

多機能寒冷地材料物性試験装置を用いたコンクリートの応力試験

Study of thermal stress experience of concrete

苦小牧工業高等専門学校 学生員 小橋美穂 (Miho Kohashi)
苦小牧工業高等専門学校 正 員 渡辺暁央 (Akio Watanabe)
苦小牧工業高等専門学校 正 員 廣川一巳 (Kazumi Hirokawa)
苦小牧工業高等専門学校 非会員 高橋正一 (Syouchi Takahashi)

1. はじめに

寒冷地におけるコンクリートの凍結融解の繰り返しによりひび割れやスクーリングなどの劣化が起こる。これはコンクリート内の水分が温度低下によって氷に変化する際に体積が増え、膨張圧が発生することに起因する。

この現象は T.C.Powers¹⁾の水圧論に基づいて説明されることが多いが、この説は著者自身により撤回されている²⁾。水圧論は、毛細管空隙中の水が凍結すると空隙容積を越える余分な水がゲル空隙を通して気泡などに押し出される。このとき、ゲル空隙で水が流動するため飽和流水圧が発生するというものである。しかし、この劣化機構では 10MPa 程度の圧力が発生すると考えにくく、多くの問題点を有していることから撤回に繋がったと考えられる²⁾。

凍害の基礎研究の課題は実際の凍害劣化をモデル化した実験について、計測内容は変形量を基準としていることであると考えられる。そのため、凍害機構の解明には応力変化に基づくデータ収集が大切あるといえる。

本実験では、温度制御可能な空気槽を有した疲労試験機(写真-1)を使用して、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変化を測定した。これにより、飽和含水状態でのモルタルの熱収縮および過冷却水の凍結による膨張圧の評価を行うことを目的とした。



写真-1 多機能寒冷地材料物性試験装置

2. 実験概要

2.1 供試体の作製

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は 5mm ふるいを通過するものを使用し水セメント比 50%、セメント砂比 1:2 のモルタルを作製した。寸法が 40×40×220mm の角柱供試体を打設した。打設後は表面にフィルムを被せた上で静置し、24 時間後に脱型した。20℃の水中養生を行い、材齢 7 日で試験を実施した。同時に上記と同様の配合・条件で直径 50mm、高さ 100mm の円柱供試体も打設した。

2.2 引張試験

角柱供試体はアタッチメントにねじを装着して引張荷重を試験機に伝達する構造とした(写真-2)。そのため、適切に荷重伝達が出来ているかを確認するため、材齢 7 日で角柱供試体の直接引張試験(写真-3)および円柱供試体による割裂引張試験を実施した。応力算定式を表-1 に示す。



写真-2 ねじ式アタッチメント



写真-3 角柱供試体の直接引張試験後

表-1 応力算定式

供試体の種類	算定式
円柱供試体	$\sigma = 2P / \pi ld$

角柱供試体

$$\sigma = P/A$$

今後、さらにデータを収集して、ばらつきの原因を特定する必要がある。

2.3 温度応力試験

試験開始時の供試体温度を 5℃および 20℃とした。水中から取り出した供試体について、乾燥を防止するためにラップで周囲を養生して多機能寒冷地材料物性試験装置に装着した。供試体のアタッチメントを両端固定になるように設定し、10℃/h の温度で試験機の温度を低下させた。この時の温度応力および供試体表面の温度をデータログで測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 引張試験

表-2 に角柱および円柱供試体の引張試験を示す。引張強度に大きな相違はなく、角柱供試体におけるアタッチメントねじの埋め込みによる荷重伝達に問題がないといえる。

表-2 引張強度

供試体の種類	引張強度 (N/mm ²)
円柱供試体	3.79
角柱供試体	3.43

3.2 温度応力

試験開始温度 5℃の結果を図-1 に、開始 20℃の結果を図-2 に示す。グラフの横軸は供試体表面温度を、縦軸は温度応力により発生する引張応力を示している。

温度低下による温度応力の発生は、-10℃程度まで不連続箇所が認められるがほぼ直線的に増大している。さらに温度が低下すると、-22℃程度でピークを示し、その後の温度応力が小さくなっている。

温度低下中に不連続な応力増加となるのは、0℃以下になったとき過冷却による部分的な凍結が発生していることが予想される。また、-22℃付近で応力がピークとなることについては、飽和状態のモルタルの過冷却による凍結の温度が-15℃程度であることを考慮すれば、供試体中の毛管水の凍結による膨張量が熱収縮量を越えるのがその程度の温度であったと考えられる。

測定結果は、供試体ごとに測定データのばらつきが大きい。特に、試験開始温度 5℃の時は、供試体低下によって直線的に応力が増大する時の傾きが異なる。これは、0℃以下になった時に供試体表面部で部分的に過冷却による凍結が始まり、安定的な測定ができなかったことが推定される。そのため、試験開始温度を 20℃で実験を行い、0℃以上の領域で熱収縮のみになるように実験を行った。その結果、図-2 で示すように、初期の温度低下による温度低下による応力発生勾配がほぼ一定となり、安定的な結果を得ることができた。一方で-10℃以下になったときの最大応力には比較的大きな応力差があり、供試体の品質のばらつきがあるものと考えられる。

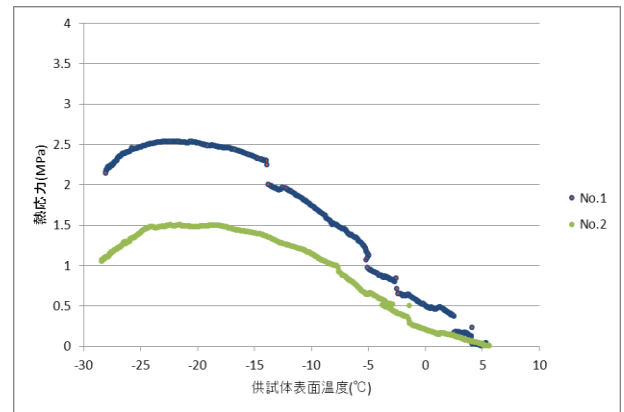


図-1 開始温度 5℃の実験結果

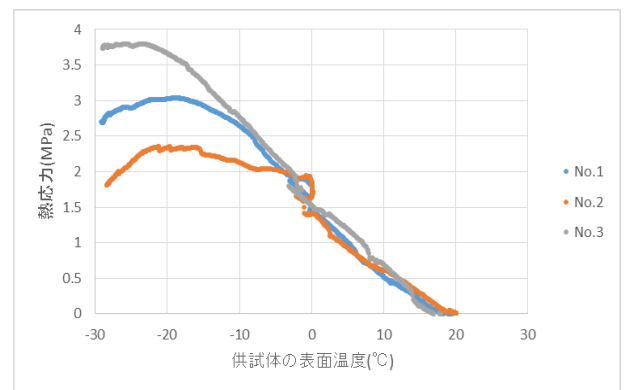


図-2 開始温度 20℃の実験結果

4. まとめ

本研究は、飽和含水状態のモルタルの熱収縮および過冷却水の凍結による膨張圧の評価を行うことを目的に、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変化を測定した。得られた主な結果は以下のとおりである。

- (1) 実験開始時時の供試体表面温度が 5℃と 20℃どちらの場合においても、供試体表面温度がおよそ-20℃までは一定の傾きを保って熱応力の増加が見られた。
- (2) 実験開始時時の供試体表面温度が 5℃と 20℃どちらの場合においても、供試体表面温度がおよそ-22℃で最大熱応力点に達した。
- (3) 実験開始時時の供試体表面温度が 5℃と 20℃どちらの場合においても、供試体表面温度がおよそ-20℃～25℃の間に熱応力の低下が見られた。

参考文献

- (1) T.C.Powers : A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete, Proc. American Concrete Institute, Vol. 41, pp. 245-272, 1945
- (2) 川村満紀・S.チャタジー：コンクリートの材料科学, 森北出版, 2002