

V-251

サーモグラフィ法によるコンクリートの打込み管理法における環境条件の影響

前田建設工業技術研究所 正会員 渡部 正
 東京大学生産技術研究所 正会員 魚本 健人

1. まえがき

著者らは、コンクリートの打込み状況のモニタリング法として、型わく外面の熱画像を撮影する方法を提案しており、実施構造物へも適用できうることを確認している[1][2]。

本研究は、この手法において、天候の影響、すなわち、型わくに直射日光が当たっている場合と環境温度が急変した場合への適用性について明らかにすることを目的として実施したものである。

2. 実験概要

実験模型は、図1、写真1に示したような形状寸法であり、型わく中央に空隙を模擬するための発泡スチロールを設置した。型わくは、直射日光が当たる屋外に設置し、スランプフローが50cmのコンクリートを締固めを行わずに連続的に打込み、その時の型わく外面の熱画像を撮影した。使用した赤外線映像装置はN社製のTVS-2000である。

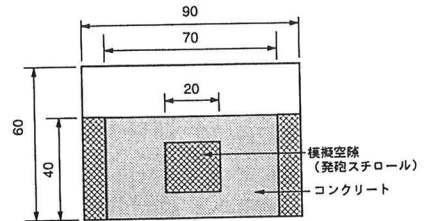


図1 模型の形状(単位: cm)

3. 熱画像解析による欠陥部の判別法

実験時のコンクリート温度は20.7℃、直射日光が当たる型わく周辺の外気温は26.9℃、日陰での外気温は19.0℃であった。コンクリート打込み時における型わく面の熱画像は、カラー256階調、画像積算回数16回、設定感度0.04℃あるいは0.05℃、計測距離4.5mとして撮影した。型わく脱型後の外観は、写真2に示すとおりであり、空隙を模擬した発泡スチロールの左側の一部が充填不良となっていた。

写真3はコンクリート打込み終了直前の熱画像であり、型わくには直射日光が当たっている。この画像からわかるように、型わく面には、リブ等による陰が生じているため温度のムラが認められる。しかしながら、型わくに直射日光が当たっている場合においても、室内実験の結果と同様[1]、コンクリートが打ち込まれた部分とそうでない部分を温度の違いとして検出できることがわかった。

写真4は、打込み終了1分後に天候が曇へと急変した直後の熱画像である。このように、直射日光が当たっている場合に比べて、型わく面の温度のムラがなくなり、コンクリートが打ち込まれた部分が低温領域として明瞭に認識できることがわかる。

撮影した熱画像に対して以下のような画像解析を行って、充填部分と未充填部分とを2値画像として定量的に表示できうるかどうかを検討した。

(1) 晴天時の場合(打込み終了直前の写真3の熱画像)

打込み終了直前の写真3と画像と打込み前の画像とで画像間差分処理を行い、コンクリートが打ち込まれたことによって生じた型わく温度の変化量を計算して、コンクリートが充填された部分の平均温度変化量とそ



写真1 使用した型わく

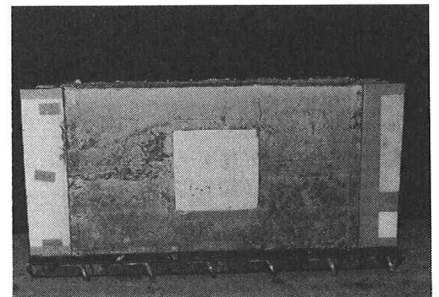


写真2 脱型後の外観

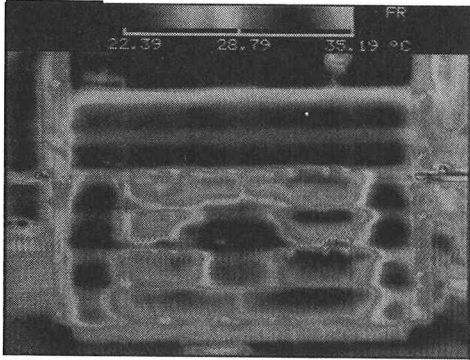


写真3 打込み終了直前の熱画像（晴天時）

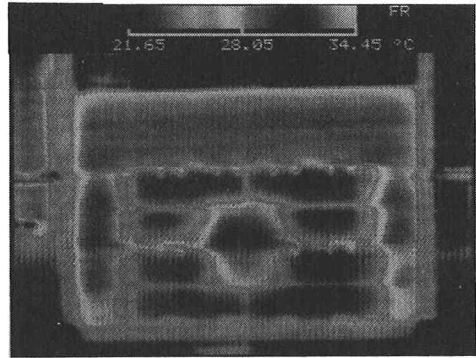


写真4 打込み終了直後の熱画像（曇時）

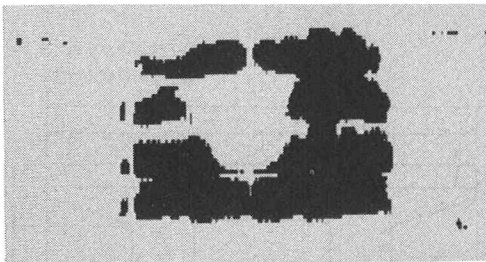


写真5 2値画像処理結果（晴天時）

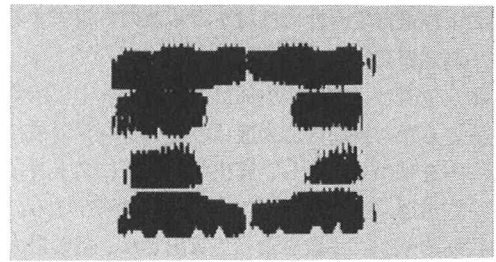


写真6 2値画像処理結果（曇時）

の標準偏差を求めた。すなわち、充填部分として、型わくの下部を選定した結果、平均温度 $\mu = 5.310^{\circ}\text{C}$ 、標準偏差 $\sigma = 0.747^{\circ}\text{C}$ が得られた。これより、しきい値 T_{thr_1} を97.5%の信頼確率で片側検定を行い、 $T_{\text{thr}_1} = 5.310 - 1.96 \times 0.747 = 3.846^{\circ}\text{C}$ を選定した。

この値を使用して2値画像処理を行った結果を写真5に示す。このように、型わく連結材の部分は未充填部と判定されているものの、脱型後の外観を示した写真2との対応は比較的良好なものと判断できる。特に、打込みの際生じた発泡スチロール左側の付近の豆板をも検出していることがわかる。

(2) 天候の急変時（打込み終了後の写真4の熱画像）

天候が急変した打込み終了後の曇時では、打込み前と環境温度が異なるため、上記した画像間差分処理では温度変化量を求めることはできない。そこで、コンクリートが充填されていない上部の型わく部分を基準とした時の画像内の相対温度差分布を計算した。そして、(1)の場合と同様、充填部分として型わくの下部を選定し、しきい値を、 $T_{\text{thr}_1} = 5.77 - 1.96 \times 0.71 = 4.38^{\circ}\text{C}$ として写真6に示すように2値化画像表示した。このように、写真5の処理画像に比較して欠陥部を多少大きく判定しているものの、ほぼ同様な結果が得られ、コンクリート打込み後に環境温度が急変した場合でも打込み状況を定量的に評価できることがわかった。

4. まとめ

型わく面の熱画像を撮影することによってコンクリートの打込み状況をモニタリングする方法に対して、天候の影響について検討した。その結果、型わくに直射日光が当たっている場合や環境温度が急変した場合においても、提案した画像処理を行うことによって、充填部分と未充填部分とを定量的に2値画像として判別できることが明らかとなった。

<参考文献>

- [1] 渡部正・魚本健人：型わく外面の熱赤外線画像によるコンクリートの打込み管理手法に関する基礎研究、土木学会論文集、No. 435、VI-15、pp. 121-128、1991. 9
- [2] 魚本健人・渡部正：サーモグラフィーによるコンクリート打込み時の欠陥検出法に関する研究、日本コンクリート工学協会、サーモグラフィー法に関するコンファレンス論文集、pp. 49-54、1992. 4