空隙量が減少している。一般に、長年にわたり雨水が供給されるとセメント等の結合材の継続的な水和反応により、コンクリート表層の空隙構造が緻密化されることが知られている<sup>1)</sup>が、その一方で、経年により乾湿繰り返しの影響を受けると空隙構造が粗大化することが指摘されている<sup>2)</sup>。健全性を維持している構造物 D において、表層 50mm よりも表層 10mm での毛細管空隙量が減少していることの原因は定かでないが、前者の理由により表層部の品質が向上したのだとすれば、耐凍害性の維持にとってプラスの効果をもたらしたことが考えられる。

## 4. まとめ

同条件の構造物において、凍害の劣化進行度に差異が生じた原因を分析した結果、両者の毛細管空隙量に明確な差異が認められ、毛細管空隙量の多い構造物において凍害が発生していると考えた。このことから、詳細に凍害発生リスクを評価する際には、空気量だけでなく、空隙構造等の品質も併せて評価することが肝要であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 横山勇気ほか：異なる配合と養生を与えたコンクリートの表層透気係数の経年変化，セメント・コンクリート論文集，Vol. 71, No. 1, pp. 410-417, 2017
- 2) 青野義道ほか：乾燥および乾湿繰り返しによる硬化セメントペーストの微細構造変化と耐凍害性への影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 30, No. 1, pp. 921-926, 2008