

# 太陽光促進加熱を利用したサーモグラフィー法によるコンクリートの内部診断

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

## 1. はじめに

コンクリートの内部診断にサーモグラフィー法を採用する場合、検出可能となる熱負荷条件が必要であり、測定面からの熱源では表面近傍部の変状は検出可能であっても、深く進行したひび割れなどの損傷部については熱拡散から評価できない可能性がある。そこで、本研究では測定面ではなく反対側からの熱源として経済性・効率性の高い太陽光での促進加熱を利用し、どの程度の熱量が供給され反対側へ熱伝達されるのかを基礎実験及び三次元非定常熱伝導解析から明らかにした。

## 2. 基礎試験体における促進加熱実験

コンクリートへの吸熱量を少しでも大きくするための促進材料では、太陽光の反射率が小さく、熱の伝わり易さである熱伝導率が大いこと、また、材料の熱の蓄えやすさを示す熱容量が大いことが要求される。実験に使用した各種促進材料を表-1に、実験状況を図-1に示す。試験体は、幅150×高さ150×長さ530mmで、BA試験体は黒色塗料で塗ったエアークャップを試験体上面に覆い側面で密封したものの、AC試験体は黒色塗料で塗ったアルミ箔をコンクリート表面に接着させ、さらにエアークャップ(半透明)で密封したものの、LS試験体はレンズシート(レンズ直径27mm、焦点距離16mm)を黒色アルミより焦点距離分だけ離し、周囲を幅

表-1 実験要因

| 試験体記号 | 促進材料の種類と組み合わせ       | 重さ(g/m <sup>2</sup> ) |
|-------|---------------------|-----------------------|
| BA    | 黒色エアークャップ           | 61.3                  |
| AC    | 半透明エアークャップ + 黒色アルミ箔 | 92.9                  |
| LS    | レンズシート + 黒色アルミ箔     | 448.9                 |
| N     | 促進材料無し(標準体)         | -                     |

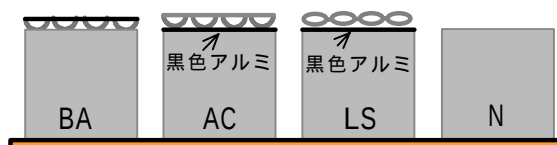


図-1 促進加熱の実験状況

10mmの発泡スチロールで支えたもの、またN試験体は促進材料のない比較のための標準試験体である。実験は、平成17年6月13日午前6時30分より16時30分まで4試験体同時に行った。日射及び外気温によるコンクリートの上昇温度は、熱電対(T社製、芯線構成:0.64mm×2本)をコンクリート上面に貼付けて測定した。

## 3. 実験結果

図-2は試験体上部(日射)及び試験体下部(日陰)の外気温と標準試験体上面の上昇温度を示したものの、また、図-3は各試験体で得られたコンクリートの上面温度から標準試験体の上面温度を減算した温度差である。その結果、図-3に示す標準試験体との比較では、AC試験体(エアークャップ+黒色アルミ箔)が最も促進材料の組み合わせとして吸熱及び保温効果が得られることが分かった。標準試験体との比較では、11:30には10.6、13:20には10.4大きくなっている。

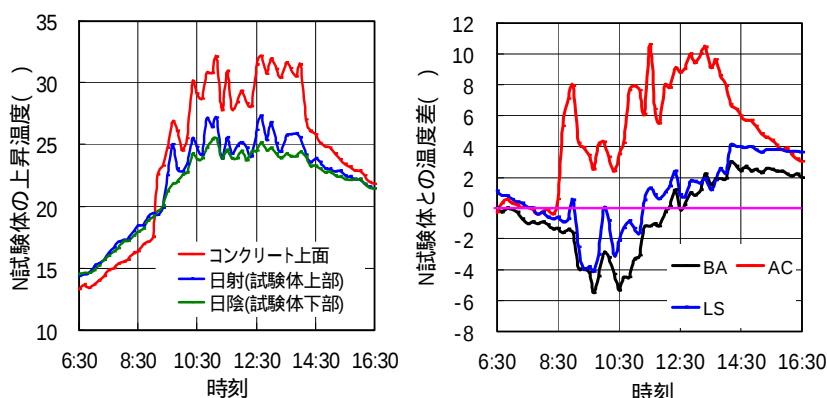


図-2 外気温と標準試験体の上昇温度 図-3 N試験体との上昇温度差

キーワード：太陽光促進加熱，サーモグラフィー法，ひび割れ検知，シミュレーション解析

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

#### 4．数値シミュレーション

三次元非定常熱伝導解析では、コンクリートの上面温度とひび割れ部で現れた温度差との関係から、どの程度の熱量が供給されれば赤外線カメラからひび割れが評価できるのか明らかにした。

##### 4.1 解析モデルと解析条件

解析モデルの鳥瞰図を図-4に示す。想定したひび割れは、角度は  $70^{\circ}$  と  $35^{\circ}$  で、幅は  $0.2\text{mm}$  である。解析は X 軸で切断した 1/2 モデルとして 10 節点 4 面体要素でメッシュ分割した。図-5 は促進加熱から得られるコンクリート上面温度を想定した 4 つの供給熱パターンと外気温である。パターン 2 は、エアキャップと黒色アルミ箔の組み合わせから得られた上昇温度を想定したもので外気温より  $20^{\circ}\text{C}$  大きい。

##### 4.2 解析結果

図-6(a), (b) はパターン 2 で得られた 60 分及び 580 分経過後の熱画像である。また、図-7

には各供給熱から得られた健全部の温度を、図-8 にはひび割れ発生境界部の領域内側の温度と健全部との温度差変化を示す。図-9 は図-6 の X 軸を切断した各経過後の温度差変化であり、図-10 は各パターンの供給熱から得られた健全部の最大上昇温度とひび割れ内側の最大温度差との関係である。その結果、検出可能なひび割れ部の温度差は使用する赤外線カメラの温度分解能に影響されるものの、最新の赤外線カメラを使用すれば角度  $70^{\circ}$  は進展方向が、また  $35^{\circ}$  では領域寸法 ( $200\text{mm}$ ) まで評価できるものと考えられる。

##### 5．まとめ

(1) 促進材料では半透明のエアキャップと黒色アルミ箔の組み合わせが最も吸熱量及び保温の効果が大きい。(2) コンクリート上面の吸熱量は、促進加熱によって外気温よりも  $20^{\circ}\text{C}$  程度の上昇が得られれば幅  $0.2\text{mm}$  の角度  $70^{\circ}$  では進展方向が、また  $35^{\circ}$  では領域寸法の評価が可能である。

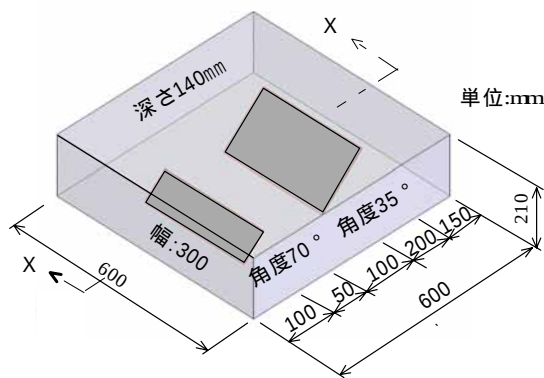


図-4 解析モデルの鳥瞰図

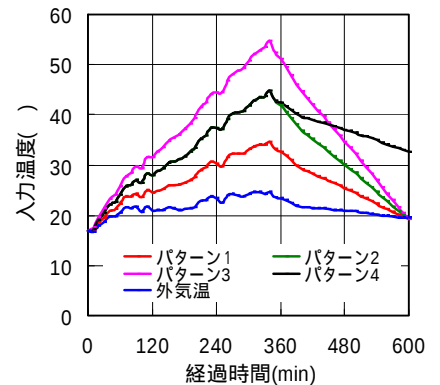
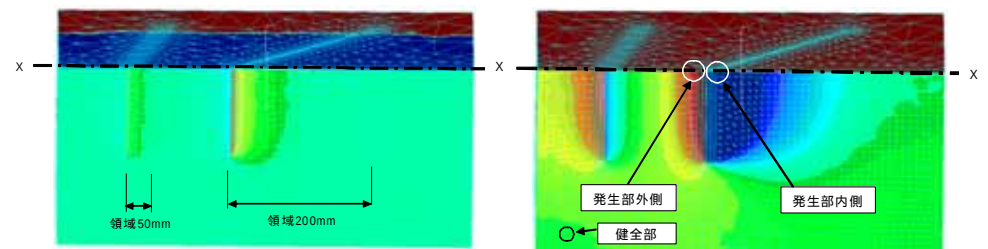


図-5 供給熱と外気温



(a) 60 分経過後

(b) 580 分経過後

図-6 熱画像(パターン 2)

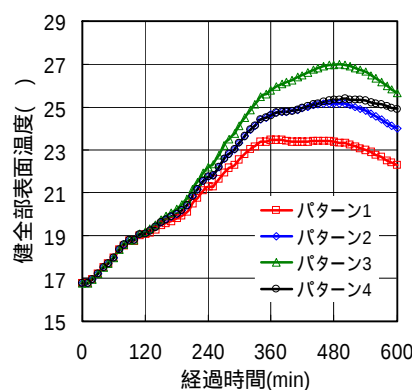


図-7 健全部の上昇温度(底面)

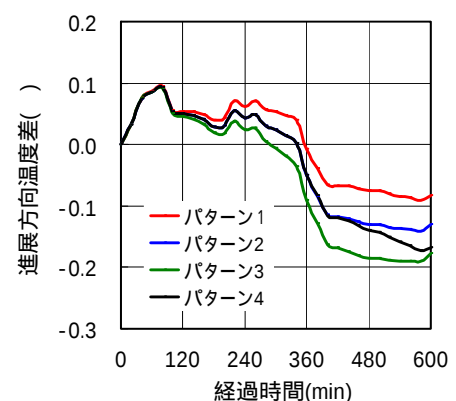


図-8 ひび割れ内側温度差(角度  $35^{\circ}$ )

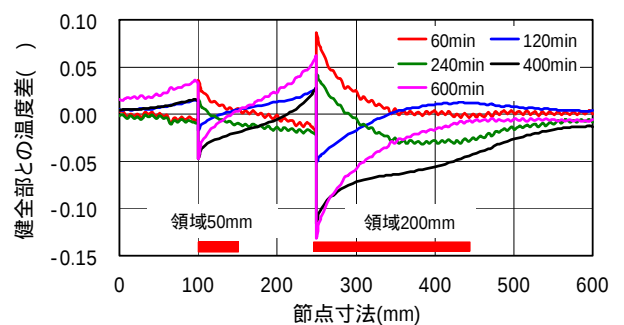


図-9 切断面の温度差変化(パターン 2)

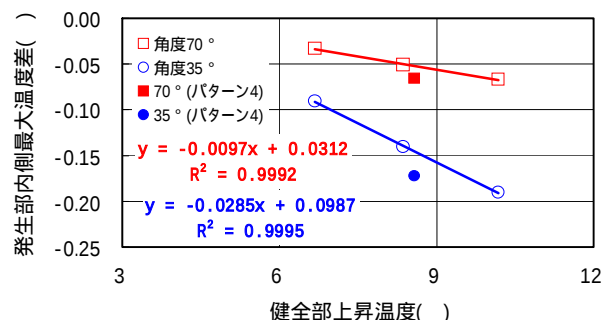


図-10 上昇温度とひび割れ発生部温度差