

パッシブソーラーを利用したサーモグラフィー法によるコンクリート内部のひび割れ評価

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パッシブ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、本研究ではソーラーハウスと同様に太陽光の有効利用として黒色アルミシートとエアークャップでの促進加熱(パッシブソーラー法)を適用し、どの程度の熱量が供給されるのかを基礎実験及び二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、熱の伝わり易さである熱伝導率が高い黒色アルミシートをコンクリート表面に密着させ、また、日射透過率も高く適度な空気層を有するエアークャップを使用した。実験に使用した各エアークャップ種別を表-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、No.1～No.3 の試験体は 2 層式を用い、No.4 試験体は 3 層式で、No.5 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、5 試験体同時に行った(図-1 参照)。測定は平成 18 年 8 月 4 日で、7:00 から 17:00 まで 10 時間連続して行った。天候は快晴で、最大日射量は $880\text{W}/\text{m}^2$ であった。試験体上面付近で測定した外気温は測定開始時では 26.1℃、最高気温は 12:30 に 43.9℃、終了時は 28.8℃ であった。また、試験体への直達日射は建物間の実験のため 8:30～15:20 である。日射及び外気温によるコンクリートの上昇温度は、熱電対をコンクリート表面に貼付けて測定した。なお、試験体の側面には厚さ 50mm の発泡スチロールを貼付けている。

3. 実験結果

その結果を図-2 に示す。エアークャップの中で最も促進効果が得られたものは、2 層式で球径が 32mm の No.3 試験体であった。No.3 試験体の上面温度が最も高くなった時刻は、13:15 で 67.0℃ まで上昇した。標準試験体との温度差では、13:30 に 22.4℃ の有意差が現れている。これは、球径が他のものよりも大きいことで黒色アルミ箔への日射透過率が向上し吸熱量が増したこと、またハニカム構造と同様に日射エネルギーと適度な隔壁空気層との関係から対流熱損失がより抑制されたものと考えられる。なお、8:00～9:00 頃にかけての上昇温度のバラツキは、5 試験体への直達日射時間が異なるためである。

表-1 エアークャップ種別

試験体	エアークャップの種類
No.1	2層 #42、球径 = 10mm
No.2	2層 #60、球径 = 20mm
No.3	2層 #78、球径 = 32mm
No.4	3層 #42L、球径 = 10mm
No.5	標準試験体(促進材料なし)

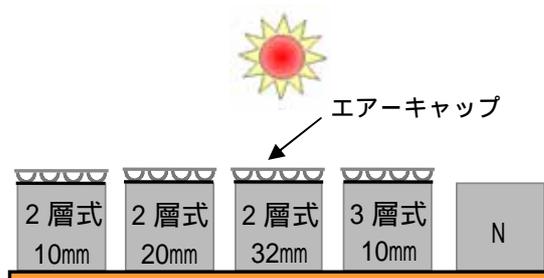


図-1 実験状況 (日射実験)

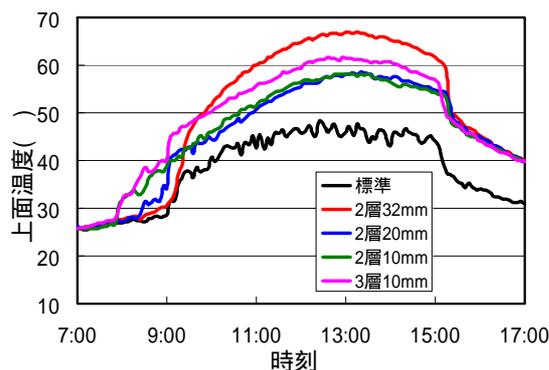


図-2 各試験体表面温度

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

二次元非定常熱伝導解析では、球径 32mmのエアーキャップを設置したものと、標準試験体との比較からパッシブソーラー法の有効性及び利用できるコンクリートの方位について、入力日射量とひび割れ部に生じる温度差から予測した。

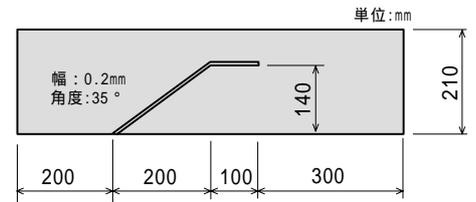


図-3 解析試験体モデル

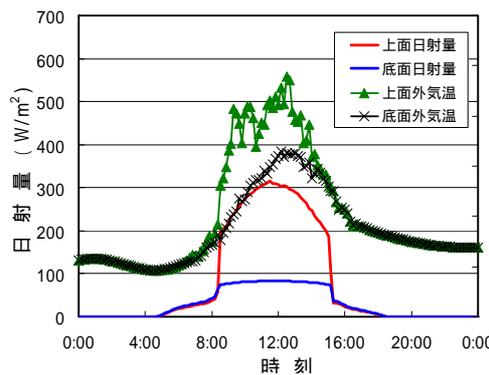
4.1 解析モデルと解析条件

図-3には想定したひび割れパターンを示す。コンクリートの厚さは 210mm，想定したひび割れの角度は 35°とし，幅は 0.2mm，深さは 140mm の位置から水平な枝分かれを 100mm としたモデルである。なお，対象構造物は鉛直なコンクリート壁を想定したもので，エアーキャップは上面(日の出側)及び底面(日没側)の両面に施すものとする。表-3は解析に用いた熱特性で，

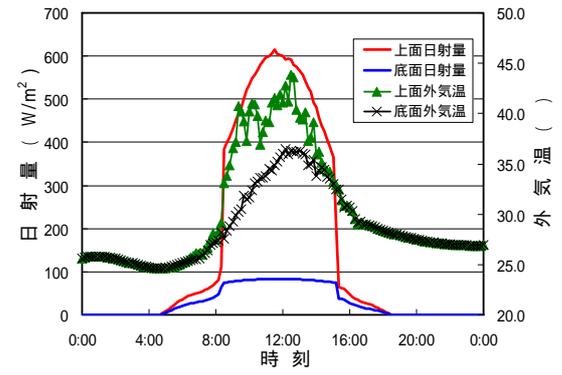
表-3 解析に用いた熱特性

材料	密度 (kg/m ³)	比熱 [kJ/(kg·K)]	熱伝導率 (W/(m·K))	熱伝達係数 (W/(m ² ·K))
コンクリート	2,200	0.876	1.4	6(A) 14(N)
ひび割れ	1.161	1.009	0.0256	

図-4は、実験時に得られた全天日射量(880W/m²)から



(a) 標準試験体(N)



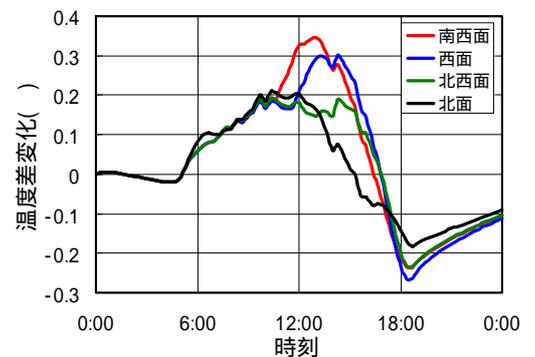
(b) エアーキャップ試験体(A)

図-4 入力した日射量と外気温

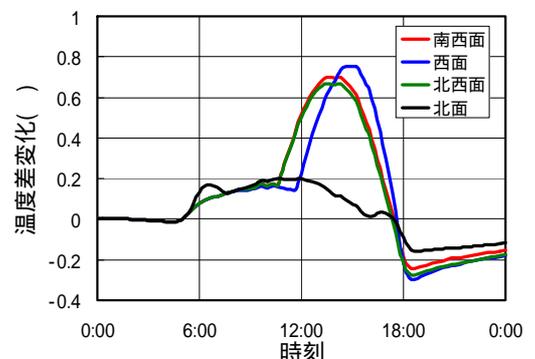
図-2のコンクリートの表面温度を再現するために入力した直達日射量と外気温である。また、各方位面の鉛直壁へ入射する直達日射量は、この水平面直達日射量を基に算定している。

4.2 解析結果

図-5は日没面(底面)のひび割れ発生箇所と健全部との温度差変化である。エアーキャップは温度差が 0.8 近くまで上昇し、標準試験体に比べ 2 倍近くの差が出ている。そのエアーキャップ試験体の各方位による温度差が最大になる時間は、南西が 14:20 に 0.70，西が 15:00 に 0.75，北西が 13:40 に 0.67，北が 12:00 に 0.20 であった。エアーキャップを外しての最適な診断時刻は、南西、西面及び北面については最大日射量時刻とほぼ同時刻であり予測可能である。一方、北西面は南東面からの熱伝達から日射量が最大となる 16:00 よりも早く温度差が最大になっており、日の出面からの日射量(南東面)及び壁厚によって異なってくる。しかし、南面からの透過熱が期待された北面については、太陽高度の高い 8 月では南面への熱吸収が小さく期待することはできない。



(a) 標準試験体(N)



(b) エアーキャップ試験体(A)

図-5 健全部と欠陥部との温度差比較

5. まとめ

(1) 収熱効果は、エアーキャップの粒径 32mm が最も上昇温度が大きくなり、標準試験体よりも 22.4 の有意差が得られた。(2) ひび割れの発生面である日陰面では、ひび割れ角度 35°，幅 0.2 mm で深く進展したひび割れの進展方向は評価可能である。(3) 壁厚が大きい場合は、方位角と最大温度差になる時刻には良好な相関性があり、ひび割れを評価し易い測定時刻が予測できる。