

## 融雪剤による高炉セメントコンクリートのスケーリング劣化に関する検討

日本大学大学院工学研究科 学生員 ○高山 徳仁

日本大学工学部 正会員 子田 康弘

日本大学工学部 正会員 岩城 一郎

## 1. はじめに

近年、スパイクタイヤの全面使用禁止の法制化を受けて、冬季間の車両通行の安全性確保のため融雪剤の使用量が年々増加している<sup>1)</sup>。その結果、融雪剤(主として NaCl)によるコンクリートのスケーリング劣化が顕在化している。一方、平成13年グリーン購入法の品目指定を受けたことに伴い、寒冷地においても高炉セメントが積極的に使用されるようになり、高炉セメントコンクリートのスケーリング劣化が懸念されている。

本研究では、融雪剤による高炉セメントコンクリートのスケーリング劣化を検討するために、RILEM-CDF法<sup>2)</sup>に準じた凍結融解試験を行った。その際、高炉セメントコンクリートの硬化性状が養生条件の影響を受け易いことを考慮し、養生条件を実験パラメータとした。さらには、スケーリング劣化の進行過程とコンクリート中の骨材の関係について考察を加えた。

## 2. 実験の概要

本研究のコンクリートは、セメントの種類を高炉セメントの種類を高炉セメント B 種および普通ポルトランドセメントとした W/C=60% の AE コンクリート(BB60 および OPC60)である。表-1 にコンクリートの示方配合を示す。供試体は、 $\phi 150 \times 100\text{mm}$  の円柱であり、試験面には型枠底面を用いた。また、供試体の周囲は、試験溶液の浸透を防ぐためエポキシ樹脂系接着剤でコーティングしている。なお、コンクリートのフレッシュ性状に関しては、BB60 がスランプ 11.5cm、空気量 4.8%、OPC60 がスランプ 7.5cm、空気量 4.8%であった。

供試体の養生条件として、図-1 の実験計画に示すように、RILEM-CDF 法に準じた基本養生(BB60-O と OPC60-O)と、基本養生および標準養生(28 日)後に 21 日間の気中養生期間を設けた 2 条件(BB60-A と BB60-W)の計 3 条件を設定した。また、凍結融解試験に先立つ試験溶液(融雪剤)の浸透期間は、14 日間であり、試験溶液として濃度 3% の NaCl 水溶液を用いた。なお、これら養生および試験溶液の浸透は、全て恒温恒湿室(20℃, 60%R.H)にて行っている。

図-2 に実験概要を示す。NaCl 水溶液は、試験面より 5mm の位置まで注ぎ入れた状態で管理した。凍結融解試験は、凍結融解サイクルを+20~-20℃の範囲で 1 日 2 サイクルとし、60 サイクルまで行った。スケーリング採取は、6 サイクル毎に行い、スケーリング量は、乾燥後の採取量を試験面の面積で除して求めた。また、6, 18, 42, 60 サイクル時に各養生条件で 3 供試体の粗骨材面積を画像解析により測定し、粗骨材露出面積率として表した。

表-1 示方配合

| 記号    | Gmax<br>(mm) | Slump<br>(cm) | W/C<br>(%) | Air<br>(%) | s/a<br>(%) | Unit content (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      |      |
|-------|--------------|---------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|-----|-----|------|------|
|       |              |               |            |            |            | W                                 | C   | S   | G    | AE   |
| BB60  | 20           | 10±2.5        | 60.0       | 5±1        | 45.0       | 170                               | 283 | 804 | 1061 | 1.13 |
| OPC60 | 20           | 10±2.5        | 60.0       | 5±1        | 45.0       | 170                               | 283 | 807 | 1066 | 0.95 |

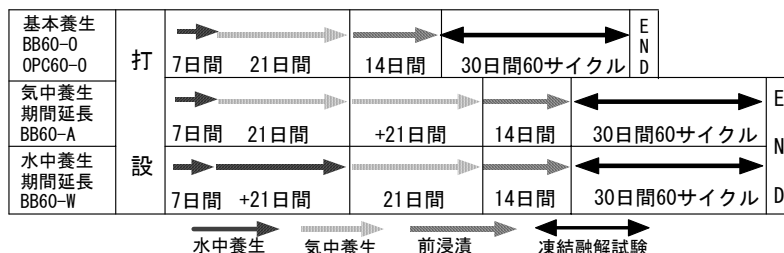


図-1 実験計画

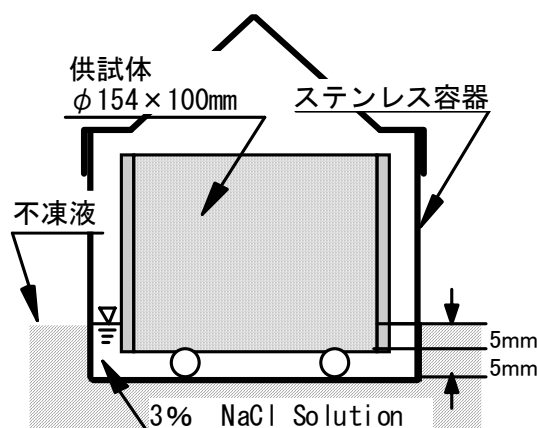


図-2 実験概要

### 3. 実験結果および考察

図-3 は、スケーリング量の測定結果を示したものである。基本養生を行った BB60-O と OPC60-O を比較すると、明らかに BB60-O のスケーリング量が大きく、BB60 は OPC60 に比べてスケーリング抵抗性が低いことがわかる。次に、養生方法の異なる BB60-O, BB60-W, BB60-A の比較から、60 サイクル終了後のスケーリング量は、BB60-A が最も多く、次いで、BB60-W, BB60-O であった。このことから、本研究では、気中養生期間の違いによるスケーリング量の差異、すなわち乾燥とその後の吸水によるスケーリングの促進が認められたが、水中養生期間の長さによる違いは少なかった。

図-4 は、1 サイクル当りのスケーリング量(スケーリング速度)の変化を示したものである。図より、スケーリング速度は、BB60 の場合、実験水準を問わず 6 サイクル、OPC60 では 12 サイクルで最大となり、30 サイクル以降、実験条件によらずほぼ一定で推移している。このことは、セメントの種類および養生条件によるスケーリング量の差異は初期のスケーリング抵抗性に起因することを示していると思われる。

図-5 は、スケーリングにより露出した粗骨材の面積を試験面に対する露出面積率として表し、これとスケーリング量の関係を示した図である。なお、図-5 に示すスケーリング劣化過程を明確にするため、BB60-O と OPC60-O について 120 サイクルまで試験を延長し、その結果も併せて示してある。図-5 より、実験水準によらず劣化状況は、3 段階に分かれる傾向が見られた。すなわち、Ⅰ段階がモルタルの剥落のみがスケーリングに寄与した領域、次にⅡ段階としてスケーリングが粗骨材間のモルタルと小さい粗骨材の剥落による状態に移行する領域、最後、Ⅲ段階ではモルタルと粗骨材の剥落が相互に生じ粗骨材露出面積がほぼ定常となる領域である。また、この劣化状況を図-3 のスケーリング量測定結果から見ると、Ⅰ段階はスケーリング量が  $4\text{kg/m}^2$  程度までで、これはスケーリング増加が顕著な区間であり、Ⅱ段階は、スケーリング量の直線増加区間、60 サイクル以降(Ⅲ段階)は、比較的大きい粗骨材の剥落とモルタルの剥落を繰り返す状態と示唆される。

### 4. まとめ

高炉セメントコンクリートは、普通セメントコンクリートよりスケーリング抵抗性が劣り、その違いは、初期の凍結融解サイクルで定まる傾向にある。また、粗骨材面積を指標としたスケーリング評価によりその劣化過程を 3 段階に分けて捉えることが可能である。

### 謝 辞

本研究は文部科学省学術フロンティア推進事業（日本大学工学部）：「中山間地及び地方都市における環境共生とそれを支える情報通信技術に関する研究（研究代表：小野沢元久）」の一環として実施した。

### 【参考文献】

- 1) 三浦 尚:融雪剤による鉄筋コンクリート構造物の劣化, (社)日本コンクリート工学協会, Vol.38, No.6, pp.3-8 2006
- 2) Setzer, M.J. et al. (1998): Capillary Suction-Internal damage and Freeze thaw test, Betonwerk+Fertigteile Technik, BFT4, pp.94-105 1998

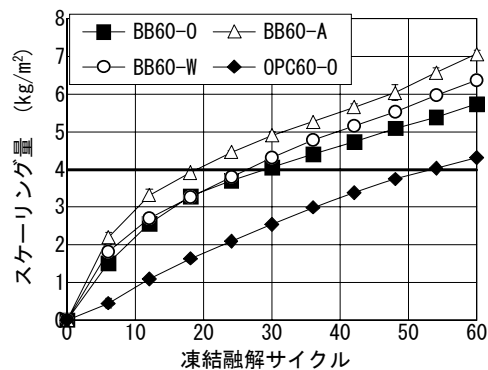


図-3 スケーリング量測定結果

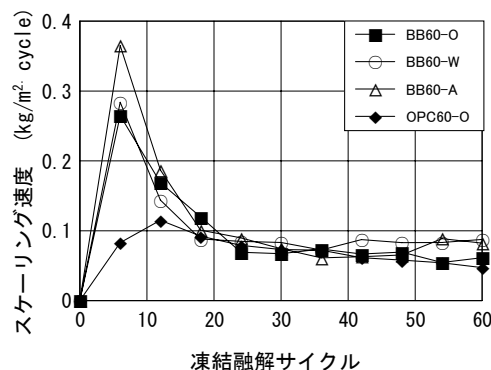


図-4 スケーリング速度と凍結融解回数

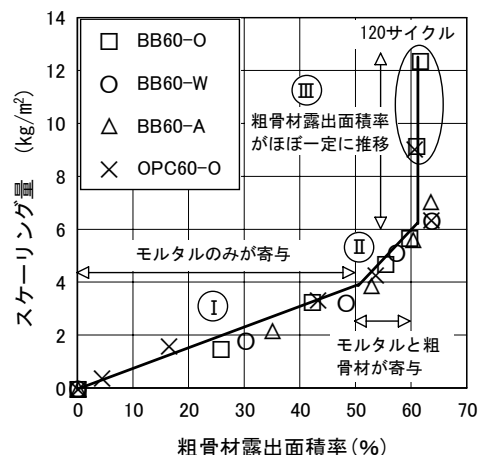


図-5 スケーリング量と粗骨材露出面積