## パッシブサーモグラフィ法による欠陥診断に及ぼす含水率の影響

中央工学校 正会員 〇金光 寿一 日本大学 正会員 栁内 睦人

### 1. はじめに

サーモグラフィ法からコンクリートの欠陥診断を行う場合には、太陽光を利用したパッシブ法が効率的で ある.しかし、気象条件は晴れ、曇り、雨の繰り返しで日々変化するため、特に降雨による含水率の相違が 欠陥診断にどのように影響するのか明らかにしておく必要がある.そこで、本研究ではコンクリート中の水 分状態が欠陥検出にどのように影響を及ぼすのかを明らかにするために、乾燥・水中浸漬・気中試験体の 3 パターンから健全部及び欠陥部の温度上昇変化の違いについて検討した.また、二次元非定常熱伝導解析で はコンクリートの熱特性を変化させて実験値の温度変化との比較を行い再現性について検討した.

#### 2. 実験概要

実験に供した試験体一覧及び実験条件を表-1 に示す. コンクリートの配合は、呼び強度 40N/mm<sup>2</sup>, W/C=45%,空 気量は 4.5%である.降雨を模擬したコンクリートへの吸 水は打設後 28 日間水中養生し、その後 28 日間を気中養 生した後に 1 日間水中浸漬し、ポリエステルシートで密 封して試験日まで 3 日間放置した(浸漬と表示).乾燥試 験体は 3 日間 110℃の乾燥炉で乾燥した後、同様にポリエ

ステルシートで密封して実験開始時温度の一定を図った(乾燥と表示).また,気中試験体は28日間の水中養生後,さらに実験日まで実験室内に放置した(気中と表示).また,K 試験体の内部欠陥は発泡スチロールを深さ20及び40mmの位置に設けて硬化後にアセトンを流し込み溶かして作製したものである(図-1参照).

## 2.1赤外線カメラによる温度測定と含水率の測定

赤外線カメラによる温度測定は、8月7日、8日の2日 間の時刻7:00から17:00まで20分間隔で熱画像の撮り込 みを行った. 図-2 に自動計測された日射量と外気温を示 す.測定時間内の平均風速は7日が2.7m/s,8日が2.0m/s であった. 含水率の測定はコンクリート接触型水分計

〔(HI-520):高周波容量式〕にて行った.また,熱伝導解 析に用いる密度変化と含水率との関係は,150×150× 530mmの曲げ試験体を切断し時系列で質量を測定した.図 -3に切断厚さ40mmの試験体に対して,接触型水分計で測 定した深さ方向の含水率の経時変化を示す.その結果,深

# 表−1 試験体一覧及び実験条件

| 試験体<br>記号 |    | 試験体                         | 欠陥                | 宝融冬州   |      |  |  |  |  |  |
|-----------|----|-----------------------------|-------------------|--------|------|--|--|--|--|--|
|           |    | 寸 <b>法</b> (mm)             | 大きさ(mm)           | 深さ(mm) | 大歌木口 |  |  |  |  |  |
| Ν         | N1 |                             | なし                |        | 乾燥   |  |  |  |  |  |
|           | N2 | $200 \times 200 \times 100$ |                   |        | 浸漬   |  |  |  |  |  |
|           | N3 |                             |                   | 気中     |      |  |  |  |  |  |
| к         | K1 |                             | 100×100×5<br>(空洞) | 20     | 浸漬   |  |  |  |  |  |
|           | K2 | $300 \times 300 \times 210$ |                   | 40     | 浸漬   |  |  |  |  |  |
|           | K3 |                             |                   | 40     | 乾燥   |  |  |  |  |  |
|           |    |                             |                   |        |      |  |  |  |  |  |



さ10mm までの含水率は短時間で急激に増大し,4,320分後には測定範囲の12%を超えており表面近傍が高い 含水率を示している.また図-4にはK試験体の欠陥部深さまでの含水率変化を示す.乾燥過程における欠陥 部までの含水率変化は,欠陥が浅いほど含水率は高くなるが日射受熱からの減少は0.6%と僅かであった.

キーワード:サーモグラフィ法,気象条件,含水率,日射量,コンクリート温度,熱伝導解析

連絡先:〒114-8543 東京都北区王子本町1-26-17 中央工学校 TEL:03-3906-1211, E-mail:kanamitu\_j@chuoko.ac.jp

-415-



**写真-1** に 7 日及び 8 日の時刻 13:00 に得られた熱画像を示す. 両日ともに各欠陥位置には欠陥深 さに対応した高温域を確認するこ とができるが,特に欠陥深さ 40mm である K2(浸漬)及び K3 試験体(乾 燥)は7日の方が鮮明で,8日の K3 については視覚的に欠陥を確認す ることは困難であった.

## 2.2 温度上昇変化と熱伝導 解析による再現性

二次元非定常熱伝導解析は,汎 用 FEM プログラム COSMOS/M を使 用した. 解析モデルは K2 試験体

を要素分割したもので、深さ 50mm まで 5mm 間隔で熱特 性の変化が設定できる. 図-5 に解析モデルを表-2 に解 析に用いた熱特性を示す. その熱特性は, 絶乾を想定 した最小値から高含水率を想定した最大値までの 5 ケ ースを設定して深さ40mmまでを一定変化させシミュレ ートした. また, 熱伝達係数は 14W/(m<sup>2</sup>・K)の一定値と している. 図-6 は健全部温度を比較したものである. 熱パラメータ(cρ λ)が大きくなるほど健全部の表面 温度は低下することになるが、表中に示すように8月7 日の実験ではN3>N2>N1の順になっている.この理由は, 健全部表面の温度は乾燥しているよりも濡れている方 が日射吸収率(日射受熱)の増加が考えられる. 図-7 は K2, K3 試験体及びケース1とケース5との試験体中央 の温度差分布変化(8月7日13:00)である.熱拡散率が 大きくなるほど欠陥部温度が大きくなり、含水率が高 いほど欠陥検出に有効であることが分かる.

### 3. まとめ

(1) 水中浸漬した試験体の含水率変化は,吸水量が緩慢となる変化点が現れる.日射受熱による含水率は, 欠陥が浅いほど含水率の低下が著しくなるものの減少率は0.6%と僅かである。(2) 含水率の相違による 健全部の温度上昇は日射吸収率に影響し,欠陥部は熱拡散率が大きくなるほど欠陥検出に有効である.



| 解析  | ** **  | 密度(p)                | 比熱(c )             | 熱伝導率(λ)   | 熱容量                    | 熱拡散率                    | 熱パラメ—タ(c ρ λ)                                |
|-----|--------|----------------------|--------------------|-----------|------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|
| ケース | 12 11  | (kg/m <sup>3</sup> ) | $[kJ/(kg\cdot K)]$ | [W/(m•K)] | kJ∕(m <sup>3</sup> ∙K) | $m^2/s(\times 10^{-7})$ | $[J^2/(s \cdot K^2 \cdot m^4)](\times 10^6)$ |
| 1   |        | 2200                 | 0.800              | 1.3       | 1760                   | 7.39                    | 2.29                                         |
| 5   | コンシシート | 2400                 | 1.734              | 3.3       | 4162                   | 7.93                    | 13.73                                        |
|     | 欠陥(空気) | 1.161                | 1.009              | 0.0256    | 1.17                   | _                       | _                                            |
|     | 水      | 999                  | 4.182              | 0.59      | 4178                   | 1.41                    | 2.47                                         |

