

# 熱伝導解析によるコンクリート壁面の方位別診断予測

日大生産工(院) ○江藤 亮  
日大生産工 柳内睦人  
中央工学校 金光寿一

## 1. はじめに

連続したコンクリート構造物の診断では、赤外線カメラを用いたパッシブサーモグラフィー法が効率的である。しかし、太陽エネルギーは季節や天候、また、構造物の方位や傾きによって日射吸熱量が異なり、検出可能な温度差が得られないことが予測される。そこで、本研究では方位の異なるコンクリート壁面にはどの程度の熱量が供給され、ひび割れ部がどの程度の温度差が得られるかを二次元非定常熱伝導解析から究明して、水平面全天日射量と入力日射量との関係から各方位別に最適な診断予測を試みたものである。

## 2. 数値シミュレーション

図-1 はひび割れ解析モデルで枝分かれを設けている。構造物は水平及び鉛直なコンクリート壁を想定したもので、ひび割れ部の温度変化を明らかにするために上下面をそれぞれ日の出及び日没面として日射量を入力した。全天日射量及び外気温は過去10年間の晴れ、快晴日の平均値で、各方位面への入力日射量はBouguer式及びBerlage式を用いて既往の実験結果から水平全天日射量の40%として算出した。また、熱伝達係数は両面ともに $14\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ に設定した。図-2には3月の各方位への入力日射量を図-3には外気温を示す。凡例の数値は最大日射量( $\text{W}/\text{m}^2$ )である。

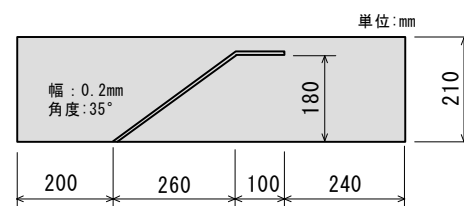


図-1 解析試験体モデル

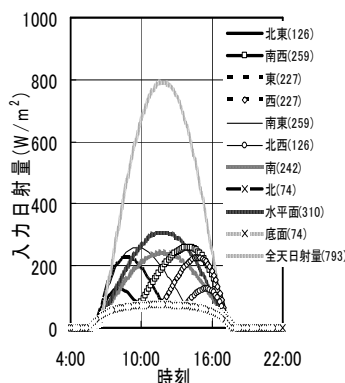


図-2 入力日射量(3月)

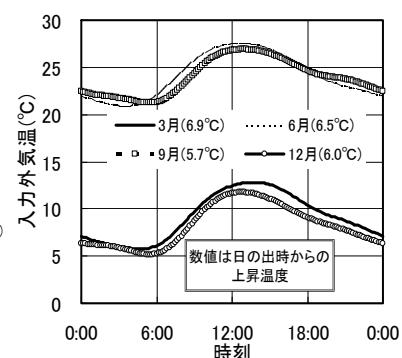


図-3 入力外気温

## 3. 解析結果

### (1) 全天日射量を用いた上昇温度の推定

図-4 は3月の入力日射量から得られた日の出時からのコンクリートの上昇温度(健全部)と日射積算量との関係である。凡例に示す各方位の数値は上昇温度を示している。この日射積算量と上昇温度の関係では、日の出面と日没面で推移曲線が明らかに異なっている。また、北東面では、5°Cの変化点以降に再び温度が上昇しており外気温(7°C上昇)及び反対面である南西面からの熱伝達の影響を受けている。図-5には3, 6, 9及び12月の入力日射量から得られた各方位面のコンクリートの最大上昇温度と最大上昇温度までの日射積算量との関係を示す。その両者の関係はほぼ比例関係にあり、各方位面に供給される日射積算量が推定できれば最大上昇温度が予測可能である。図-6は各月の全天日射積算量と最大上昇温度までの日射積算量の関係である。両者の関係は相関性が高いとはい

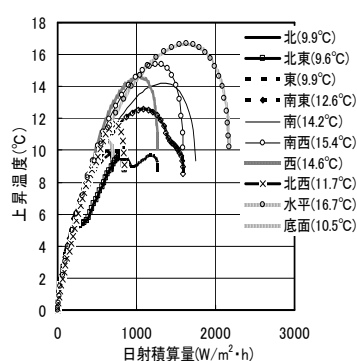


図-4 上昇温度と日射積算

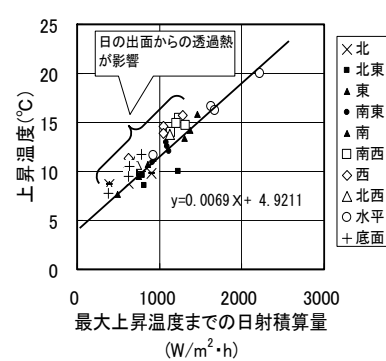


図-5 最大上昇温度と日射積算量

図-5には3, 6, 9及び12月の入力日射量から得られた各方位面のコンクリートの最大上昇温度と最大上昇温度までの日射積算量との関係を示す。その両者の関係はほぼ比例関係にあり、各方位面に供給される日射積算量が推定できれば最大上昇温度が予測可能である。図-6は各月の全天日射積算量と最大上昇温度までの日射積算量の関係である。両者の関係は相関性が高いとはい

えないが、各方位を季節別でみると良好な比例関係にあり、全天日射積算量から最大上昇温度までの日射積算量及び最大上昇温度を推定できる。構造物の方位は既知であり、測定日の全天日射積算量も算定可能である(図-2 参照)。図-7 は各方位別の上昇温度である。厚さ 210mm の壁面は、各方位面別に最適な診断時期が確認できる。

## (2) 上昇温度とひび割れ温度

図-8 には、上昇温度と枝分かれしたひび割れ部の中央(上面左端から 510mm の位置)から健全部の温度を減算した温度差との関係を、図-9 には、健全部とひび割れ発生部(底面左端から 200.2mm の位置)との関係を示す。この季節毎の温度差と上昇温度との関係は、両者ともに同様の傾向を示しており、同上昇温度であっても日の出面側(北東・東・南・水平)に対して日没面側は熱量の供給が昼以降と遅くなっているために 6 月の南面を除き温度差が小さい。特に、枝分かれひび割れ位置が深くなるほど、この最大温度差は小さくなり、最大温度差が得られる時刻も異なってくるが、どの程度の深さまでなら検出可能であるかは季節毎に推定可能である。

## (3) 晴れ時々曇りの上昇温度と診断予測

図-10 は、9 月 15 日に得られた晴れ後曇り時の水平面全天日射量である。日の出から日没までの全天日射積算量は  $3,495 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$  で快晴を想定した計算値は  $6,278 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$  となる。解析への入力日射積算量は全天日射積算量の 40% とすると、それぞれ  $1,398 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$  と  $2,511 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$  となる。図-11 に上昇温度の比較を示す。快晴と曇り時の上昇温度の比較では、日射面及び底面ともに約  $5^\circ\text{C}$  ほどの温度差がみられる。この曇り時のランダムな日射量から最大上昇温度が予測できるかでは、図-6 の水平面の回帰式に  $3,495 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$  を代入し、さらに図-5 から上昇温度は  $12.54^\circ\text{C}$  となり、図-11 の  $13.8^\circ\text{C}$  と良く一致している。また、510mm の位置のひび割れ部の温度差では図-8 に健全部の上昇温度  $12.54^\circ\text{C}$  を代入すれば、温度差  $0.31^\circ\text{C}$  となり  $0.34^\circ\text{C}$  と一致する(図-12 参照)。このように、快晴時の全天日射量は算定可能(図-10 参照)であり、この全天日射量を基準として赤外線カメラでの検査時と平行して計測された日射量とを比較することで、さらに検出精度を期待して再診断を行うのかどうかの判断が可能となる。

## 5. まとめ

(1) コンクリートの方位から最大温度時刻及びその日射積分量も推定可能であり、全天日射積分量から上昇温度を予測することができる。(2) 壁面方位によって最適な診断時期が存在し、東面等では上昇温度に  $5^\circ\text{C}$  ほどの差が生じる。(3) 日陰面であっても版厚 210mm では、熱透過から診断時間を長く利用できる。

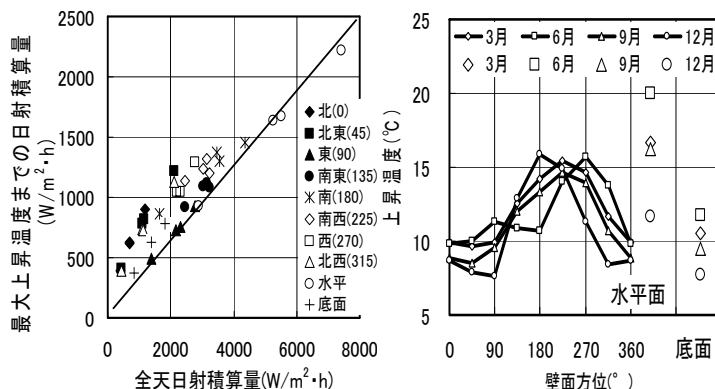


図-6 全天日射積算量との関係 図-7 方位別の上昇温度

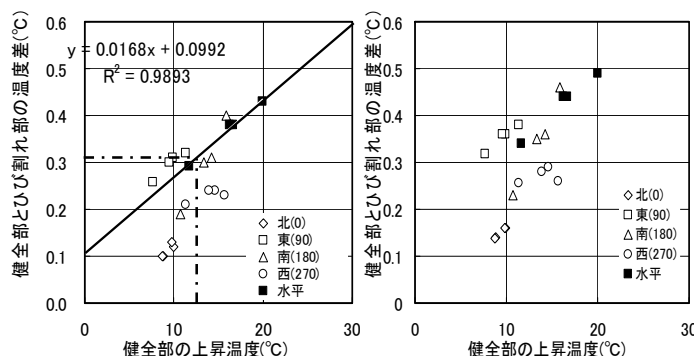


図-8 ひび割れ温度差(上面) 図-9 ひび割れ温度差(底面)

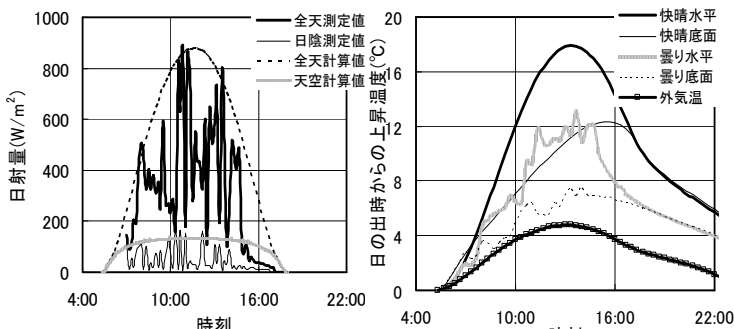


図-10 曇り時の日射量

図-11 快晴と曇りの比較

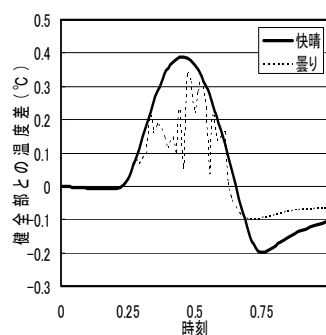


図-12 温度差(510mm)