

膨張により毛細管空隙構造を変化させたモルタルの温度応力試験

苫小牧工業高等専門学校 学生員 ○上田 大輔
 苫小牧工業高等専門学校 正会員 渡辺 暁夫
 苫小牧工業高等専門学校 正会員 土門 寛幸
 苫小牧工業高等専門学校 高橋 正一

1. はじめに

凍害によるコンクリートの劣化は、寒冷地の典型的な劣化現象であり、コンクリート構造物の設計・維持管理の観点において重要な課題である¹⁾。

コンクリートの耐凍害性は、凍結融解試験によるスケーリングの評価が一般的であり、このとき発生する体積膨張圧（温度応力）の詳しい評価はなされていない。そこで著者らは、モルタル供試体の多機能寒冷地材料物性試験装置による温度応力試験で、応力の観点から凍害劣化について検討してきた。その結果、毛細管空隙の違いで、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、空隙構造を調整するために焼成ホッキ貝殻粉末の膨張特性を利用する。この膨張性モルタルの凍結による応力変化を評価することを目的とする。また、反射電子像から抽出した毛細管空隙との関係について考察する。

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。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は標準砂（JIS R 5201）を使用した。また、焼成ホッキ貝殻粉末（以下、HP）はセメントに置換して打設し、置換率は 10% とした。打設後は乾燥防止のフィルムを被せ、24 時間後に脱型した。脱型後、20℃で 7 日間水中養生を行う。完成後の寸法は 40×40×260mm（アタッチメントを両端 20mm 含む）の角柱供試体である。

2.2 長さ変化試験

ASTM C1698 に準じて、直径約 30mm、長さ約 425 mm のポリエチレン製コルゲートチューブを振動台の上に鉛直に設置し、振動を加えながらモルタルを上部から注ぎ込んだ。その後、コルゲートチューブにテフロン製の栓をして長さ変化測定用の供試体とし、これを 20℃の恒温室で 30°の角度に固定した台に設置した。レーザー変位計とデータロガーを用いて、30 分おきに長さ変化の測定を行った。

2.3 温度応力試験

水中養生した供試体は乾燥防止のため、濡れタオルおよびラップを巻きつける。その後、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 に設定して試験を実施した。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。

2.4 反射電子像の画像解析

試験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、電解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。

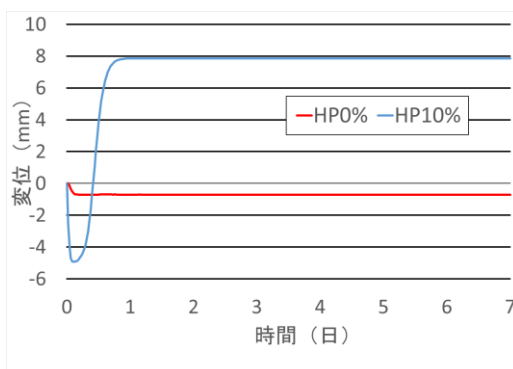


図-1 長さ変化試験結果

キーワード 凍害, 温度応力, 膨張性モルタル, 焼成ホッキ貝殻粉末, 反射電子像

連絡先 〒059-1275 北海道苫小牧市宇錦岡 443 番地 苫小牧工業高等専門学校技術教育センター TEL 0144-67-8027

3. 実験結果および考察

3.1 長さ変化試験

長さ変化試験の結果を図-1に示す。セメントの水和反応による自己収縮のあと、HP10%は著しい膨張反応を示すことがグラフから読み取れる。

3.2 温度応力試験

温度応力試験で得られた結果を図-2および図-3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0°C付近まで応力が直線的に増加するが、それ以降に急激あるいは不連続な応力変化がみられた。過去に行った乾燥させた供試体による試験では、この変化が直線となっており、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°Cまで応力変化が直線的である。一方、0%は氷点下部分の応力変化が曲線的である。

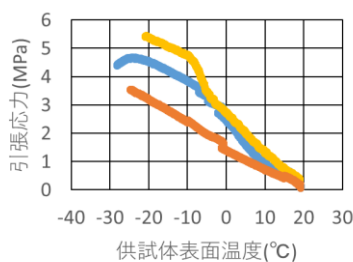


図-2 HP0%

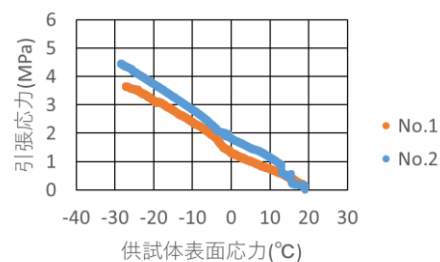


図-3 HP10%

3.3 反射電子像の画像解析

図-4および図-5に各供試体の反射電子像例を示す。また、表-1に二値化画像から抽出した空隙率を示す。

両者を比較するとHP10%は0%よりも粗大な空隙がみられ、空隙率も大きい。このことから、HP10%が直線的に応力変化したのは、粗大な空隙が含有する水分の凍結によって生

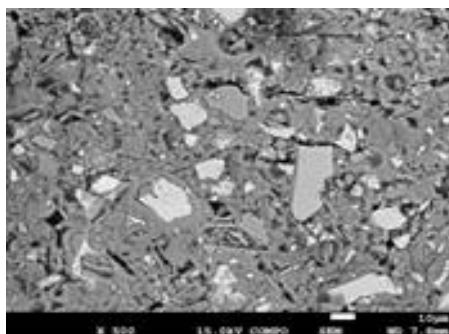


図-4 HP0%

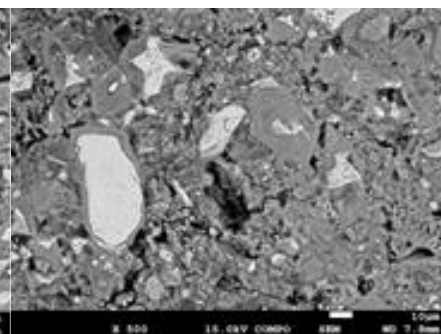


図-5 HP10%

じた圧力を緩和したものと考えられる。これは既往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、膨張圧の影響があらわれる空隙構造の条件について、詳しく検討する必要がある。

4. おわりに

本研究は、膨張性モルタルの凍結による応力変化を評価することを目的に、温度応力試験および反射電子像の画像解析を行った。得られた結果は以下の通りである。

- 1) HP0%は0°C付近を境に、急激あるいは不連続な応力変化がみられた。濡れタオルの影響の有無については、不凍液を用いた検討が必要である。
- 2) HP10%は直線的な応力変化なのに対し、HP0%は氷点下部分の応力変化が曲線的である。空隙構造の影響と考えられ、その条件についてHP置換率を細かくした検討を行う必要がある。

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

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