

熱赤外線映像法による吹付のり面変状部診断に関する研究

株式会社フジタ 学生会員 田村 祐樹
 鳥取大学大学院 学生会員 福田 陽一
 鳥取大学工学部 フェロー会員 藤村 尚

1, はじめに

近年, 吹付のり面の老朽化は深刻な問題で改善の必要な箇所が増えている. 吹付のり面の劣化は, 吹付工そのものの劣化に加え, それが原因で吹付工裏側の地山の風化が進行して土砂化や地山とのり面との間に空洞ができる. 吹付のり面の劣化部診断は打撃や目視によるものが多いが, 熱赤外線映像装置を用いた熱画像温度差分布による方法がみられる.¹⁾しかし, この診断における劣化部の判断基準が, 個々ののり面・あるいは主観・経験に拠る部分が多いため, 客観的な判断をすることは難しい. そこで, 吹付のり面劣化部を模した試験体の温度計測などを行って, 温度特性を調べる. さらに, 同一条件下での FEM 解析を試みる.

2, 実験

本研究では, 吹付のり面を模した試験体を作成した. その試験体を図 1 に示す. 試験体は左から表面からの深さが 15mm (空洞部モデル 1), 30mm (空洞部モデル 2) の各空洞部モデル, 土砂部モデル, 基本モデルとなっている. また, 空洞部モデルの空洞は EPS で模した. 実験実施日は 2006 年 10 月 30 日 17:00 ~ 31 日 17:00 に行なった. 周辺環境として日射量, 気温, 風速を計測し, 日射量を測定した結果を図 2 に示す. 図 3, 4 は熱画像より表面温度を解析した結果である. これらを見ると日射量が増加するとともに試験体の表面温度も上昇することが分かる. 図 3 の基本モデルと土砂部モデルでは, 土砂部モデル基本モデルに比べて, 日射がない夜間は温度が低く日射量が増加するに連れて温度の勾配が大きい. また, 日射量が減少すれば温度の下降は大きいことが分かる. これは, 土砂部モデルを構成する砂質土の比熱に関係している為だと考えている. 図 4 は空洞部モデルの温度変化であるが, 変状がある部分の温度が健全部とされている部分よりも高い傾向となった. これは, EPS が断熱としての効果があり, EPS 上にあるモルタルの表面に影響したと考えられる.

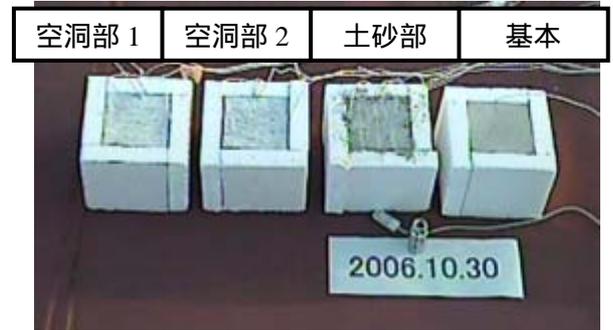


図 1 10月30-31日試験体可視画像

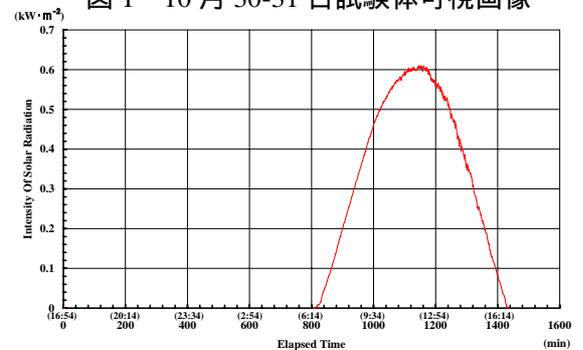


図 2 日射量の変化

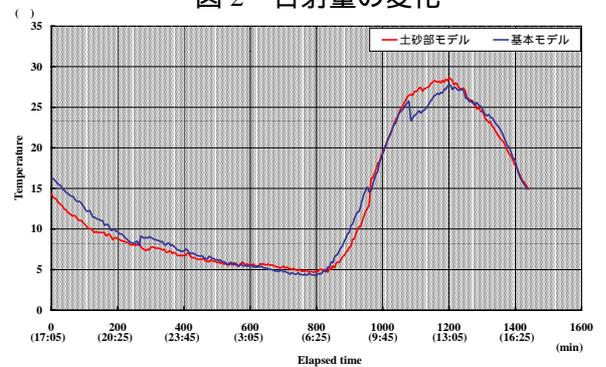


図 3 基本モデルと土砂部モデルの表面温度

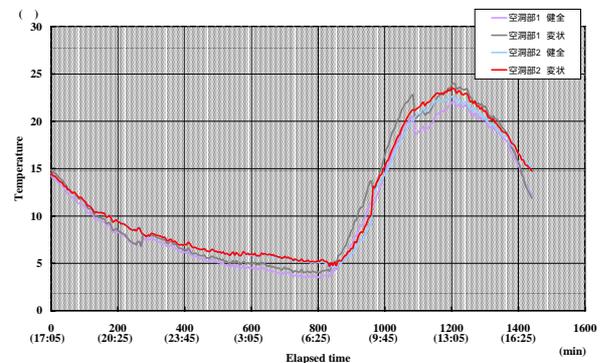


図 4 空洞部モデルの表面温度

括弧書きは時刻

キーワード リモートセンシング, 吹付のり面, 日射, 熱伝導解析

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学工学部土木工学科 TEL.0857-31-5296

3, 数値解析

熱赤外線映像法による吹付のり面診断時の熱収支は基本として図5のように考えられる。日射には直達日射と散乱日射に分けられる。これは、地球の大気により反射・散乱が生じるためである。本研究での日射計は、全天日射計(直達日射と散乱日射を足したものを測定する)を用いたため、式(3.1)を用いて、日射エネルギーを求めた。²⁾

$$I_d = (I_h - I_s) \cot \alpha_s \sin \psi \quad (3.1)$$

ここで I_h は実測の日射量, I_s は散乱日射エネルギー, α_s は太陽高度で ψ は太陽方位である。また、本研究では実際の試験体と同寸で空間的には有限要素法 (FEM) により構成し、時間的には差分を用い、日射エネルギーや気温を考慮した非定常熱伝導解析を行なった。図6はそのモデルの一例である。斜線で示した部分は日射エネルギーを与えた部分で、 ε は放射率, α は日射吸収率であり、境界条件や日射エネルギーの吸収に作用する係数である。また、その他の面は気温を考慮するため、静止した空気層を仮定しその端面から Step ごとに気温を境界条件とした。また、 $Z=0$ における面は断熱条件とした。また、境界条件は実時間で5分おきのデータを用いて行なった(289Step)。また、各物性値としては熱伝導率 λ , 比熱 c_p , 密度 ρ であるが、例として、図6に測定したモルタルの物性値を示した。

図7, 8 は土砂部モデル, 基本モデル, 各空洞部モデル表面の解析結果を示したものである。これらを見ると、時刻による日射変化とともに変化していることが分かる。図7では、土砂部モデルが基本モデルよりも温度の上昇時, 下降時ともに勾配が大きく、ピークも高い結果となった。これは、砂質土の物性の影響が考えられる。また、図8においても変状部においてピークは高く出るといった結果となった。これは、EPSの影響だと考えられる。しかし、EPSの厚さによって表面温度の変化はないと考えられるが変状部周辺への影響があると考えられる。

4, まとめと課題

熱赤外線映像法による温度特性は日射との密接な関係があることを示すことができた。吹付のり面変状部の手掛りを得たものと考えている。今後、実験・解析を通して実用化に向けて精度を向上させることが課題に挙げられる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所 (編), 熱赤外線映像法による吹付のり面老朽化診断マニュアル, 1996
- 2) 赤松幸生 他, 熱画像による構造物の変状診断手法の基礎的検討, 土と基礎 Vol.48.No.5, 2000

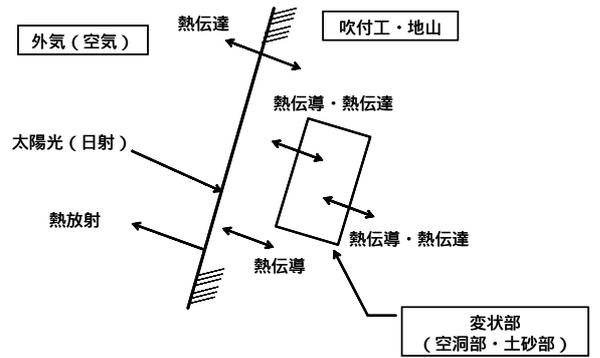


図5 熱収支の図

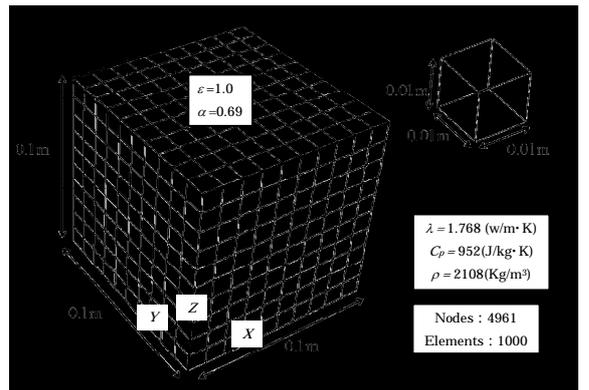


図6 FEMにおける基本モデル

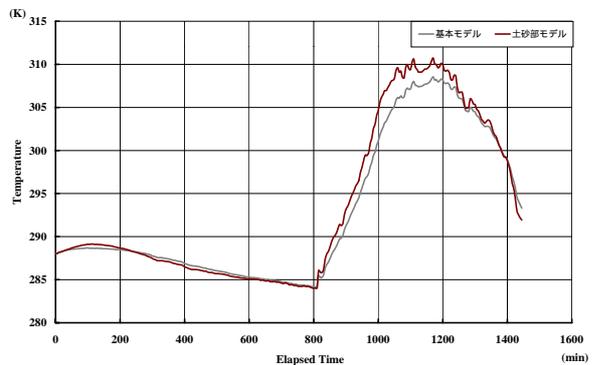


図7 基本モデルと土砂部モデルの解析結果

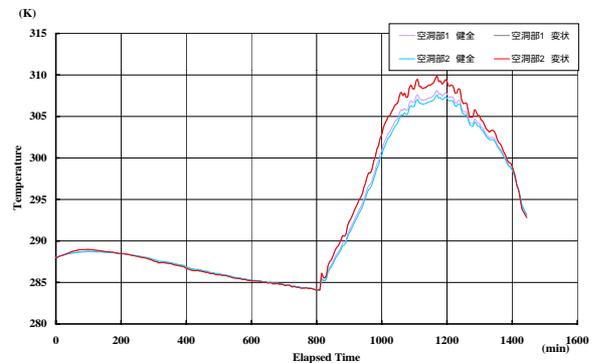


図8 空洞部モデルの解析結果