

コンクリートの温度応力試験に関する研究

Study of thermal stress experiment of concrete

苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 ○学生員 中河勇 (Isamu Nakagawa)
 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 廣川一巳 (Kazumi Hirokawa)

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物は、使用範囲が様々な用途に広がり設計法や解析方法が論じられている。その中で近年、限界状態設計法が広く用いられるようになったことから、各部材の載荷時における正確な挙動を把握することの重要性が問われている。鉄筋コンクリートは荷重やひずみの増加に伴い、荷重の分担に変化が生じることがわかっている。そこで、荷重を載荷した状態で温度を常温から変化させていくと荷重の分担にどのような変化が起きるのかを照査する必要があると考えられる。

本研究ではモルタル供試体を使用し、荷重載荷状態での温度を変化させていく実験を行っていく。荷重載荷状態で常温から温度を下げていくと、初期荷重に加えた荷重が温度低下とともに抜けていくことがわかる。このように、供試体に温度変化を与えると温度応力による膨張や収縮により荷重に変化が生じるので、この時の供試体の変形量や温度に対する荷重変動の関係の検討することを目的とする。

2. 実験概要

(1)モルタル供試体の作製

使用するセメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)で細骨材は浜厚真産陸砂(密度 2.69g/cm^3)を使用した。質量比は水：セメント：細骨材=0.5：1：2。供試体寸法は直径50mm、高さ100mmとした。モルタルはサミットモールドに打設し、打設から7日間封かん養生し、その後、気中に放置した。

(2)静弾性係数試験

モルタル供試体の計算上の線膨張係数による膨張量及び収縮量を算出するにあたり、JIS A 1149 に準じた静弾性係数試験を行った。試験数は3本である。

(3) 温度応力試験

温度応力試験は温度変化による収縮・膨張を照査するため収縮試験と膨張試験を別けて行った。試験装置はアスファルト材料の試験装置である温度コントロール可能な空気層を有した疲労試験機を用いた。また、温度と荷重の測定はデータロガーを使用し自動計測する。供試体の内部温度は実際に載荷する供試体とは別に熱電対を入れたダミー供試体で測定する。

収縮試験の実験手順は供試体の内部温度が 20°C 一定になるように空気層の設定を行い、供試体内部温度が一定になったら、初期荷重 10kN を与え、空気層の設定を1時間に 10°C ずつ下げていくように設定し、測定を開始する。

膨張試験の実験手順は供試体の内部温度が -20°C 一定

になるように空気層の設定を行い、供試体内部温度が -20°C になったら、初期荷重が 0kN になるようにして固定し、空気層の設定を1時間に 10°C ずつ上げていくように設定し、測定を開始する。供試体内部温度の温度勾配を図-1に示した。

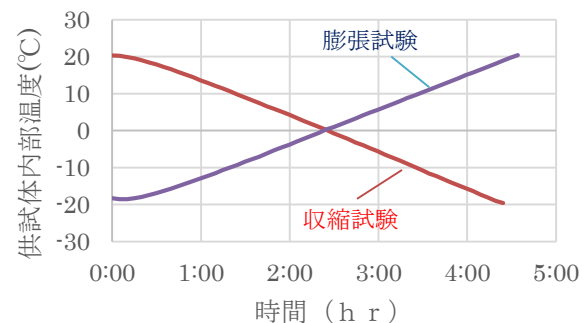
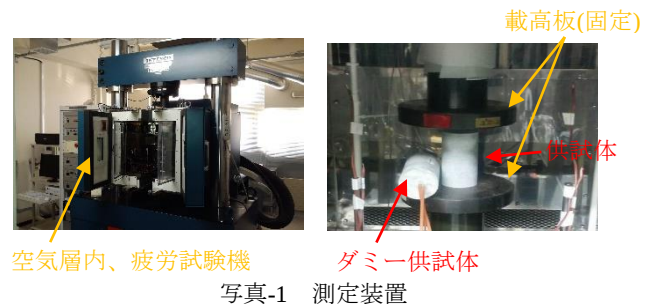


図-1 温度勾配

3.実験結果

(1)静弾性係数試験

w/c50%のモルタル供試体の試験結果を表-2に示す。

表-2 静弾性係数試験結果

	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm^2)	静弾性係数 (kN/mm^2)
1	126.1	63.4	26.2
2	141.3	71.1	27.6
3	131.2	66.0	28.7
平均	132.9	66.8	27.5

(2)温度応力試験

収縮試験の結果を図-2に、膨張試験の結果を図-3に示す。収縮試験の結果は供試体内部温度が下がるに従い、初期荷重に与えた荷重が抜けていった。試験開始から温度の低下にともなって、荷重が著しく抜けていくことが

確認できた。最終的に試験開始から約4時間前後で荷重が全て抜ける結果が得られた。一方、膨張試験の結果は供試体内部温度が上がるに従い、初期荷重よりも荷重が増えていき、+20℃の段階で12~14kNの荷重となった。

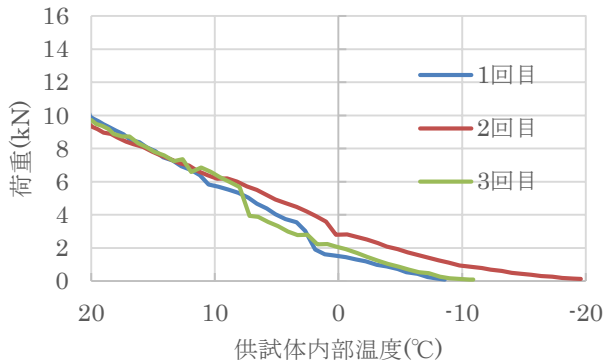


図-2 収縮試験結果

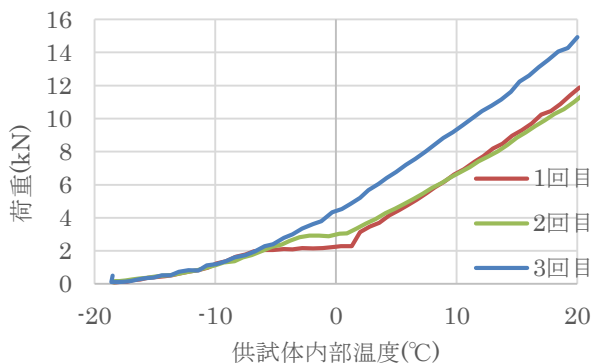


図-3 膨張試験結果

4. 考察

収縮試験の結果より、供試体は温度低下による温度応力により収縮を示すことが確認できた。図-2の0℃付近に着目すると、凍結までの傾きと、凍結後の傾きが違うことがわかる。この違いは線膨張係数に変化が生じていると考えられる。しかし、初期荷重10kNでは-10~-20℃で荷重が0となってしまう、適切な評価が難しい。

膨張試験の結果より、供試体は温度上昇による温度応力により膨張を示すことが確認できた。図-3の0℃付近に着目すると、荷重がほぼ変化せずに供試体内部温度だけが上がっている部分が見られる。これに関しては原因は不明であるが、空隙中の水分の影響がある可能性が考えられる。これは3回目の試験データが他のデータと比べて綺麗な曲線を描いていることから得られる推論である。この原因は膨張試験は供試体温度をあらかじめ、低温の状態に一定に保つために、冷凍庫に供試体を入れておき、試験を行うときに冷凍庫から取り出して実施した。この時、冷凍庫に供試体を入れたタイミングが同じであり、3回目測定の供試体は、冷凍庫に3日以上いたままにしておいたので、その時に凍結乾燥が起こったと考えられる。凍結乾燥により供試体の水分量が減ったため、綺麗な曲線のデータになってしまったと考えられる。ま

た、収縮と同様、0℃到達までの傾きと0℃到達後の傾きが違うことが確認できる。こちらも収縮と同じく、線膨張係数に変化があると考えられる。収縮および膨張の傾きをそれぞれ線膨張係数による変形量の算出式で求めた。

$$\Delta l = \Delta l_t + \Delta l_p \quad (1)$$

$$\Delta l_t = \alpha \cdot l \cdot \Delta t \quad (2)$$

$$\Delta l_p = \frac{\sigma}{E} l \quad (3)$$

ここに、

Δl_t : 温度変化による変形量

α : 線膨張係数

l : 元の長さ

Δt : 温度変化

σ : 応力

E : ヤング率

上記の式で算出した線膨張係数を表-3に示す。

表-3 線膨張係数

温度	試験	線膨張係数(1/℃)
凍結温度	収縮試験	3.25×10^{-6}
	膨張試験	2.92×10^{-6}
融解温度	収縮試験	7.87×10^{-6}
	膨張試験	8.98×10^{-6}

一般的なコンクリートの線膨張係数 $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ (1/℃)と表-3を比較すると、融解温度時の収縮、膨張試験の線膨張係数はコンクリートの線膨張係数に比較的近い値であるのがわかる。一方、凍結温度時の収縮、膨張試験の線膨張係数はコンクリートの線膨張係数から比べるとかなり小さいことがわかる。

以上のことから、供試体内部温度が凍結温度の場合にはモルタル供試体の線膨張係数が小さい値を示すことが確認できた。また、供試体内部温度が融解温度の場合は線膨張係数が大きくなる傾向になることがわかった。

4. まとめ

- (1) 各収縮、膨張試験の結果は、解凍温度(0~-20℃)までは荷重の変動が余り大きくなく、融解温度(0~20℃)からは荷重の変動が大きくなるのが確認できた。
- (2) 収縮試験の供試体が凍結する直前の温度で荷重が一気に下がる部分と膨張試験の供試体が融解する直前の温度で荷重が増えずに温度だけが上昇する挙動が確保される要因としては、水分凍結、融解の影響があると考えられる。
- (3) モルタル供試体の線膨張係数が凍結の前後で変化することが確認でき、凍結中は約 3×10^{-6} (1/℃)、融解中は約 $8 \sim 9 \times 10^{-6}$ (1/℃)であった。