

パッシブサーモグラフィー法に影響を及ぼす気象条件と最適診断

中央工学校 正会員 ○ 金光 寿一
 日本大学 正会員 柳内 睦人
 日本大学 学生会員 江藤 亮

1. はじめに

サーモグラフィー法から連続したコンクリートの内部診断を行う場合には、太陽光を利用したパッシブ法が有効である。しかし、太陽エネルギーは季節や天候によって日射量が異なり、また構造物の方位や角度によっても日射吸収量が異なるため得られた熱画像が最適な診断結果であるのかという疑問が残る。そこで、本研究では入手した日射量とコンクリート温度データ及熱伝導解析から最適な診断結果を得るための気象条件や撮影時間を明らかにした。また、降雨後の診断への影響についてはハロゲンランプによる室内実験から検討した。

2. 日射量と最大上昇温度との関係

日射量とコンクリート温度のデータは横浜市港北区役所から提供されたものである。区役所屋上ではヒートアイランド現象の緩和や省エネ対策に繋がる事業として緑化内部温度及びコンクリート表面温度が時系列(1分間隔)で計測されている。図-1は2006年8月1日から31日まで計測されたコンクリート表面の上昇温度と最大上昇温度までの日射積算量との関係である。なお、この上昇温度は日の出時刻の温度を基準として算出したものである。また、図-2にはその日射積算量と上昇温度の相関を示す。

その結果、図-1及び図-2に示すようにコンクリートの上昇温度は日射量とほぼ比例関係にあるように思われるが、図-2では17日、31日、14日及び10日が特異な上昇温度を示していることが分かる。特に、10日及び17日は降雨に関係していることが分かる。その降雨量は、9日は103mm/日の大雨で、16日14mm/日、また17日は18.5mm/日で朝の8:00頃まで降っている。10日は8月で最も上昇温度が大きく、降雨後に晴天の場合には診断への有効性が認められる。

2.1 シミュレーションによる診断時刻

二次元非定常熱伝導解析には、汎用 FEM プログラム COSMOS/M Ver2.7 を使用した。解析モデルは実験試験体と同じく幅 300mm、高さ 210mm で内部欠陥として下面(日射面)から深さ 20mm の位置に幅 100mm、厚さ 5mm の空隙を設けている(図-3 参照)。入力条件では、下面に日射量及び外気温を上面には外気温のみを 10 分間隔で入力し 6 日間連続で 8 月 1 日から 31 日まで解析した。入力した日射量は、実測された日射量の 58%、ま

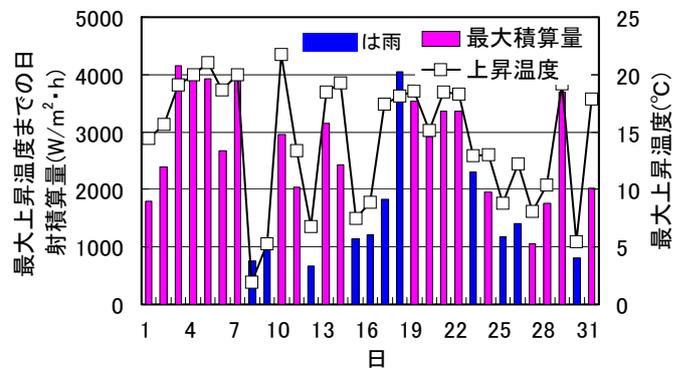


図-1 コンクリートの上昇温度と日射積算量

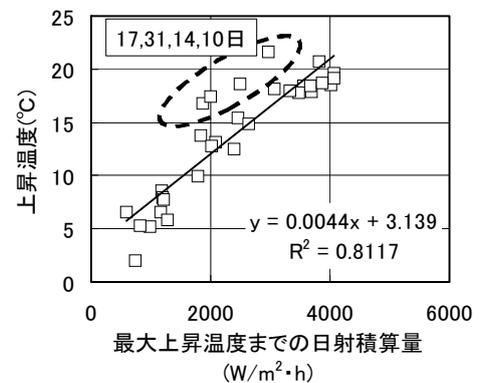


図-2 上昇温度と日射積算量の関係



図-3 解析モデル(下面が日射側)

キーワード：サーモグラフィー法，気象条件，日射量，コンクリート温度，最適診断

連絡先：〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学土木工学科 TEL047-474-2441 E-mail : yanai@cit.nihon-u.ac.jp

た熱伝達係数は $14W/(m^2 \cdot K)$ でコンクリート表面温度の実測値に良く一致した. 解析結果を図-4 に示す. コンクリートの表面温度が最大になった時刻と欠陥部が健全部との間で最大温度差となった時刻との関係は, 欠陥部の方が表面温度の最大時刻よりも早い時間帯に最大を迎えている. 最大温度差の時刻は, 欠陥部の深さが浅いほど厚さは厚いほど欠陥部前面に熱が蓄積されるため早い時間帯に現れるものと思われるが,

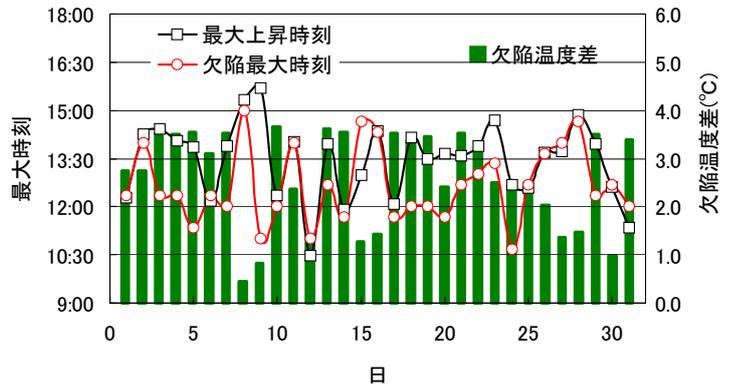


図-4 最大上昇温度と欠陥部の最大温度差時刻

図-1 の上昇温度が $15^{\circ}C$ 以上 (17 日間) となった平均時刻は 13:21, 欠陥部の最大温度差は 12:14 と 1 時間以上の差が生じている. 欠陥部の温度差は図-1 に示す上昇温度と比例関係にあり, 上昇温度が $15^{\circ}C$ 以上の平均は $3.36^{\circ}C$ であった. 快晴及び晴れとなった 2~7 日の最大温度差の時系列変化を図-5 に示す. 最適な診断時刻は, この時系列変化から 10:00~14:00 程度が目安になる.

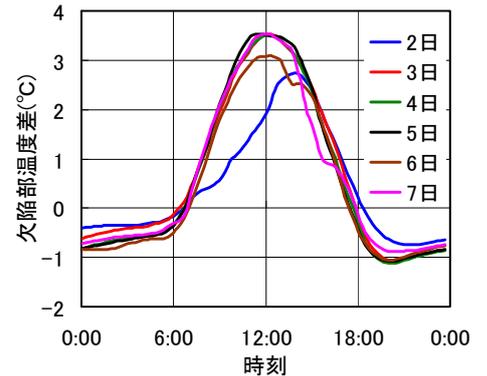


図-5 欠陥部の時系列変化

3. コンクリート含水実験による欠陥部の温度

降雨後に晴天の場合の診断への有効性については, コンクリートを水中に 3 日間含浸させ欠陥部の温度差から検証した. 実験に供した試験体は, 縦 $300 \times$ 横 $300 \times$ 高さ $210mm$ で, 内部欠陥として縦 $100 \times$ 横 $100 \times$ 厚さ $5mm$ の空洞を深さ $20mm$ (No. 1 試験体), $30mm$ (No. 2 試験体), $40mm$ (No. 3 試験体) の位置に設けたものと欠陥のない標準試験体である (図-3 参照). 各試験体への加熱はハロゲンランプで距離 $50cm$ から 2 時間加熱し, 表面温度を赤外線カメラで撮影した. なお, 日射量の強弱を想定した加熱は, 小さめのハロゲンランプを使用して中心を欠陥部に合わせて供給される熱量を調整した. 接触型水分計で測定した試験開始時の含水率は平均で 5.4% , 2 時間後で 4.6% であった. なお, 比較する乾燥試験体はこの含水試験体の実験後 7 日目に同様に実験したものである. 得られた熱画像を写真-1 に示す. また, 図-6 には熱画像から得られた含水及び乾燥試験体の欠陥部中心と欠陥端部との温度差を示す.

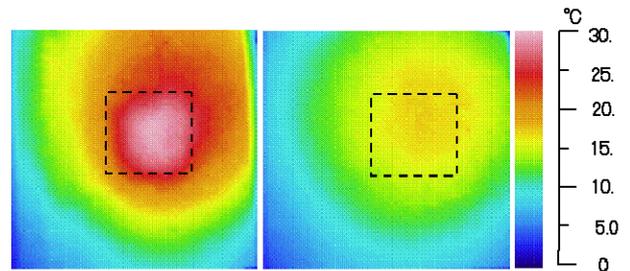


写真-1 熱画像の比較 (100 分後)

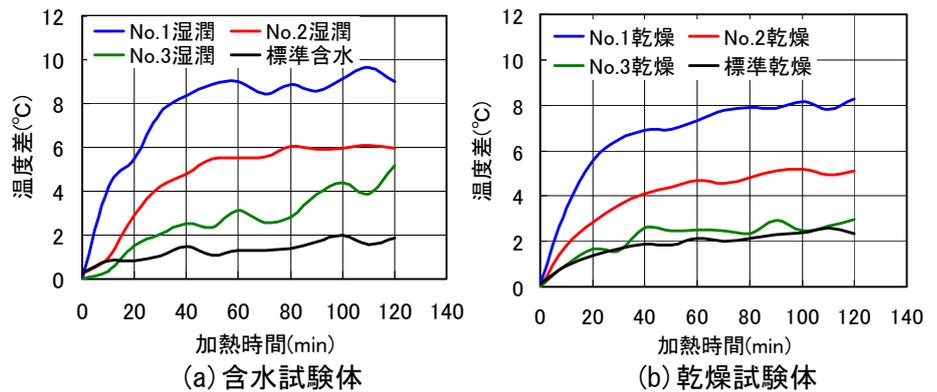


図-6 ハロゲンランプによる欠陥部の温度差

その結果, いずれの試験体も含水試験体の方が乾燥試験体よりも温度差は大きくなっており, 降雨後に晴天の場合の診断が有効であることが確認できた.

4. まとめ

(1) 日射から得られるコンクリートの上昇温度は, 晴れ及び曇天に拘わらず日射積算量から推定できる. (2) 内部変状の検出には, 特に降雨後に快晴となる気象条件の場合が適している. (3) 診断時刻は, 最大上昇温度よりも最大欠陥部温度差の方が早く現れるため, 概ね 10:00~14:00 頃である.