

膨張性モルタルの温度応力試験

Behavior of capillary Porosity and thermal stress in expansive mortar

苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 ○学生員 上田大輔 (Daisuke Ueda)
 苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 正員 渡辺暁央 (Akio Watanabe)
 苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 正員 土門寛幸 (Hiroyuki Domon)
 苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 非会員 高橋正一 (Syouchi Takahashi)

1. はじめに

コンクリートの凍害は、寒冷地の典型的な劣化現象であり解決済みとは言えない重要な課題である。これはコンクリート内の水分が凍結融解作用を繰り返し、ひび割れや表層部の剥離を起こして劣化していく現象である。

T.C.Powers の水圧説では、次のように説明される。毛細管空隙中の水が凍結する際、体積膨張分に相当する未凍結水が内部へと移動する。このとき、粘性抵抗による静水圧(移動圧)が生じて、セメント硬化体の組織を破壊するとしている¹⁾。このメカニズムを防ぐには、空気が満たされた空間が必要である。空気は容易に体積を縮小して、膨張圧を緩和するからである。

凍結による膨張圧を評価することは困難であり、凍結融解試験によるスケーリングの評価により耐凍害性を評価することが一般的である。しかし、温度制御が可能な多機能寒冷地材料物性試験装置を使用して、両端固定した供試体を凍結させることにより、凍結による膨張圧を評価することができる可能性がある。既往の研究では、細骨材の粒径を2種類としてモルタル供試体の温度応力試験を実施してきた。その結果、モルタルの毛細管空隙の違いによって、応力の発生状況が異なることが分かってきた²⁾。

本研究では、空隙構造を調整ために膨張性モルタルを利用する。このモルタルの凍結による応力変化と、反射電子像で評価する毛細管空隙との関係について考察を行う。

2. 実験概要

2.1 モルタル供試体の作製

配合はセメント強さ試験に準じて、水セメント比 0.5、セメント砂比 1:3 とした。なお、セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材はセメント強さ試験用の標準砂 (JIS R 5201) を使用した。また、膨張性モルタルは焼成ホッキ貝殻粉末(以下、HP)をセメントに置換して打設する。焼成ホッキ貝殻粉末のセメント置換率は 10%とした。打設後は乾燥を防ぐためにフィルムを静置し、24 時間後に脱型する。その後、20℃の水中養生を行い、材齢 7 日で試験を実施した。完成後の寸法は 40×40×240mm (アタッチメントを両端 20mm 含む、写真-1)の角柱供試体である。

2.2 温度応力試験

20℃で水中養生した供試体は乾燥を防ぐため、濡れタ



写真-1 ネジ式アタッチメント



写真-2 装置内の様子

オル、ラップを巻きつける。その後、写真-2 に示すように、供試体を多機能寒冷地材料物性試験装置に両端固定して装着する。初期温度を 20℃、最終温度を-30℃、温度勾配を-10℃/h に設定した。このときの供試体に発生する温度応力および、供試体の表面温度を測定する。

2.3 反射電子像の画像解析

試験終了後の供試体から試料を切り出し、樹脂含浸および鏡面研磨を行い、電界放出型走査電子顕微鏡により反射電子像を取得する。取得した画像は、汎用画像処理ソフトにより二値化を行い、毛細管空隙を抽出する。

3. 実験結果および考察

3.1 温度応力試験

温度応力試験より得られた結果について HP0%を図-1 および HP10%を図-2 に示す。グラフの縦軸は温度応力により発生する引張応力、横軸は供試体の表面温度である。いずれも 20℃から温度低下により温度応力が直線的に増加する。0℃付近を境に引張応力の急激な増加や不連続な応力変化がみられた。事前に実施した乾燥させた供試体による試験では直線となっており、内在水分あるいは乾燥防止に使用した濡れタオルの凍結による影響と考えられる。濡れタオルの影響の有無については、不凍液等を使用した実験を行う必要があり、今後の検討課題である。

HP0%と HP10%を比較すると、HP10%は-30℃まで直線的に応力が増加している。一方、HP0%は、氷点下部分の応力変化が曲線的である。

3.2 反射電子像の画像解析

図-3 および図-4 に各供試体の反射電子像の例を、図-5 および図-6 にそれぞれの二値化画像例を示す。また、表-1 に二値化処理した画像の空隙率を示す。

両者を比較すると、HP10%の方が 0%のものより空隙率が大きい。このことから、HP10%は粗大な毛細管空隙が水の凍結による膨張圧を緩和していると考えられる。この結果は、昨年の研究結果と同様であり、凍結による膨張圧は空隙構造が重要な要素であるといえる。今後は膨張圧の発生する毛細管空隙構造の条件について検討する必要がある。

4. まとめ

本研究は、膨張性モルタルで空隙構造を調整したとき、モルタルの熱収縮および過冷却水の凍結による応力変化を検討していくことを目的に、水中養生した角柱モルタル供試体を両端固定し、一定速度で温度低下したときに発生する温度応力の変化を測定した。得られた結果は以下の通りである。

- (1) 焼成ホッキ貝殻粉末置換率が 0%の場合、0℃を境に応力の急激な増加がみられた。これは過冷却状態の水が氷に相変化した際の膨張圧が起因と考えられる。
- (2) 焼成ホッキ貝殻粉末置換率が 10%の場合、0℃を過ぎても応力の発生状況に極端な変化はみられなかった。
- (3) 供試体内部の空隙構造が大きい方が、水の凍結による膨張圧を緩和することを確認した。

参考文献

- 1) 長谷川寿夫・藤原忠司：コンクリート構造物の耐久性シリーズ 凍害、技報堂出版、1988
- 2) 土門寛幸・渡辺暁央・高橋正一：粒径の異なる細骨材を使用したモルタルの温度応力に関する検討，第73 回年次学術講演会講演概要集，V-589，pp.1177-1178，2018.8

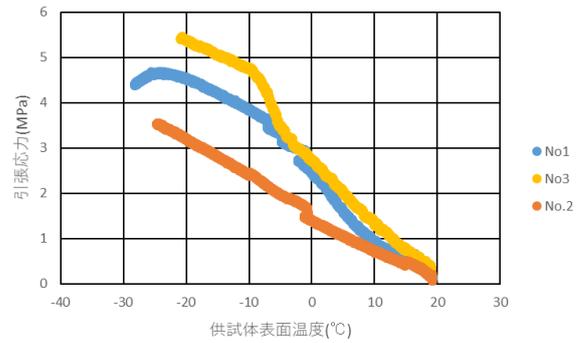


図-1 HP0%

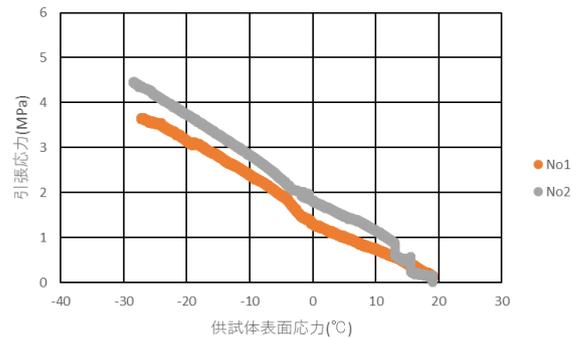


図-2 HP10%

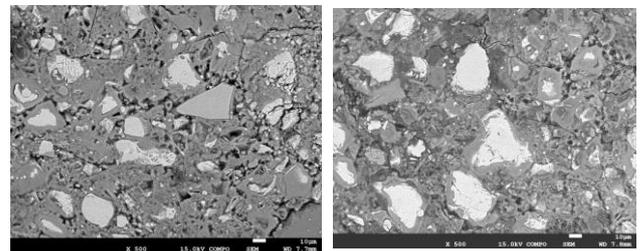


図-3 HP0%
の反射電子画像例

図-4 HP10%
の反射電子画像例

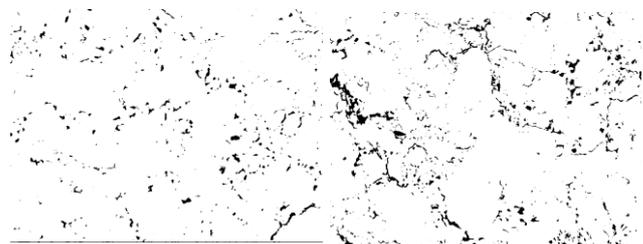


図-5 HP0%
の二値化画像例

図-6 HP10%
の二値化画像例

表-1 空隙率

膨張材のセメント置換率 (%)	空隙率 (%)
0	3.8
10	4.1