

(V-41) サーモグラフィーによるコンクリートの充填度判定法に関する基礎的研究

芝浦工業大学 学生会員 ○近藤 孝夫
 芝浦工業大学 正会員 矢島 哲司
 前田建設工業(株) 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

コンクリート打込み時の型枠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が既に提案されている[1]。これは、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たものである。

本研究では、この手法に対し、型わく外面の温度変化量を利用することによって、コンクリートの充填率を画像として判別する方法について検討した結果を述べるものである。

2. 実験概要

実験は、図-1に示した鋼製型わく内にセメント量 300kg/m^3 、 $W/C=61\%$ 、 $S/a=42.5\%$ 、スランプ 8cm のコンクリートを4回に分けて約6分間隔で以下の要領で打込んだ。

- ①の部分：コンクリートを十分に締固めながら投入した。
- ②の部分：コンクリートを 5mm フルイでウェットスクリーニングした粗骨材を投入した。
- ③の部分：充填率が 90% 位になるようにコンクリートを投入した。
- ④の部分：充填率が 80% 位になるようにコンクリートを投入した。

なお、①～④の部分は型わく脱型後に実際のコンクリート充填率(単位体積重量を測定)を求めるために木板で区切った。コンクリート打込み途中の型わく外面の熱赤外線画像は、N社製(TVS-2000)の赤外線カメラを用いてカラー 256 階調、画像積算回数 16 回、設定感度 0.02°C 、測定距離 5.0m として計測した。なお、実験時のコンクリート温度は 20.6°C 、外気温は 15.9°C であった。

3. 実験結果および検討

コンクリートの締固めが不十分な部分では、その中に多量の空隙ができる。その空隙が外気温とほぼ等しいとすると、外気温がコンクリート温度よりも低い場合には、十分に締固められ空隙のないコンクリートに比べて空隙を有するコンクリートでは、その空隙量に応じてコンクリート全体の平均温度が低くなっていると考えられる。

図-2には、コンクリートの充填率と相対温度変化率の関係を示した。図中の□印は図-1の模型で行った実験結果である。縦軸の相対温度変化率とは充填率 100% 、すなわち、締固めが十分に行われた部分の型わく温度の変化量に対する充填不良部の温度変化量の割合である。

多少のバラツキはあるが、充填率と相対温度変化率はほぼ比例関係にあることがわかる。この、空隙部の温度が外気温と等しいとして求めた理論値ともほぼ一致しており、このような現象を利用してコンクリートの

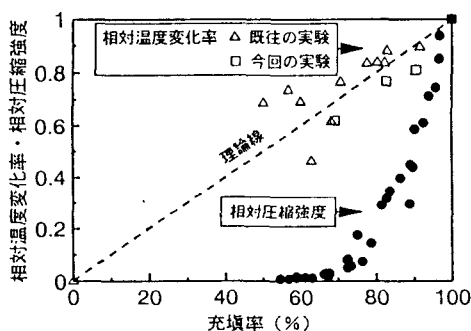
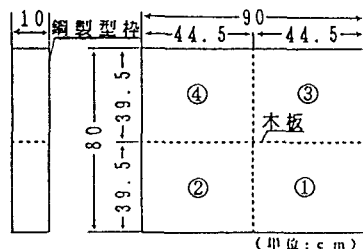


図-2 充填率と相対温度変化率・相対圧縮強度の関係

充填率の判定を行うことができることを示している。

また、図-2の中には、充填率と圧縮強度の関係も同時に示した。これは、 $\phi 10 \times 20 \text{cm}$ の供試体による材令28日での実験結果である（充填率100%の時の圧縮強度は 323kgf/cm^2 ）。このように空隙量が増えると圧縮強度が著しく低下しており、充填率90%でほぼ1/2の圧縮強度となっている。したがって、例え10%の空隙量であっても構造体強度に対して著しい悪影響を及ぼすことを示している。

写真-1は、①～④の各々の部分にコンクリートを打込んでから90秒後の熱赤外線画像を合成したものである。このように①と②の部分とでは、温度が異なっているのが明確に分るが①と③、④の判別は難しい。そこで、次のような手順で画像処理を試みた。

①～④の部分にコンクリートを打込む前の熱画像（初期画像）を撮影する。各部分にコンクリートを打込んでから90秒後に画像を撮影し、その画像から初期画像を減算して温度変化量を求める。①の充填率100%の部分の平均温度変化量 ΔT を基準として図-2の相対温度変化率を基にして充填率の分類表示を行う。ここでは、充填率が90%以上と90%未満の部分とに2値化する。すなわち、しきい値 t は、 $\Delta T \times \text{充填率}90\% \text{の相対温度変化率} = 4.01 \times 0.9 = 3.6^\circ\text{C}$ として、 $t \geq 3.6$ （充填率90%以上）、 $t < 3.6$ （充填率90%未満）とする。

このような処理を行った結果が写真-2である。また、①～④の各々の単位体積重量を測定して①の部分の充填率100%として②～④の部分における全体の平均的な充填率を求めると②が69%、③が91%、④が83%であった。処理画像では、充填率が90%以上と判定されているのは①の全体と、③と④の下層付近の一部である。③と④において充填率90%以上と判定されている部分は、型わく脱型後の外観を示した写真-3からも分かるように、上層コンクリートの積載によって若干締固められたためであると考えられる。

このようなことを考慮すると、ここで行ったような2値化画像処理による充填率の判別はほぼ妥当なものであると判断される。したがって、本手法により、コンクリート打込み時点にて型わく内コンクリートの充填率の判別ができ、施工管理上有用となると考えられる。

4. まとめ

本研究の結果、コンクリート打込み時に生ずる型わく外面の温度変化量が充填率とほぼ比例関係にあることが明らかとなった。そして、温度変化量に対してしきい値を設けることにより、充填率の違いを分類表示できることが明らかになった。

【参考文献】[1]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、pp. 121-128、1991. 9

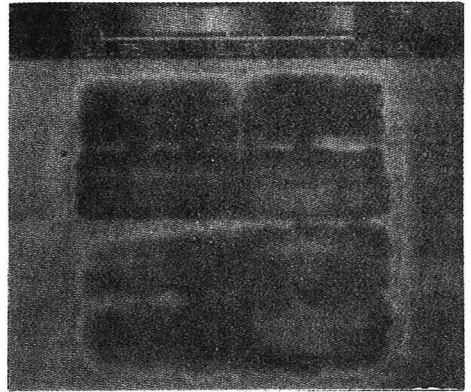


写真-1 熱赤外線画像

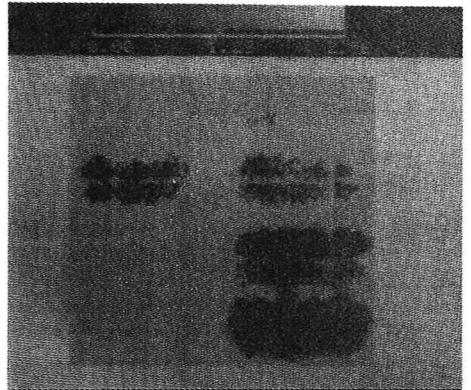


写真-2 2値化処理画像

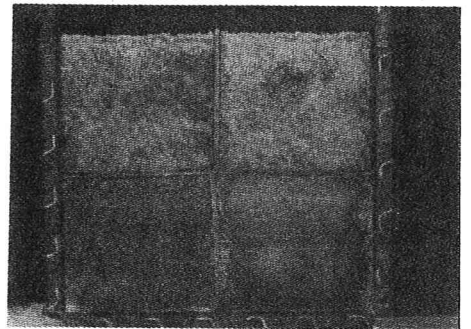


写真-3 脱型後の外観