

パッシブサーモグラフィ法による降雨後の乾燥過程が及ぼすコンクリート診断

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、特に種々降雨条件が及ぼす診断時刻などの適切な判断が要求される。そこで、本研究では降雨後にコンクリート表面の乾燥過程における健全部コンクリート及び欠陥部の温度上昇変化について実験的及び熱伝導解析により検討した。

2. 実験概要

降雨を模擬した試験体への注水は、降雨温度と乾燥時間を考慮して水温及び注水量を変えて赤外線カメラにより健全部コンクリート及び欠陥部コンクリートの温度上昇変化の相違を比較した。赤外線カメラによる温度測定は、平成22年7月28日及び8月5日の7:00~17:00まで行った。実験に供した試験体の概要を図-1に、また、実験条件を表-1に示す。N及びS試験体は、打設後28日間水中養生し、その後実験室内にて気中養生させた。N試験体は欠陥を設けていない試験体で、欠陥を有するS試験体には、幅100×長さ100×厚さ5mmの発泡スチロールを深さ10mm(S1)、20mm(S2)及び30mm(S3)の位置に埋め込み、硬化後にアセトンで溶かして空洞にした。コンクリート表面の滞水は、アクリル板内部に100、200及び300ccを測定開始直前に注水した。表中の測定開始時間とはコンクリート表面が乾燥し、含水率の測定を開始した時間を示す。

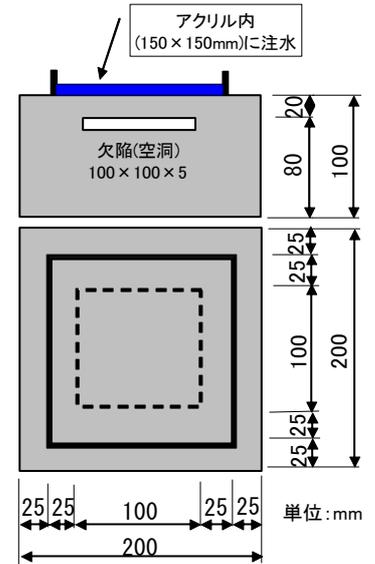


図-1 試験体(S2)

表-1 注水条件と乾燥状況

試験体	水温(°C)	注水条件(cc)	測定開始時間	含水率(%)		
				開始時	17:00	
7月28日	±0	N1	なし	7:00	4.5	3.0
		N2	100	12:40	5.4	4.5
		N3	300	17:00	4.4	4.4
		S1	なし	7:00	4.5	3.3
		S2	100	11:40	10.4	6.1
		S3	300	12:40	9.8	5.8
8月5日	+5	N1	なし	7:00	4.0	3.6
		N2	100	12:00	6.0	5.3
		N3	200	14:00	5.2	5.0
		S1	なし	7:00	4.0	4.0
		S2	100	11:00	8.6	6.1
		S3	200	14:00	9.7	7.5

3. 実験結果

3.1 熱画像と温度上昇変化

写真-1に得られたS試験体の熱画像を示す。S1試験体では、測定開始の7:00及び14:00ともに欠陥を判読することができる。しかし、乾燥時間11:40のS2(深さ20mm)、12:40のS3(深さ30mm)を示す(e)、(f)の欠陥部は目視での診断が難しい結果となった。

3.2 N試験体の温度上昇

図-2は測定日の日射量と外気温である。図-3(a)、(b)にN試験体の温度上昇変化を示す。各試験日の温度上昇変化は、N1試験体と比較すると100cc注水したN2試験体の方が温度上昇量は大きくなっている。両者の最大温度差は、7月28日は15:20に2.95°C、8月5日は14:00に1.82°Cである。アクリル内に滞水していた水が吸収及び蒸発し、ある程度コンクリート表面が乾燥すると急激に温度上昇が始まり、乾燥状態のN1試験体よりも上昇量が大きくなる。

3.3 熱伝導解析による欠陥部の温度変化

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。解析では日射変動の小さい8月5

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、熱伝導解析

連絡先：〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部 TEL:047-474-2441, E-mail: yanai.mutsuhito@nihon-u.ac.jp

日のコンクリートの健全部と欠陥部の温度上昇変化について実験結果と比較した。S2 試験体の滞水から乾燥するまでの状態は、今回、解析モデルの表面から深さ 5mm までを水の熱特性とし、実験で得られた 11:00 にコンクリートの熱特性(湿潤)になるように比例関係で時系列変化させて設定した。蒸発潜熱の影響は、実験で得られた温度上昇変化とのすり合わせによって吸収(入力)日射量を低減しながら健全部の表面温度変化を再現した。また、本解析では乾燥時間を 9:00, 10:00, 11:00, 12:00 及び 13:00 とし滞水なし(7:00)の欠陥部と健全部との温度差を比較した。内部欠陥は実験と同様の幅 100×厚み 5mm で、欠陥の内部は 1mm 間隔でメッシュを設けている。

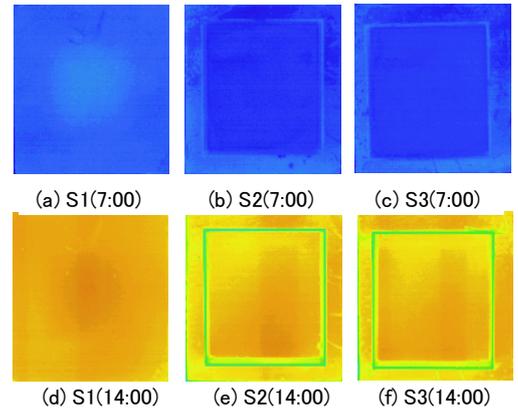


写真-1 S 試験体の熱画像(7月28日)

(1) 乾燥過程における健全部及び欠陥部の温度変化

図-4(a), (b)は乾燥時間帯を変えて得られた健全部温度及び欠陥部と健全部との温度差である。S2 健全部の解析温度は、11:00 頃までは滞水温度の上昇が、またそれ以降はコンクリート表面温度の上昇がともに実験値と一致している。乾燥時間が 12:00 を過ぎると滞水の無い S1 の最大温度上昇量と変わりはないが、それ以前では乾燥時間が早いほど大きくなる。

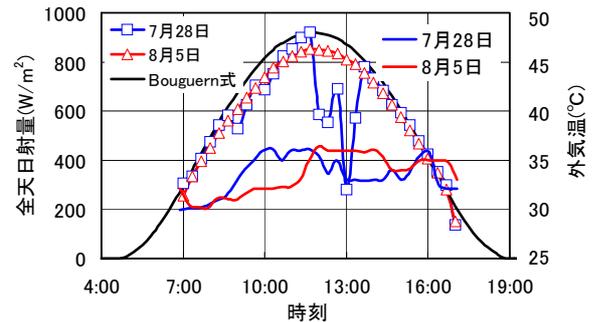
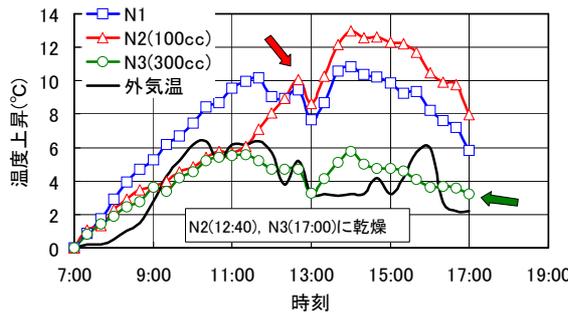
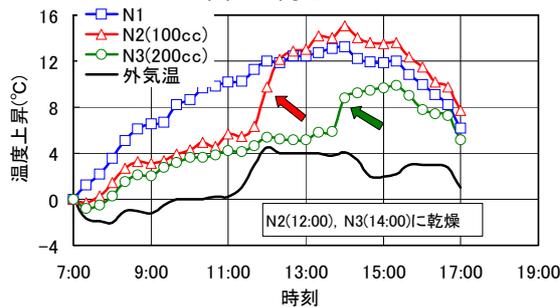


図-2 日射量と外気温

降雨によりコンクリート表面が濡れた状態で日の出を迎えた場合が最も健全部の温度上昇量が大きくなるものと思える。一方、(b)に示す欠陥部の温度差では、11:00 に乾燥した場合が最も大きくなり欠陥検出に適していることが分かる。13:00 に乾

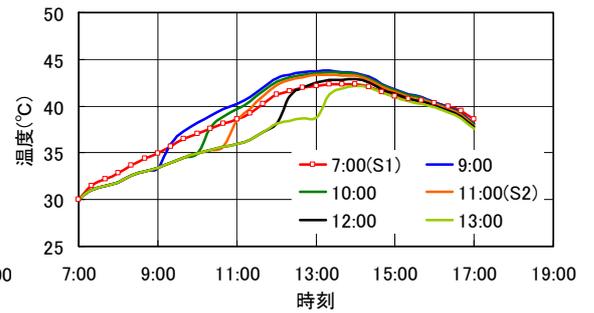


(a) 7月28日

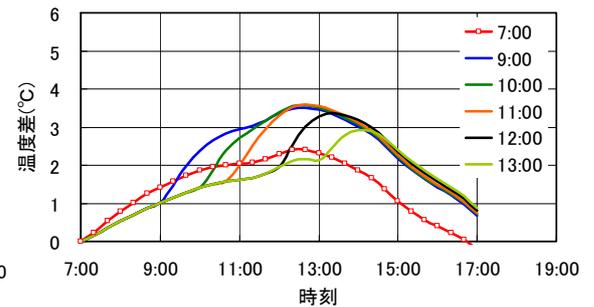


(b) 8月5日

図-3 N 試験体の温度上昇(実験)



(a) 健全部の温度上昇



(b) 欠陥部の温度差(欠陥深さ 20mm の例)

図-4 解析温度(8月5日)

乾燥した場合においても、絶えず乾燥状態(7:00)の最大温度差 2.4°C よりも大きい 2.9°C が得られている。南中時以前に乾燥した場合は、最大温度差はいずれも 12:40 に得られており、12:00 に乾燥した場合は 13:20 である。このように降雨によりコンクリート表面が湿潤状態にあっても、南中時以前に乾燥すれば乾燥状態が続く気象条件よりも水分が蓄熱量を高め診断に有効に働くことが明らかになった。

4. まとめ

(1) サーモグラフィ法による内部診断は、欠陥部(剥離空洞)の前面に蓄積される熱量を期待するもので、コンクリート表面が湿潤状態にあっても南中時以前に乾燥すれば水分が蓄熱量を高め診断に有効に働く。