

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

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	正会員	渡辺 暁央
苫小牧工業高等専門学校		高橋 正一

1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地において、コンクリートは冬期や夜間の外気温の大幅な低下や昼間の日射による表面温度の上昇などの影響を受け、長期にわたって凍結と融解を繰り返す。この凍結融解作用を受けたコンクリートは、ひび割れやスケーリング(表面剥離)、ポップアウトなどの凍害劣化を引き起こし、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とされる。

このような凍害発生機構に関する基礎研究は、実際に起こる凍害劣化現象をモデル化した実験を行い、計測内容として変形量を基準としていることがほとんどである。そのため、この時に発生する体積膨張圧(温度応力)がどの程度なのか数値としての詳しいデータは十分に得られておらず、凍害におけるコンクリート内部の応力変化の詳細なメカニズムは未だ解明されていない。

そこで本研究は、温度制御可能な空気槽を有した多機能寒冷地材料物性試験装置を使用し、角柱モルタル供試体について温度応力試験を実施し、応力の観点から凍害劣化について検討する。供試体は両端固定の条件で、一定速度で温度低下させることにより、温度応力の変化を測定する。この場合、飽和含水状態でのモルタルの熱収縮の発生および過冷却状態でのモルタル中の水分の凍結による膨張作用が発生するため、供試体の温度応力は複雑な変化を示すと考えられ、この挙動を評価することを目的とする。また、温度応力の変化に基づいてコンクリートの凍害劣化との対応について考察する。

2. 実験方法

2.1 配合

普通セメントモルタルを水セメント比 0.5、砂セメント比 2.0 の配合でモルタルを打設した。使用した細骨材の粒径を 1.2mm 以下とした供試体（以下 1.2mm モルタル）および 5mm 以下とした供試体（以下 5mm モルタル）において温度応力試験および反射電子像の画像解析を行った。

2.2 温度応力試験

両端に鉄製アタッチメントを設置した 40×40×240mm の型枠にモルタルを打設し、乾燥防止のプラスチック製フィルムを被せ 24 時間後に脱型した。脱型後、20℃で 7 日間水中養生し、角柱供試体に長さ変化を補正するアタッチメントおよび供試体の乾燥を防止するためラップを装着し、多機能寒冷地材料物性試験装置を用いて+20℃から-10℃/h の温度勾配で温度を低下させた。最終温度は-30℃とし供試体に発生する温度応力および供試体の表面温度のデータを測定した。

2.3 反射電子像の画像解析

温度応力試験終了後のモルタル供試体から 10×10×5mm 程度の寸法で精密カッターを用いて切り出して、エタノール浸漬して水和を停止させた。真空含浸装置によりエポキシ樹脂を含浸させ、耐水研磨紙およびダイヤモンドスラリーを用いて表面の研磨を行い、試料を作製した。試料に白金蒸着を施して、反射電子検出器を備えた電界放出型走査電子顕微鏡により倍率 500 倍で骨材を避けて反射電子像を取得した。凍害は空隙構造に起因すると考えられていることから、取得した画像を汎用画像処理ソフトにより二値化して粗大毛細管空隙を抽出した。

キーワード 凍害, 温度応力, 反射電子像, 骨材の粒径, 粗大毛細管空隙

連絡先 〒059-1275 北海道苫小牧市字錦岡 443 番地 苫小牧工業高等専門学校技術教育支援センター TEL0144-67-8027

3. 実験結果および考察

3.1 温度応力試験

図-1 および図-2 に温度応力試験で得られた結果を示す。図-1 より、1.2mm モルタルでは、温度応力がほぼ直線的に増加している。また図-2 より、5mm モルタルでは、-20℃付近で応力がピークとなりその後減少した。コンクリートの凍害劣化は内部の空隙構造に大きく起因するため、これら細骨材の粒径の違いによる挙動の変化は、供試体の空隙構造が変化したことが原因と考えられる。

3.2 内部組織の画像解析

図-3 および図-4 に各供試体の反射電子像例を、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 に二値化处理した画像の空隙面積および空隙率を示す。細骨材粒径 5mm 以下の供試体試料より 1.2mm 以下の試料の方が空隙面積および空隙率は大きかった。これは粒径 1.2mm 以下では骨材粒度が一律で画一的であったため空隙が多く現れたと考えられる。一方、粒径 5mm 以下では大小さまざまな粒度の粒が存在していたため空隙の少ない緻密な内部構造となったと考えられる。また、空隙構造が小さいことにより含有する水分の凍結によって発生する圧力の影響が大きかったため、細骨材粒径 5mm 以下の供試体は引張応力が減少したと考えられる。

4. おわりに

本研究は、凍害劣化における応力変化の挙動を評価することを目的に、温度応力試験および内部組織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)細骨材粒径 1.2mm 以下では、試験開始の 20℃から試験終了の-30℃までほぼ直線的に引張応力が発生する。
- 2)細骨材粒径 5mm 以下では、最初はほぼ直線的に引張応力が発生するが、-20℃付近から徐々に応力は減少する。
- 3)供試体内部の空隙構造が小さい方が、含有する水分の凍結によって発生する圧力の影響を大きく受ける。

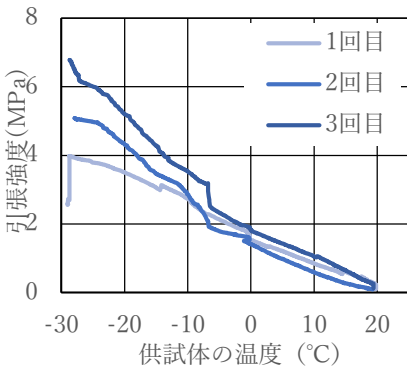


図-1 1.2 mmモルタルの温度応力試験結果

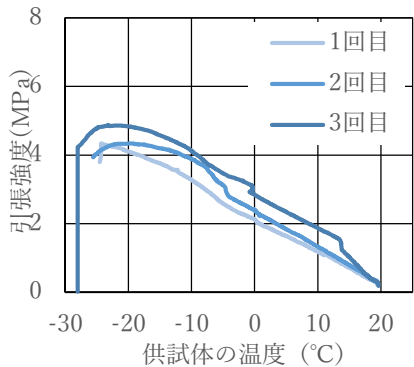


図-2 5 mmモルタルの温度応力試験結果

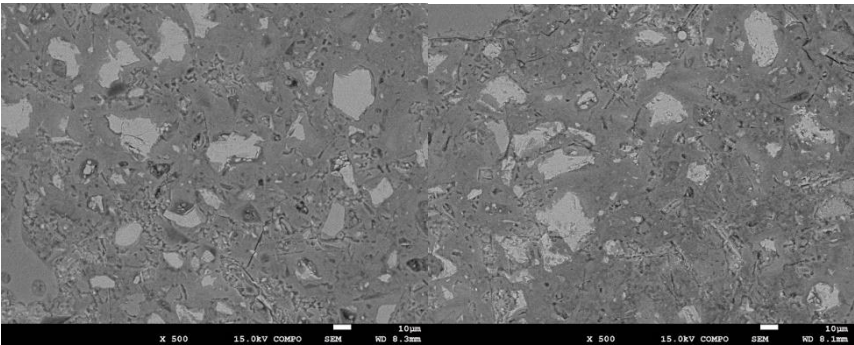


図-3 1.2mm モルタルの反射電子画像の例

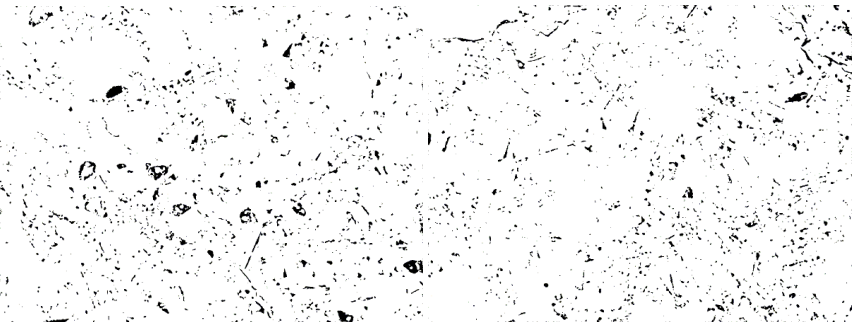


図-4 5mm モルタルの反射電子画像の例

図-5 1.2mm モルタルの二値化画像の例

図-6 5mm モルタルの二値化画像の例

表-1 空隙面積および空隙率

細骨材の粒径	空隙面積 (μm ²)	空隙率 (%)
1.2mm 以下	1819	4.4
5mm 以下	1658	4.0