

## 表面含浸材によるコンクリートのスケーリング抵抗性に関する研究

福岡大学大学院 学生会員 ○大町 正和      福岡大学 正会員      楠 貞則  
 福岡大学大学院 正会員      添田 政司      福岡大学 フェロー 大和 竹史

## 1.はじめに

寒冷地では、凍害の劣化現象の一つにスケーリングがある。その対策として筆者らは特に、混和材を用いた対策手法について検討してきた<sup>1)</sup>。またスケーリングは表面から進行するため、表面の品質は重要であり、近年、コンクリート表面に保護材を塗布して表面を改質する工法が注目されている。そこで本研究では、配合、養生条件および含浸材の有無などの条件を変えた各種コンクリートに ASTM C672 に準じた凍結融解試験を実施し、各条件がスケーリングに及ぼす影響を検討した。

## 2.実験概要

## 2.1 使用材料および配合

セメントには普通ポルトランドセメント（密度  $3.15\text{g/cm}^3$ ）、細骨材には海砂（密度  $2.58\text{g/cm}^3$ 、吸水率  $0.96\%$ ）を、粗骨材には砕石 2005（密度  $2.75\text{g/cm}^3$ 、吸水率  $1.11\%$ ）を使用した。また、混和材としてフライ

アッシュを使用した。表-1 に試験に用いたコンクリートの配合を示す。表記はフライアッシュ無混合を N、フライアッシュを内割で 10% 置換したものを FA10、外割で 10% 置換したものを FA10EX とした。水粉体比は 55% 一定とし、目標スランプおよび空気量をそれぞれ  $8\pm 1.0\text{cm}$ 、 $4.5\pm 1.0\%$  とした。含浸材は、シラン系のものを用いた。塗布は気中養生の試験体に対しては、28 日養生後に直ちに塗布し、水中養生の試験体に対しては、28 日養生後、3 日間の乾燥を与えた後で塗布した。塗布量は、 $0.2\text{l/m}^2$  とし、比較のために無塗布の試験体も作製し、計 12 種類で検討した。試験体の条件を表-2 に示す。

## 2.2 試験体作製および養生

図-1 に試験体の概要を示す。 $200\times 200\times H100\text{mm}$  の試験体を作製し、ブリーディング終了時に ASTM に基準化された表面仕上げを施し、試験水を張るための高さ 20mm、幅 30mm の土手を試験面に打設した。その後、材齢 28 日まで気中養生（温度  $20^\circ\text{C}$ 、湿度  $60\%$ ）・水中養生（水温  $20^\circ\text{C}$ ）の 2 ケース実施した。

## 2.4 凍結融解試験

凍結融解試験は ASTM C 672 に準じ、試験体の上面に NaCl（3% 溶液）を深さ 6mm まで注ぎ、気中凍結気中融解試験装置に設置した後、40 サイクルの凍結融解作用を与えた。1 サイクルは 24 時間で、凍結に 16 時間、融解に 8 時間かけた。凍結最低温度は  $-23^\circ\text{C}$ 、融解最高温度は  $+23^\circ\text{C}$  とした。

## 2.5 測定項目

コンクリートの硬化性状として、圧縮強度試験（JIS A 1108）を実施した。所定のサイクル終了毎の試験として、スケーリング量、スケーリング深さ、40 サイクル終了時に EPMA による面分析を行った。

## 3.実験結果および考察

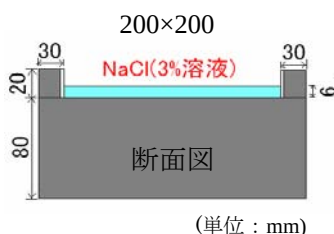
## 3.1 圧縮強度

表-2 に圧縮強度の試験結果を示す。すべての配合において水中養生が気中養生に比べ、圧縮強度は大きい。また、圧縮強度は混和材の混合方法によっても違いが生じ、気中・水中養生いずれの養生条件においても材齢 28 日で強度が大きい順に  $\text{FA10EX} > \text{N} > \text{FA10}$  となった。

表-1 コンクリートの配合

| 配合名    | 単位量( $\text{kg/m}^3$ ) |     |    |     |      | AE減水剤*<br>( $\text{kg/m}^3$ ) | AE剤**<br>( $\text{g/m}^3$ ) |
|--------|------------------------|-----|----|-----|------|-------------------------------|-----------------------------|
|        | W                      | C   | FA | S   | G    |                               |                             |
| N      | 168                    | 306 | —  | 798 | 1047 | 3.06                          | 1.224                       |
| FA10   | 166                    | 272 | 30 | 804 | 1047 | 3.02                          | 4.711                       |
| FA10EX | 169                    | 307 | 65 | 668 | 1103 | 3.07                          | 12.618                      |

\*:4 倍液、\*\*:100 倍液



(単位: mm)

図-1 試験体概要

表-2 試験体条件および

圧縮強度(材齢 28 日)

| 配合名    | 養生条件 | 含浸剤 | 圧縮強度<br>( $\text{N/mm}^2$ ) |
|--------|------|-----|-----------------------------|
| N      | 気中   | 有   | 27.7                        |
|        |      | 無   |                             |
|        | 水中   | 有   | 35.1                        |
| FA10   | 気中   | 有   | 26.2                        |
|        |      | 無   |                             |
|        | 水中   | 有   | 34.8                        |
| FA10EX | 気中   | 有   | 27.7                        |
|        |      | 無   |                             |
|        | 水中   | 有   | 37.0                        |

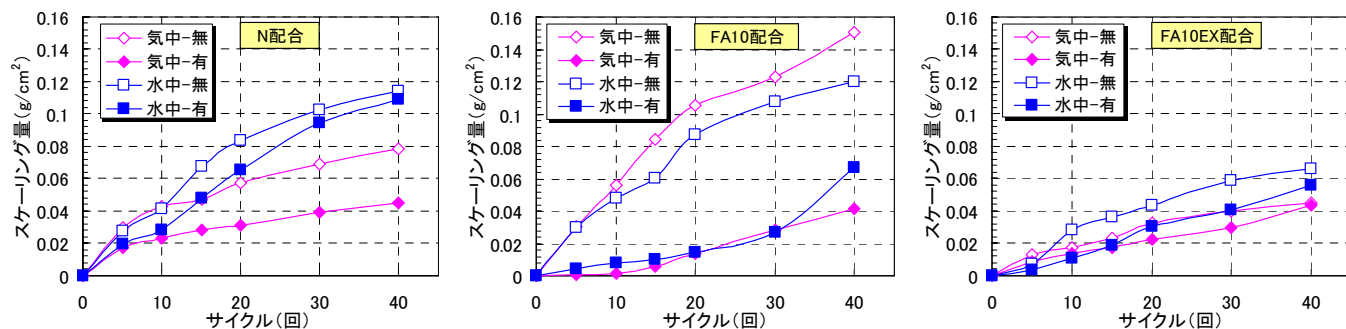


図-2 スケーリング量の測定結果

### 3.2 スケーリング量

図-2 に凍結融解サイクル数とスケーリング量の関係を配合別に示す。スケーリング量は、40 サイクル終了時で FA10EX が最も少ないことが確認できる。養生条件別にみると、いずれの配合の場合も、水中養生よりも気中養生のほうが小さくなる傾向があった。含浸材を塗布したものは、無塗布に比べ、いずれの配合・養生条件においてもスケーリング量が少なく、スケーリングの抑制効果が認められる。また、水中養生が気中養生に比べて、圧縮強度が高いにも関わらず、スケーリング量が多い。これは、気中養生の場合は凍結可能水量が著しく少ないため、膨張圧が小さいことが影響していると考えられる。

### 3.3 スケーリング深さ

図-3 にスケーリング量と平均スケーリング深さの関係を示す。各条件において、配合によって違うもののスケーリング量と平均スケーリング深さの間に相関性が見られる。養生条件別にみると、水中養生は気中養生に比べ、スケーリング量、スケーリング深さともに大きい。これは前述したように、内部水分の影響を受けたものと考えられる。また、含浸材を塗布したものはスケーリングの抑制効果が確認できる。

### 3.4 EPMA による面分析

図-4 に 40 サイクル終了時の塩化物イオンの濃度分布を示す。測定は含浸材の塗布と無塗布で最もスケーリング量の差のあった FA10-気中について行った。測定の結果、含浸材を塗布していない試験体は約 39mm 浸透しているのに対し、塗布したものは約 14mm の浸透深さとなった。このことから、含浸材の塗布により塩化物イオンが抑制され、その結果、塩化物イオンによる浸透圧が低減され、スケーリング抵抗性が向上したのと考えられる。

### 4. まとめ

- (1) スケーリング量は、FA10EX が最も少なく、含浸材を塗布した場合、配合・養生条件に関らずスケーリング進行の抑制が確認できた。
- (2) 気中養生の場合、水中養生に比べ、内部水分の影響でスケーリング量が少ない。
- (3) スケーリング量とスケーリング深さの間には高い相関性が見られた。

### 〈参考文献〉

- 1) 楠貞則, 添田政司, 大和竹史: 凍結融解作用による各種混和材を用いたコンクリートのスケーリング特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.237-242, 2007

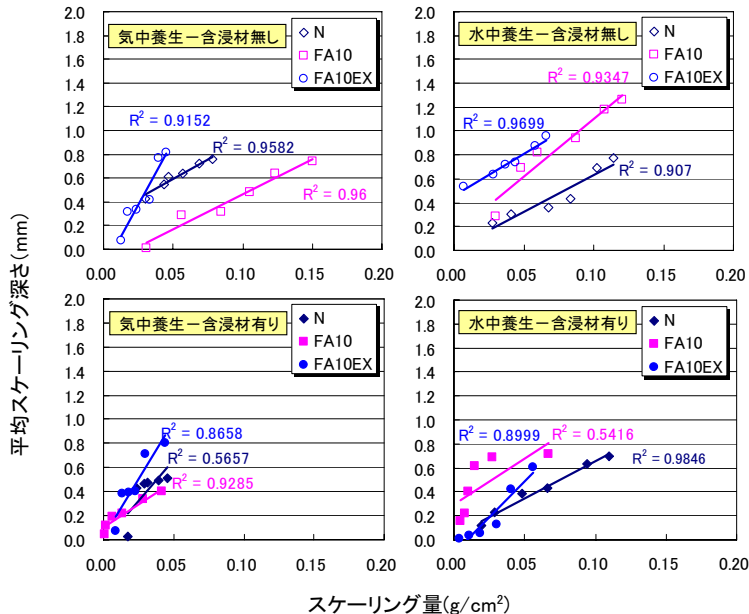
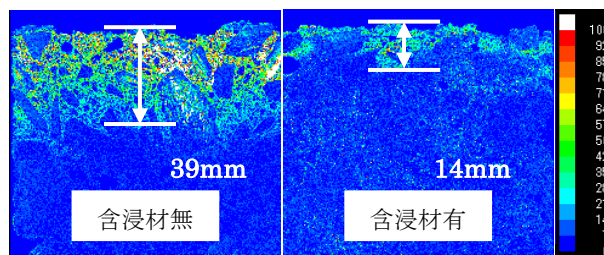


図-3 スケーリング量と最大スケーリング深さの関係

図-4 塩化物イオン( $\text{Cl}^-$ )の濃度分布 (FA10-気中)