

## 赤外線放射温度計によるコンクリートの打込み監視システムの研究

Study on Monitoring System of Placing of Concrete with Infrared Radiometer

魚 本 健 人\*・渡 部 正\*・関 口 司\*  
Taketo UOMOTO, Tadashi WATANABE and Tsukasa SEKIGUCHI

## 1. は じ め に

コンクリート構造物を施工する際の型わく内へのコンクリートの打込みは、硬化後の構造物品質に対してきわめて大きな影響を及ぼす重要な作業工程である。しかしながら、現状では、コンクリートの打上がり管理および締固め管理は、現場技術者の目視によって行われており、経験的判断にゆだねられているといえる。

昨今のコンクリート構造物の劣化問題においても、施工不良に起因すると思われるものが多々指摘されている。これは、施工効率を向上するため、より一層の作業の分担化が進んだこと、熟練技能員が減少してきていること等の原因も考えられる。そのため、最近、締固め不要コンクリートに関する研究開発が進められている。

本研究では、普通コンクリートのみならず、締固め不要コンクリートをも含め、通常の型わく内、鋼コンクリート合成構造、および、プレキャスト型わく内でのコンクリートの打上がり状況、締固め状況を、型わく外面の熱赤外線画像を計測することによってリアルタイムで監視する手法について提案したものである。

## 2. 計 測 原 理

赤外線放射温度計は、物体の温度パターンを非接触で計測することができるため、各種産業分野での利用例が非常に多い<sup>1),2)</sup>。

本研究でのコンクリート打込み状況の検出原理は、型わく温度と打込まれるコンクリートとの温度差に着目し、コンクリートが打込まれることによって型わく外面の熱赤外線パターンが変化するという現象に基づくものである。すなわち、通常、型わく温度は外気温にほぼ一致しており、打込まれるコンクリートの温度はトラックアジテータ車の運搬等により外気温より高い。そのため、図-1に示したように、コンクリートを型わく内へ打込むと、コンクリートが接した部分の型わく温度は、コン

クリートの温度へと近づこうとする。そこで、その温度変化パターンを熱赤外線画像として計測することにより、コンクリートの打込み状況が検出されることになる。

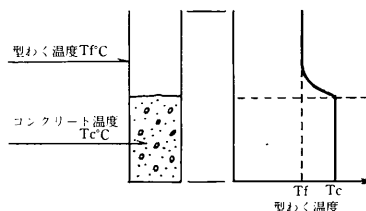


図-1 コンクリートの打込みによる型わく温度の変化

## 3. 実 験 方 法

実験は、写真-1に示すように、通常のメタルフォーム（高さ90cm×幅180cm×奥行き10cmで補強材なし）内にコンクリートを打込み、その時のメタルフォーム外面の熱赤外線画像を計測することによって行った。使用した赤外線放射温度計の仕様を表-1に示した。

模型の形状寸法は、写真-1の型わくを3分割し、図-2に示した3種類とした。すなわち、コンクリート打込み時に生ずる欠陥として、充填不良による空隙、コンクリートの材料分離や締固め不良による豆板、および、打継目を模擬した。

コンクリートの配合は、NO.1模型とNO.3模型ではスランプ18cmの普通コンクリート、NO.2模型ではスランプフロー60cmの水中不分離性コンクリートとした。コンクリートの打込み温度は、メタルフォームより高くなるように調整した。

## 4. 実 験 結 果

実験により得られたコンクリート打込み時の熱赤外線画像は、写真-2～写真-4に示すとおりである。実験の結果、コンクリートの打上がり状況はリアルタイムで

\*東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

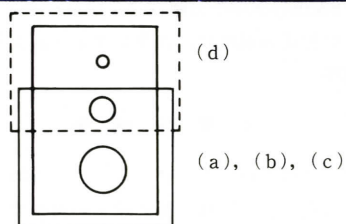
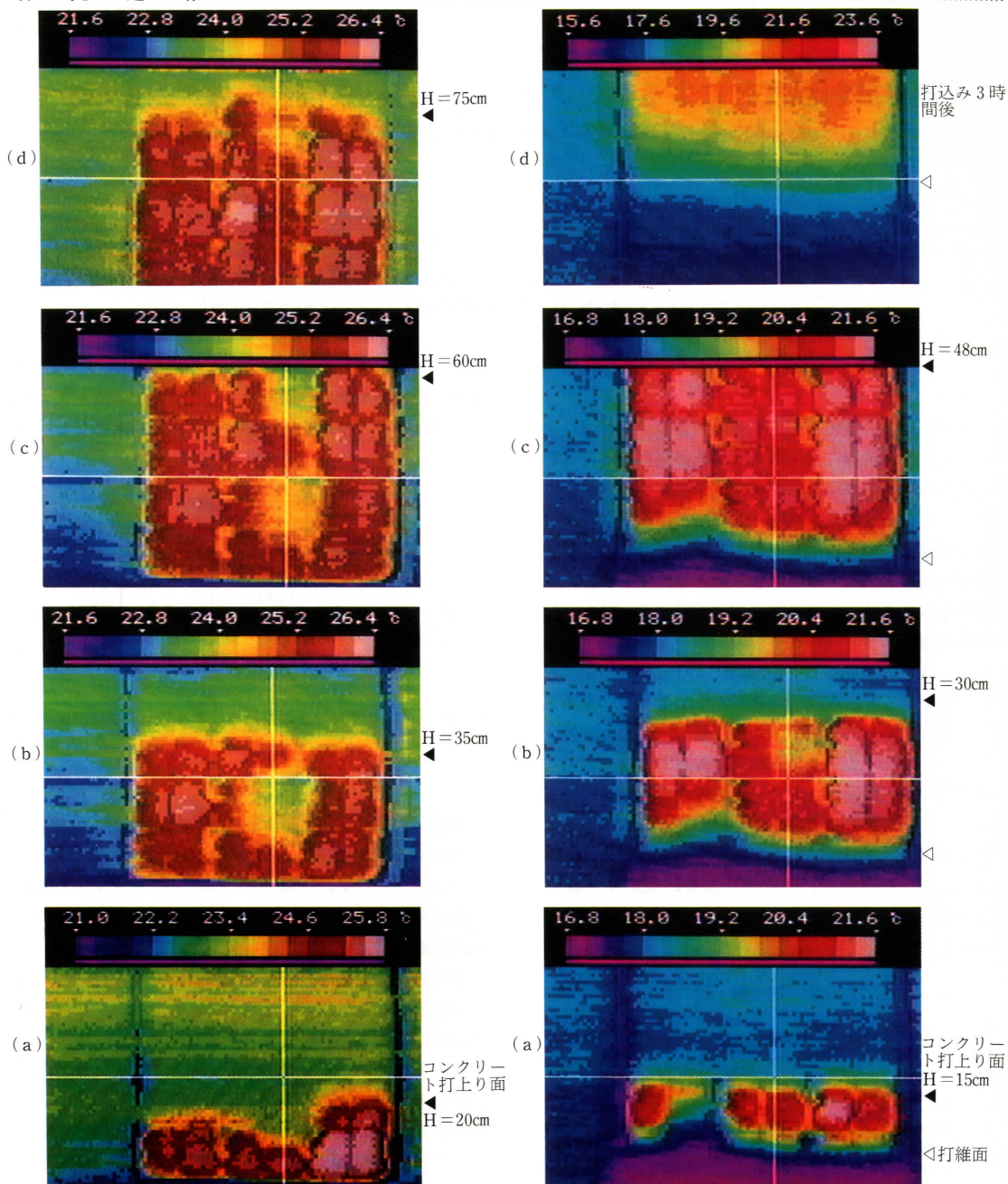


写真-2 空隙模型の赤外線画像

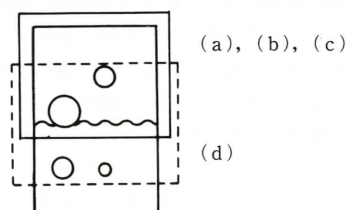


写真-3 打継ぎ+空隙模型の赤外線画像

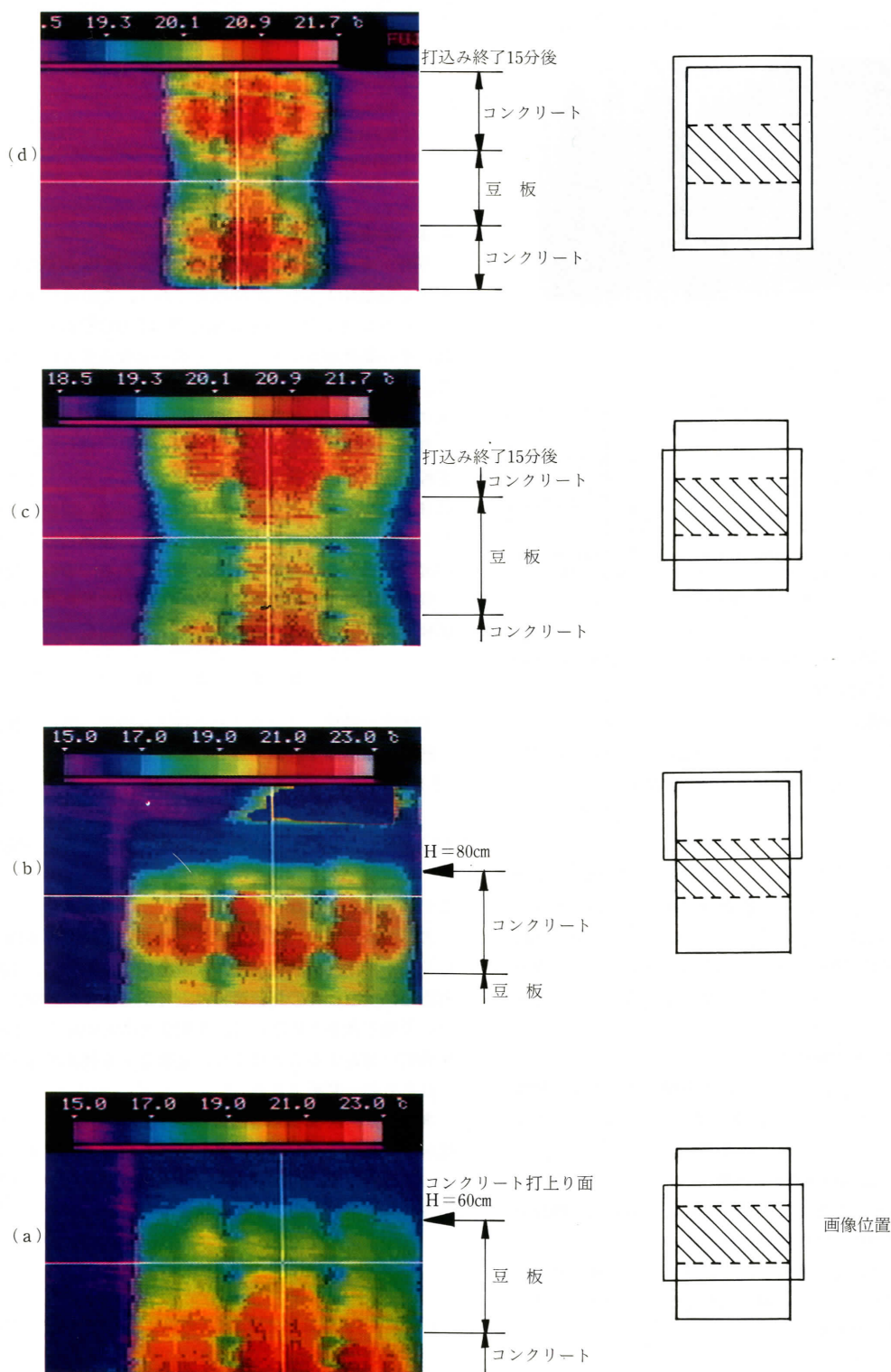


写真-4 豆板模型の赤外線画像

## 研究速報

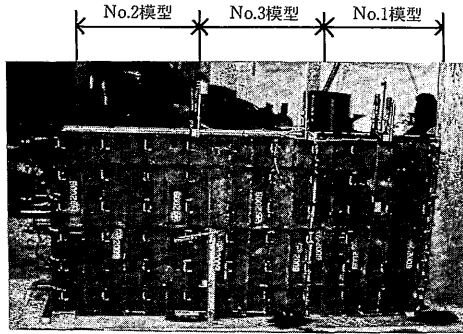


写真-1 型わくの外觀

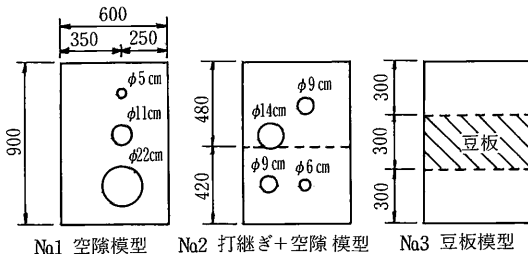


図-2 模型形状

検出でき、模擬した欠陥も検出することができた。各模型における実験結果について以下に述べる。

#### 4.1 空隙模型

写真-2は、直径 $\phi 5$ cm,  $\phi 11$ cm,  $\phi 22$ cm(塩ビ管)の模擬空隙を有する模型NO. 1での計測結果であり、この時のメタルフォームとコンクリートの温度差は $3.4^{\circ}\text{C}$ である。

このように、模擬空隙がコンクリートに埋没した直後においては、その部分の温度が周辺温度より低く検出でき、空隙の認識が可能である。しかしながら、 $\phi 5$ cm,  $\phi 11$ cmの模擬空隙部の型わく温度は、コンクリート埋没後数十秒で周辺の温度と同一となって認識できなくなった。

#### 4.2 打継ぎ+空隙模型

写真-3は、 $\phi 9$ cm,  $\phi 15$ cmの模擬空隙を有する模型NO. 2の二層目での計測結果であり、この時のメタルフォームとコンクリートの温度差は $5.5^{\circ}\text{C}$ である。

模擬空隙は、NO. 1模型と同様、コンクリート埋没直後では検出可能であることが認められる。 $\phi 14$ cmの模擬空隙は、埋没後数分間は認識可能であった。

前日に打込んだ一層目とのコンクリート打継ぎ部では、二層目の打込みにより一層目へ熱が一樣に伝達されている状況が把握できた。

表-1 使用した赤外線放射温度計の仕様

測定温度範囲	0～1500 $^{\circ}\text{C}$
赤外線検知器	電子冷却HgCdTe素子
検知波長帯	3～5 $\mu\text{m}$
最小検知温度差	0.5 $^{\circ}\text{C}$
瞬時視野	2 mrad

#### 4.3 豆板模型

写真-4は、型わく中央の高さに厚さ約30cmの豆板を有する模型NO. 3での計測結果であり、この時のメタルフォームとコンクリートの温度差は $7.0^{\circ}\text{C}$ である。豆板は、その温度がコンクリートと同一となるようにするため、練り混ぜたコンクリートを5mmフルイでウェットスクリーニングして打込んだ。

写真から明らかなように、コンクリート部分に比べて豆板の部分は温度が低く計測されており、その大きさもほぼ一致している。豆板の部分の温度が低い理由は、型わく面には粗骨材が点で接触しており、全体としての平均温度が低くなるためであると判断される。なお、型わく両側の温度が全体的に低いのは、既設コンクリートの影響であると考えられる。

#### 5. ま と め

本研究の結果、コンクリート打込み時に、型わく表面の熱赤外線画像を計測することにより、

- (1) コンクリートの打上がり状況をリアルタイムで検出できる。
- (2) コンクリート打込み時に生ずる空隙や豆板の検出が可能である。

こと等が明らかとなった。

欠陥の検出精度(検出できる大きさ)に及ぼす要因としては、①赤外線放射温度計の瞬時視野の大きさ、②計測距離、③型わくの熱伝導特性、等が考えられ、検出したい欠陥の大きさに応じて、上記①と②との組み合わせを適切に選定することにより、必要とする検出精度が得られるものと判断される。

本手法は、簡易な原理に基づくものであり、型わく外部から非接触でコンクリートの打込み状況を監視することができるため、施工管理上有用な手段であるといえる。今後、実用化のための研究を実施する予定である。

(1991年2月25日受理)

#### 参 考 文 献

- 1) 日本写真測量学会編：熱赤外線リモートセンシングの技術の実際
- 2) フジ・テクノシステム編：センサ実用便覧