

# パッシブサーモグラフィ法による欠陥部の水分浸透が及ぼす診断への影響

日本大学 学生会員 ○川久保 政亮  
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

サーモグラフィ法から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、雨の繰り返しで診断を誤らないためには特に降雨後の影響について明らかにしておく必要がある。そこで、本研究では降雨によりコンクリート中の欠陥部に浸透した水分が表面温度にどのように影響を及ぼすのかを明らかにするために、水中浸漬試験体から健全部および欠陥部の温度上昇変化の違いについて実験的に検討した。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。P1 及び P2 試験体は、幅 150×高さ 150×長さ 530mm の中央に幅 150×深さ 50×厚み 5mm の発泡スチロールを鉛直 (P1 試験体) 及び 45° (P2 試験体) に傾け設置してコンクリートを打設し、硬化後にアセトンにより溶かして作製したもの、P3 試験体は同様に作成した幅 150×150×厚み 5mm の空洞である (図-1 参照)。試験体への水中浸漬は測定開始前の 12 時間とし、ひび割れ部及び空洞部への吸水は、水中浸漬後に試験体の片側面をアクリル板で密着し、水を満たした後にもう一方の側面を密着したものである。

表-1 試験体一覧及び実験条件

試験体記号	試験体寸法(mm)	欠陥部の状態	水中浸漬時間
P	150×150×530	鉛直ひび割れ 150×50×5mm	12時間
		斜めひび割れ(45°) 150×70×5mm	
		空洞(深さ30mm) 150×150×5mm	

図-1 参照)。試験体への水中浸漬は測定開始前の 12 時間とし、ひび割れ部及び空洞部への吸水は、水中浸漬後に試験体の片側面をアクリル板で密着し、水を満たした後にもう一方の側面を密着したものである。

### 2.1 含水率の測定と赤外線カメラによる温度測定

赤外線カメラによる温度測定は、平成 21 年 10 月 9 日の時刻 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。図中には Bouguer 式で求めた快晴時の日射量を示す。なお、8:20 までの実測日射量が少ないのは屋上の実験場所が隣の校舎で日陰になっているために天空日射量となっている。さらに、10:10 以降曇りとなり、時刻 10:20 から 14:00 までの積算日射量は Bouguer 式で計算された積算日射量(快晴)と比較すると、その割合は 59% である。測定時間内の平均風速は 1.0 m/s で、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。時刻 7:00 の各試験体の健全部の含水率は、深さ 30mm までの平均が 4.3%、深さ 10mm までが 5.5% で 17:00 までの減少は約 1% であった。

写真-1 に各試験体で特徴ある温度分布変化が得られた時刻の熱画像を示す。熱画像の範囲は、試験体の長さ 530mm に対し 340.8mm(250pixel) の範囲である。熱画像からの変状部の評価では、P1 及び P2 試験体はひび割れ開口部付近の水が吸収され空気層の形成から筋状の高温域を確認することは可能なものの、P2 のひび割れ方向及び P3 の内部空洞を評価することは困難である。図-3 には熱画像の中央ラインのプロファイルで得ら

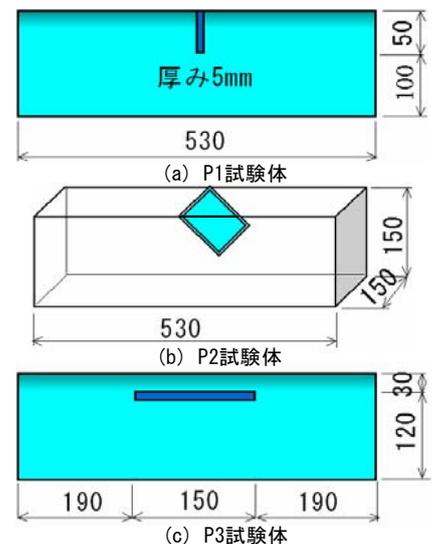


図-1 試験体

キーワード：パッシブサーモグラフィ法, コンクリート診断, 降雨, 水分浸透, 熱伝導解析

連絡先：〒275-8575 習志野市泉町 1-2-1 日本大学柳内研究室 TEL047-474-2441 E-mail : yanai.mutsuhito@nihon-u. ac. jp

れた温度分布変化を示す。横軸の0~340mmは、熱画像の左端部からの寸法である。

(1) P1 試験体の温度変化  
温度分布変化を見ると、10:40 ではひび割れ位置を中心に150mmもの区間が健全部よりも低温域となって現れており、水で満たされたひび割れ部の温度の影響が確認される。

同じ容積のひび割れ部が水で満たされた場合と空気の場合の場合とでは、同じ日射供給量では水の方が密度、比熱及び熱伝導率が大きいために温度上昇量が小さくなったものと思われる。このような温度差は、時系列でみると13:00以降から小さくなり健全部の温度に近づいてくる。

(2) P2 試験体の温度変化  
時刻14:20には、P1試験体と同様に開口部には空気層ができて健全箇所よりも高温域が現れ、その温度分布変化は僅かではあるがひび割れ傾斜方向と左側では異なり、熱画像での視覚的な評価はできなかった傾斜方向を評価することができる。このようにひび割れ方向が温度分布変化から確認できる時間帯は時刻12:20から15:20であった。

(2) P3 試験体の温度変化  
図-3(c)は空洞範囲と健全部との温度差が最も大きくなった温度分布で、最大温度では0.76℃、平均温度で0.48℃の差ではあるが空洞右側の温度も高くなっており、欠陥評価は難しいと思われる。空洞範囲の温度は、健全部と比較すると最大値では高温域で推移しているが、平均値では-0.2℃ほど低温域となっている。

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。コンクリート中の水分状態及び内部欠陥(空洞)に水が満たされているP3試験体を想定して欠陥部の温度差変化について実験結果と比較した。その結果、欠陥部が水で満たされている場合の健全部との最大温度差は時刻10:40に起こり、僅か0.09℃の差である。温度分布変化からも欠陥の範囲はもとより、評価自体が無理である。P3の実験結果では、13:40に0.76℃ほどの温度差が得られているが、空洞内の水が水分移動して僅かな空気層が生じたためと思われる。

3. まとめ

パッシブサーモグラフィ法による内部診断は、欠陥部の前面に蓄積される熱量を期待するもので、内部に潜在する介在物の熱特性によっては評価できない恐れがあることが明らかになった。

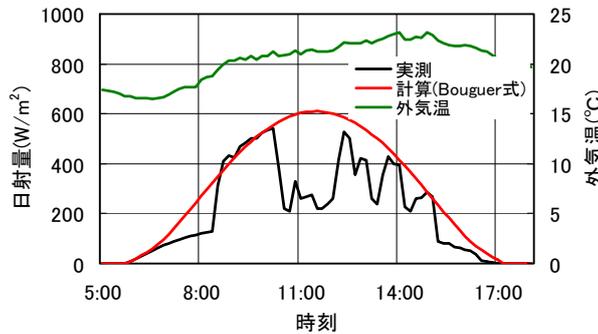


図-2 全天日射量と外気温

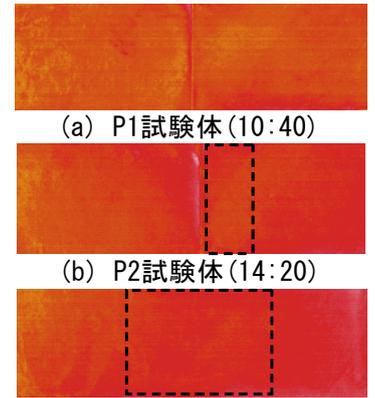
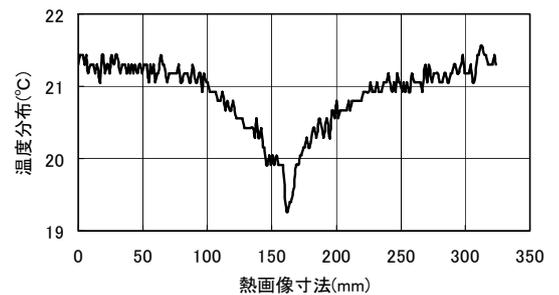
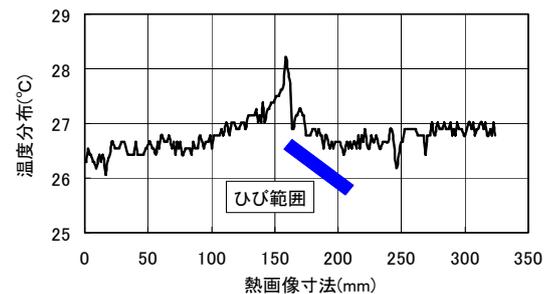


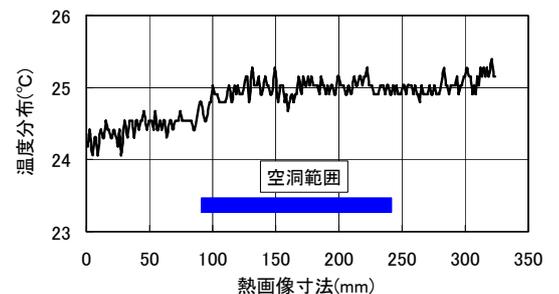
写真-1 熱画像



(a) P1試験体 (10:40)

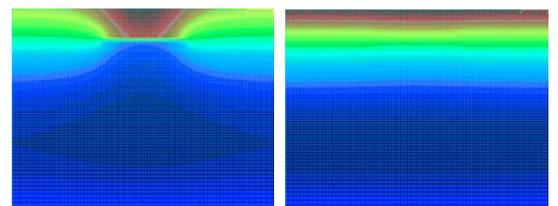


(b) P2試験体 (14:20)



(c) P3試験体 (13:40)

図-3 温度分布変化



(a) 欠陥部が空気 (b) 欠陥部が水  
写真-2 シミュレーション画像 (13:40)