

V-44

凍結融解を受けるコンクリートの表面マイクロクラック性状に関する研究

東北学院大学工学部 学生員 ○佐藤 雄亮

東北学院大学工学部 フェロー会員 大塚 浩司

東北学院大学大学院 学生員 廣田 宜久

1. まえがき

近年、冬期道路面の凍結対策として、凍結防止剤の散布が頻繁に行われるようになり、道路関連のコンクリート構造物に凍結防止剤による劣化促進作用のためと考えられるスケーリングが発生している。

従来の研究では、凍結融解作用を受けたコンクリートの劣化・損傷や質量減少率、また、凍害劣化によるコンクリートの物理的变化を評価する研究が行われている。しかし、それらのマクロ的研究だけでは凍結融解作用を受けたコンクリート表面における早期劣化のメカニズムを解明することは困難であると考えられる。

そこで本研究では、コンクリート表面に発生する肉眼で確認できないマイクロクラックを Wet-SEM を用いて観察し、それが凍結融解の繰り返し作用を受けどの様に変化するか、また表面に浸透した塩水がスケーリング劣化にどのような影響を与えるのかなどコンクリート表面の早期劣化のメカニズムを微視的に検討することを目的とした。

2. 実験概要

実験供試体は、Non-AE コンクリート (W/C=55%, 空気量=1.95%) と AE コンクリート (W/C=55%, 空気量=4.80%) の 2 種類とし、150mm×150mm×550mm のコンクリート角柱状のものから、Wet-SEM を使用して観察するために、直径 45mm にコア抜きをし、約 20mm の厚さに切斷したものである。供試体は、打設した底面を観察表面として表面以外をコーティングし表面以外から水が進入しないようにした。観察表面には、10mm×10mm の観察範囲を設けて Wet-SEM を使用して観察する。実験は、水中養生終了後に供試体を乾燥炉（温度約 30℃、湿度約 30%）で乾燥 7 日間と水中養生継続を 7 日間行い、供試体表面にマイクロクラックを発生させた。その後、供試体を真水または塩水（塩化ナトリウム 3% 溶液）に浸し、水中凍結水中融解試験を行った。凍結融解の温度・時間は、ASTM-C-672 の規定に沿うようにした。冷凍庫内の温度履歴を図-1 に示す。凍結融解は、1 サイクル 24 時間とし 1 サイクルごとに観察を行い、真水に浸したものは 20 サイクル、塩水に浸したものは 10 サイクルまで観察した。

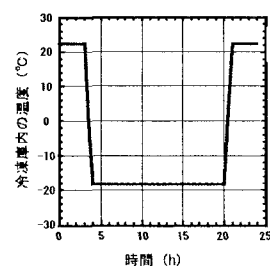


図-1 温度履歴

3. 実験結果および考察

写真-1 と写真-2 は、Non-AE コンクリートで水中養生後 7 日間乾燥させたものと水中養生を 14 日間継続したものの観察範囲を倍率 35 倍で撮影した表面を示すものである。図-2 と図-3 は、写真-1 と写真-2 に発生するマイクロクラックをトレースしたものを示す。写真-1 と図-2 から乾燥収縮によりコンクリート表面にマイクロクラックが表面に数多く発生していた。写真-2 と図-3 から水中養生を継続して乾燥の影響を受けていない場合はマイクロクラックの発生が少ない。図-2 と図-3 より、マイクロクラックは、Non-AE コンクリートが AE コンクリートよりも多く発生していたのが確認できた。また、乾燥収縮により発生したマイクロクラックの 80% 以上がクラック幅 5μm 未満であった。

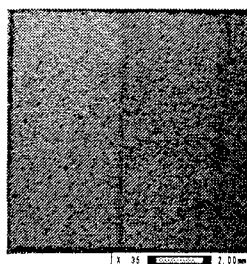


写真-1 乾燥炉 7 日間乾燥

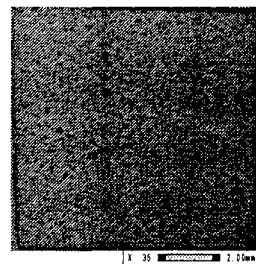


写真-2 水中養生 7 日間継続

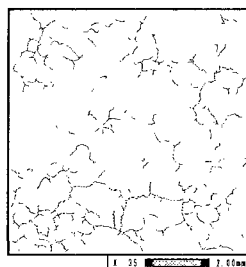


図-2 トレース図

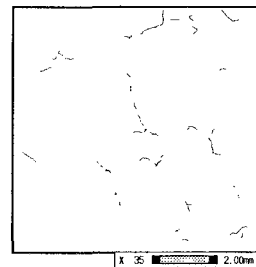


図-3 トレース図

写真-3 および写真-4 は Non-AE コンクリートと AE コンクリートの 2 サイクル時と 6 サイクル時における倍率 35 倍で撮影した表面を示す。両供試体とも水中養生 7 日間終了後に 7 日間乾燥させ、塩水に浸し凍結融解したものである。スケーリングは、Non-AE コンクリートで 2 サイクル時、AE コンクリートでは 6 サイクル時で発生した。スケーリングは、マイクロクラックに沿って発生していた。また、スケーリング発生後の 10 サイクル時の比較をすると、スケーリング劣化は、Non-AE コンクリートの方が観察範囲全体に発生しているのに対して、AE コンクリートでは数カ所に発生している程度である。スケーリングの発生したサイクルの違いと同じサイクルでの劣化程度の違いより、AE コンクリートが耐凍害性に優れていることが示されているといえる。

写真-5 および写真-6 は、Non-AE コンクリートと AE コンクリートの 6 サイクル時と 10 サイクル時における倍率 35 倍で撮影した表面を示す。両供試体とも水中養生 14 日間継続した供試体で塩水に浸し凍結融解したものである。スケーリングは、Non-AE コンクリートで 6 サイクル時、AE コンクリートでは 10 サイクル時でスケーリングが発生した。乾燥させた供試体（写真-3、写真-4）の方が水中養生を継続した供試体（写真-5、写真-6）より早期にスケーリング発生したのは、凍結融解開始前のマイクロクラックが数多く発生していたことが原因と考えられる。

7 日間乾燥後に、真水に浸し凍結融解したものでは、Non-AE コンクリートと AE コンクリートとの両供試体において 20 サイクルまでにスケーリングの発生は確認できなかったが、マイクロクラックの数および幅が凍結融解の繰り返しにより増加する傾向が見られた。

4. まとめ

Wet-SEM を用いて、肉眼で確認できないマイクロクラックが乾燥収縮および凍結融解の繰り返しによってコンクリートのスケーリング劣化にどのような影響を与えるのか調べた結果、本実験の範囲内では次のことが言える。

- (1) 水中養生 7 日後に 7 日間乾燥させた供試体では、Non-AE コンクリートの方が、AE コンクリートに比べてマイクロクラックの発生が多かった。また、Non-AE コンクリートと AE コンクリートの両供試体ともに、乾燥収縮により発生したマイクロクラックの 80%以上が、クラック幅 $5\mu\text{m}$ 未満のものであった。
- (2) 真水に浸し凍結融解した供試体では、Non-AE コンクリートと AE コンクリートの全ての供試体においてマイクロクラックの数および幅の増加傾向は見られたが、20 サイクルまでにスケーリングの発生は見られなかった。
- (3) 塩水に浸し凍結融解した場合には、水中養生 7 日間終了後に 7 日間乾燥させた供試体において Non-AE コンクリートで 2 サイクル時、AE コンクリートで 6 サイクル時にスケーリングが発生した。水中養生を 14 日間継続した供試体において、Non-AE コンクリートで 7 サイクル時、AE コンクリートで 10 サイクル時にスケーリングが発生した。
- (4) 水中養生 7 日後乾燥炉で 7 日間乾燥させた供試体の方が水中養生を 14 日間継続した供試体よりも早期にスケーリングが発生したのは、スケーリングがマイクロクラックに沿って発生していたことから、凍結融解開始前のマイクロクラックが数多く発生したためであると考えられる。

5. 謝辞

本研究に際し、東北学院大学工学部土木工学科平成 14 年度大塚研究室生、伊藤 優 氏の協力を受けた。ここに謝意を表する。

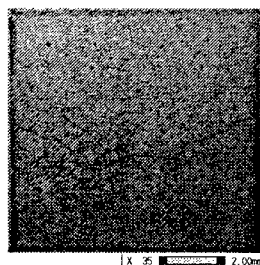


写真-3 Non-AE 塩水
2 サイクル

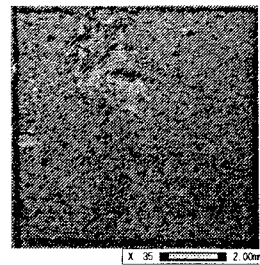


写真-4 AE 塩水
6 サイクル

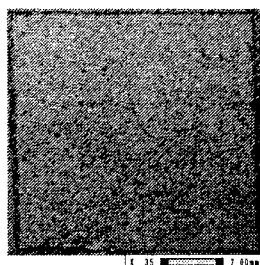


写真-5 Non-AE 塩水
6 サイクル

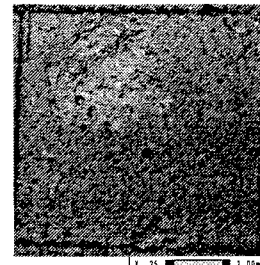


写真-6 AE 塩水
10 サイクル