

V-226 型わく面の熱赤外線画像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

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. はじめに

著者らは、コンクリート打込み時の型わく外面の熱赤外線画像を計測することによって、型わく内部のコンクリートの打上がり状況を検出し、かつ、締固め不良、材料分離によって生ずる空隙や豆板等の欠陥をリアルタイムで検出する方法を既に提案している[1][2]。この手法は、打込み時のコンクリート温度と型わく温度の差を利用し、計測した原画像にてそれらを検出するため、手法としては簡易である。

本研究では、欠陥の識別をより定量的に行うことを目的とし、コンクリートを打込んだことよって生ずる型わく外面の温度上昇量のみを画像間減算によって表示する方法と、さらにその温度上昇量にしきい値を設定して表示し、欠陥の判別を定量的に行う方法について検討した結果に関して述べるものである。

2. 実験概要

実験は、図-1に示した鋼製型わく内にスランプが8cmのコンクリートを2層に分けて打込み、その時の型わく外面の熱赤外線画像を、N社製(TVS-2000)の赤外線カメラを用いてカラー256階調、画像加算回数32回、設定感度0.04℃、計測距離4.0mとして計測した。

コンクリートは1層目を打込んだ後、直ちに2層目を打込んだ。1層目には、空隙を模擬した直径15cmの塩ビ管を埋設した。コンクリートは、投入後に棒状バイブレーターを使用して締固めを行った。2層目は、締固め不良によるかぶり部分の充填不良の状況を模擬するため、直径6mmの鉄筋を縦10cm間隔、横7.5cm間隔の格子状にかぶり厚20mmとして二重に配筋した。コンクリートを投入した後は、上部の約10cmのみをバイブレーターで締固めを行い、その下側の約20cmは充填不良となるよう締固めは実施しなかった。なお、実験時のコンクリート温度は20℃、型わく温度は15℃であった。

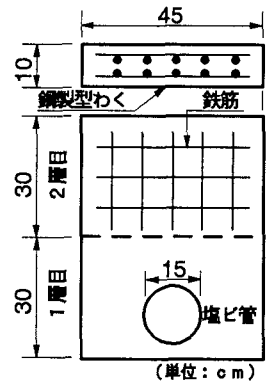


図-1 実験模型の形状

3. 実験結果および検討

写真-1(a)(b)は、1層目のコンクリートを投入して締固めた直後の熱赤外線画像と2層目を打込んだ直後の熱赤外線画像である。写真-1(a)では、1層目の空隙部分が周辺部のコンクリートに比べて低い温度で表れている。写真-1(b)では、1層目の空隙部分、および、2層目の締固め不良部分は、明確には認識できない。

写真-2(a)(b)は、写真-1の熱赤外線画像から打込み前の熱赤外線画像を減算し（差分画像）、温度表示幅を拡大してコントラストを強調させた画像である。このように、差分画像では、温度が変化した部分のみを抽出できるため、1層目の空隙部分、2層目の締固め不良部分が、周辺のコンクリート部より低い温度となっているのが、原画像よりも明確に認識することができる。ただし、写真-2(b)で分かるように、1層目の空隙部分は、その層が打込まれてから約5分経過した後の画像であるため、空隙部の型わく温度が上昇してその認識が明確にはできない。

写真-3は、写真-2の差分画像に対し、温度のしきい値を設定して、4値化表示(4色表示)したものである。すなわち、1層目のコンクリートを打込んだ直後の差分画像を4値化し、2層目は、1層目の画像を固定表示した状態で4値化したものである。なお、ここでは、しきい値(Δt ℃)を過去の実験データを参考にして次のように仮定した。 $\Delta t \geq 2$ の範囲はコンクリートが充填された部分、 $2 > \Delta t \geq 1.6$ の範囲は締固め不良

部分、 $1.6 > \Delta t \geq 0.4$ の範囲は空隙部分、 $0.4 > \Delta t$ の範囲は温度変化のない背景部分とした。今回は、画像濃度の平滑化や雑音除去を行っていないため、画質がやや劣っているものの、欠陥部分の特徴が明確に抽出できている。締固め不良部分については、空隙と判定される部分と充填された判定される部分が混在しているが、写真-4に示した型わく脱型後のコンクリートの外観と良い対応が認められる。

以上のように、コンクリート打込み時に生ずる型わく外面の温度変化を熱赤外線画像として二次元的に計測し、その温度変化量に着目すれば、コンクリートが充填された部分、空隙部分、締固め不良部分および背景部分というように判別することができる。また、温度変化量にしきい値を設けて分類表示すればコンクリートの充填度合いや欠陥の種別を、赤外線カメラについての専門的な知識がなくても容易に判別することができ、定量的な施工管理への利用ができる可能性があることが確認できた。

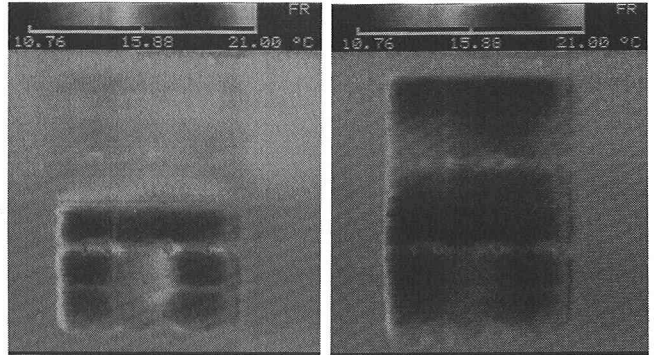
4. まとめ

本研究の結果、コンクリート打込み時の型わく外面の熱赤外線画像から打込み前の画像を減算した差分画像を表示することにより、温度が変化した部分のみを抽出でき、原画像に比べて欠陥の認識が容易となることが明らかとなった。そしてさらに、温度変化量にしきい値を設けて表示することにより、より明確かつ容易に欠陥の認識および判別を行えることが明らかとなった。

今後、実用化に当たっては、しきい値の合理的な設定法、画像処理の際の雑音除去の方法等を検討するとともに、上記手法をリアルタイムで行うことができるシステムの検討を行う必要がある。

【参考文献】

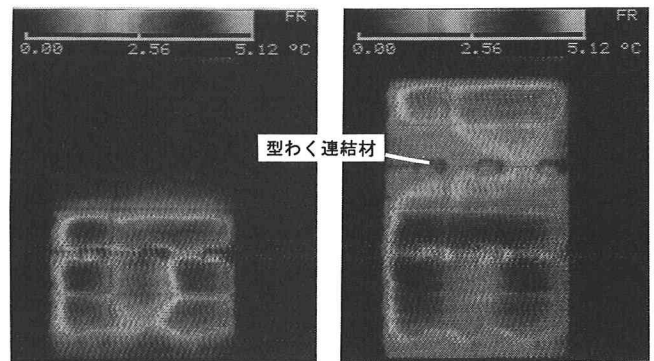
- [1] 渡部・関口・魚本：赤外線放射温度計によるコンクリートの打込み管理手法に関する研究、土木学会、第46回年次学術講演会講演概要集、第5部、平成3年9月
- [2] 渡部・魚本：型わく外面の熱赤外線画像によるコンクリートの打込み管理手法に関する基礎研究、土木学会論文集、No. 435、VI-15、1991.9



(a) 1層目打込み後

(b) 2層目打込み後

写真-1 熱赤外線原画像



(a) 1層目打込み後

(b) 2層目打込み後

写真-2 打込み前画像との差分画像

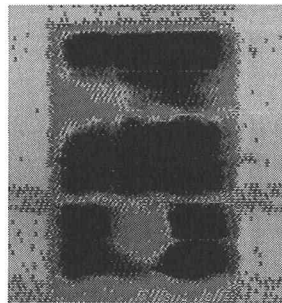


写真-3 4値化画像

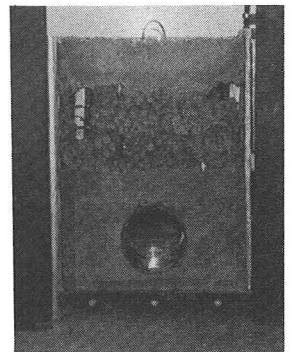


写真-4 脱型後の外観