

## 凍害環境下におけるコンクリートへの凍結防止剤由来塩分の浸透性状

北海道大学大学院 学生会員 ○大竹康広  
 北海道大学大学院 フェロー会員 横田 弘  
 北海道大学大学院 正会員 橋本勝文  
 北海道大学大学院 学生会員 松本直也

### 1. はじめに

コンクリート構造物は様々な要因によって長年に亘り劣化が進行し、性能が低下することが一般的に知られている。代表的な劣化現象として塩分浸透環境下における塩害や凍結融解環境下における凍害が挙げられる。凍害は、寒冷地においてコンクリート構造物が凍結融解作用を受け、ポップアウトやスケーリング等の劣化を生じる現象である。また、交通安全の観点から凍結防止剤を散布する場合、鉄筋コンクリート部材に凍結防止剤由来の塩分が浸透し、鉄筋腐食に伴う塩害の原因となる。このように、凍結防止剤散布環境下では凍害および塩害の2つの作用を同時に受けるが、複合状況下での塩分浸透メカニズムは解明されておらず、知見が少ないのが現状である。そこで、本研究では、凍害環境下における凍結防止剤由来塩分のコンクリート中への浸透性状に関する知見を得ることを目的とする。全塩分量および可溶性塩分量を測定し、凍結融解サイクルの進行に伴う塩分量の増加に関する検討を行った。なお、本研究では、全塩分量から可溶性塩分量を除いた量を固定塩分量として定義する<sup>1)</sup>。

### 2. 実験概要

凍結融解サイクルの有無、凍結防止剤種類(NaCl, CaCl<sub>2</sub>の2種類)、AE剤の有無を実験パラメータとした。水セメント比は50%で一定とし、表1の配合でセメントペースト供試体を作製した。打設から24時間後に脱型し、材齢が28日になるまで20℃の水中で養生した。養生が終了した供試体を、70mm×30mm×5mmのサイズに切り出し、凍結融解試験を開始した。図1に示す温度変化で凍結融解試験を行った。その間5サイクル毎に

表1 配合表

|        | 単位数[kg/m <sup>3</sup> ] |      |      |
|--------|-------------------------|------|------|
|        | 水                       | セメント | AE剤  |
| ペースト   | 612                     | 1225 | -    |
| AEペースト |                         |      | 0.49 |

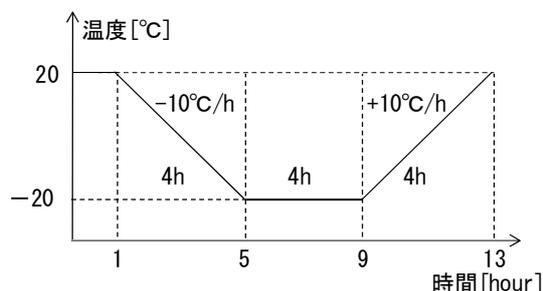


図1 温度変化図

表2 供試体の実験条件

|           |        |                   |
|-----------|--------|-------------------|
| 凍結融解作用の有無 | FTC    | 凍結融解あり            |
|           | nonFTC | 凍結融解なし            |
| 凍結防止剤種類   | N      | NaCl              |
|           | C      | CaCl <sub>2</sub> |
| AE剤の有無    | P      | ペースト              |
|           | PAE    | AEペースト            |

3mass%濃度の凍結防止剤水溶液を真空含浸させた。0, 5, 20, 50, 100 サイクル終了後に全塩分量と可溶性塩分量をJIS A 1152に準拠して測定した。なお、凍結融解試験を施さない場合にも、同様の処理を封緘養生下で施した。

本論文では、実験結果を表2に示す記号を用いて表現する。例えば、FTC-PAE-Nは、凍結融解試験を施し、AEペーストに凍結防止剤としてNaClを使用した供試体を示している。

### 3. 実験結果

#### 3.1 凍結融解の有無による塩分浸透性状

P-NのFTCおよびnonFTCにおける凍結融解

キーワード 凍結防止剤, 凍結融解, 塩分浸透, 全塩分, 可溶性塩分, AE剤

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 TEL 011-706-6204

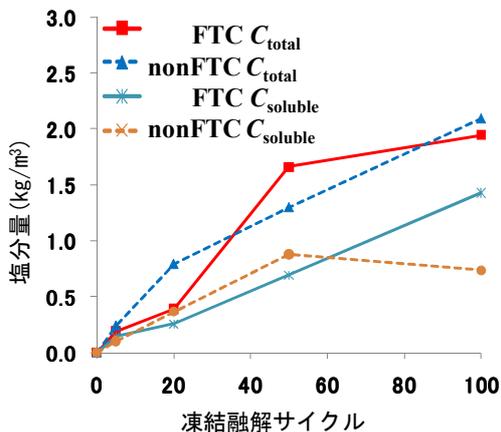


図2 凍結融解の有無による浸透塩分(P-N)

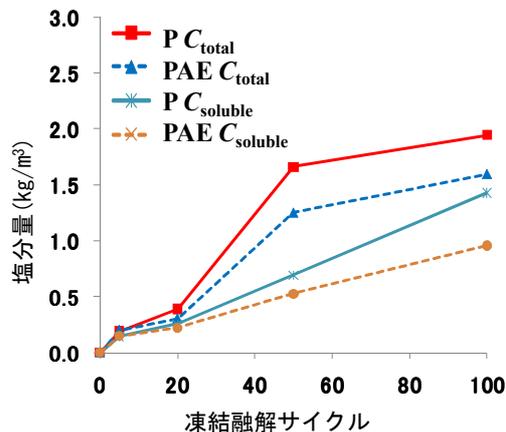


図4 AE剤の有無による浸透塩分(FTC-P-N)

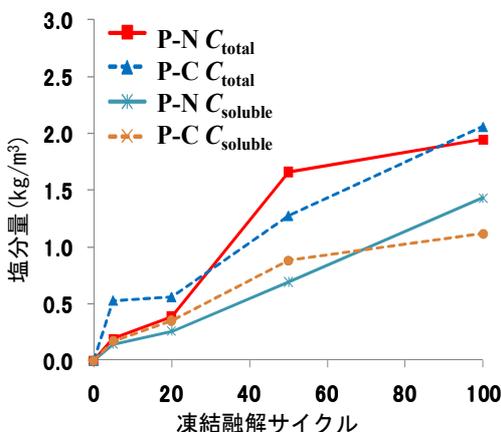


図3 凍結防止剤種類による浸透塩分(FTC-P)

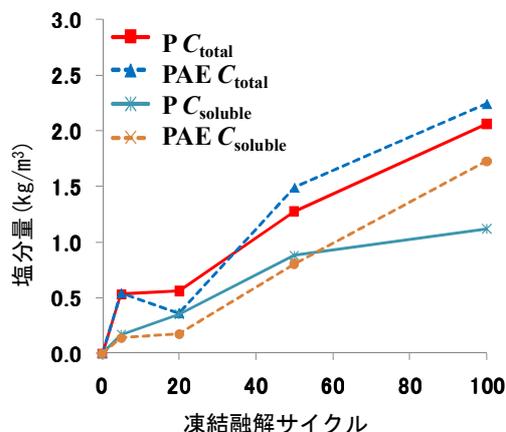


図5 AE剤の有無による浸透塩分(FTC-P-C)

サイクルと塩分量の関係を図2に示す。FTCの場合、全塩分量および可溶性塩分量は50サイクル以降も増加し、固定塩分量が少ない。nonFTCの場合、全塩分量は50サイクル以降も増加するが可溶性塩分量は停滞し、固定塩分量が多い。これは、細孔溶液の凍結により塩分の移動が制限され、固定化が進みにくくなったためであると考えられる。

3.2 凍結防止剤種類による塩分浸透性状

FTC-PのNおよびCにおける凍結融解サイクルと塩分量の関係を図3に示す。Nの場合、全塩分量と可溶性塩分量の差(固定塩分量)は50サイクルまでの間に増加する。Cの場合、全塩分量と可溶性塩分量の差(固定塩分量)は50サイクル以降も増加する。これは、CaCl<sub>2</sub>とC<sub>3</sub>Aの反応によるFriedel氏塩の生成や、凍結融解による微細ひび割れの発生が塩分浸透性状に影響を及ぼしたためであると考えられる。

3.3 AE剤添加の有無による塩分浸透性状

FTC-Pにおける凍結融解サイクルと塩分量の

関係を図4および図5に示す。Nの場合、AE剤を用いることによりCの場合と比較して全塩分量および可溶性塩分量は減少する。Cの場合、AE剤を用いることによりNの場合と比較して全塩分量および可溶性塩分量は増加する。

4. まとめ

本研究では、以下の知見を得た。

- 1) 細孔溶液の凍結により塩分の固定化が進みにくくなる。
- 2) NaClを用いた場合、CaCl<sub>2</sub>と比較して全塩分量から可溶性塩分量を除いた固定塩分量は多くなり、塩分の固定化の進行が速い。
- 3) AE剤を用いた場合、NaClを用いることにより全塩分量および可溶性塩分量が減少する。

参考文献

1) 丸屋剛, Somnuk T., 松岡康訓: コンクリート中の塩化物イオンの移動に関する解析的研究, 土木学会論文集, No.442, V-16, pp.81-90, 1992.