

層間剥離の大きさと深さがアスファルト舗装表面の温度履歴に与える影響

芝浦工業大学 学生会員 ○北島 雄貴

芝浦工業大学 学生会員 菅谷 浩樹

芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1. 研究背景と目的

近年、日本の道路事業のほとんどは舗装事業であり、特にアスファルト混合物による舗装道路が主である。

このアスファルト舗装の劣化として層間剥離の現象がある。層間剥離とは、アスファルト舗装の表面にある表層とその一つ下の下層である基層の間の層境界において、外部温度や荷重により剥離が生じ空隙が発生することで表層にひび割れが生じてしまう現象であり、舗装構造としての一体性を失う問題につながってしまう。

そこで近年、赤外線サーモグラフィによる検出方法が実施されるようになった。赤外線サーモグラフィは、撮影する対象物を熱赤外線画像として記録するカメラであり、アスファルト舗装の表面を撮影した場合、剥離部位とその周辺との温度差をみることができる。この検出方法が確立されれば、従来の方法に比べ人員、時間、費用を抑えることができ、さらにより広範囲の面積を調査することができる。

我々の先行研究では、環境要因によって層間剥離を有するアスファルト舗装の温度履歴に与える影響について検討し、日射量と熱伝達率を考慮した等価外気温を用いた熱伝導解析によって実測される剥離部上面の温度履歴を評価できることが明らかにした。このことにより、計測される画像から得られる温度差が剥離によるものなのか解析で証明できることを明らかにした。

そこで本研究では、次のステップとして層間剥離の深さと大きさが剥離部上面の温度履歴に影響を与えることが予測されるため、剥離部の大きさと深さをパラメータに実験と解析を行ったので報告する。

2. 計測概要

本研究では、層間剥離を模擬した 100×100×30 (cm) のアスファルト舗装の供試体（上部 10cm がアスファルト層、下部 20cm がコンクリート層）を作製し、赤外線サーモグラフィで 24 時間連続撮影した。計測時は、日射計、放射計、風速計、温度計を設置し、計測時のキーワード 赤外線サーモグラフィ、アスファルト、舗装剥離、温度解析

連絡先 芝浦工業大学 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5

日射量、風速、外気温等をデータローガで測定し記録した。また、アスファルト舗装供試体の剥離幅は 10cm×10cm、20cm×20cm、30cm×30cm の 3 種類とし、それぞれ深さ位置を表面から 2.5cm、5.0cm、7.5cm とした。なお、剥離を模擬するため、厚さ 3mm の高発泡ポリエチレンシートを使用した。供試体の概要を図-1 に示す。

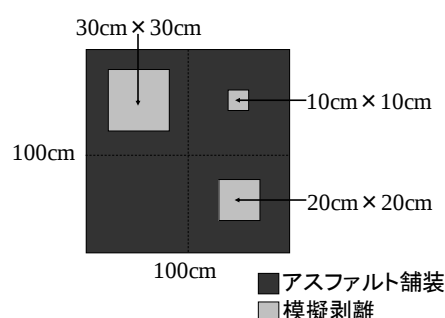


図-1 模擬剥離の配置方法例

3. 計測結果と考察

計測は、10月22、23日（剥離深さ 2.5cm）、12月7、8日（剥離深さ 5.0cm）、12月23、24日（剥離深さ 7.5cm）に行った。3回の計測の日中と日没後の熱赤外線画像を図-2 に示す。

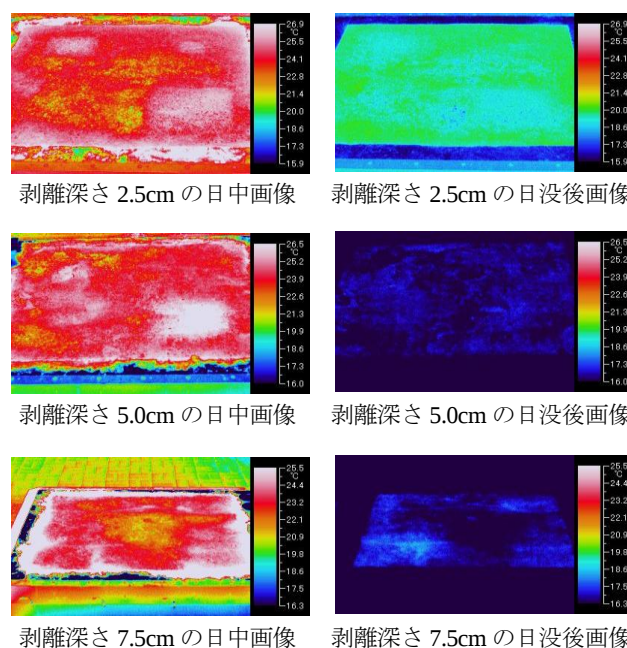


図-2 計測した熱赤外線画像

図-2 より、剥離深さが浅いほど剥離大きさを鮮明に熱画像でとらえられることが分かった。そこで、日中時に舗装表面が最大温度となる時点での健全部と剥離部の表面温度差を剥離深さごとにまとめたものを図-3、図-4、図-5 に示す。また、それぞれの図中には温度解析結果も合わせて掲載した。温度解析は非線形温度応力解析プログラム ASTEA-MACS を用いて 2 次元で行い、式-1 で求まる熱伝達率と日射量を考慮した等価外気温を用いた (式-2)。なお、等価外気温式とは日射による表面への熱吸収を外気温として換算できる式である。

$$a_o = (A_{su} \times J) / (T_e - T_o) \quad \cdots \text{式-1}$$

$$T_e = T_o + A_{su} \cdot J / a_o \quad \cdots \text{式-2}$$

T_e : 等価外気温 (°C) T_o : 外気温 (°C)

J : 日射量 (W/m^2) a_o : 熱伝達率 ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$)

A_{su} : 表面の日射吸収率

なお、解析に用いた熱伝達率を表-1 に示すが、風速の影響を考慮して求めたものである。

図-3、図-4、図-5 より、剥離深さが大きくなるに従い、舗装表面の温度差は小さくなり、実測される熱画像において剥離の有無の検出精度を低下させていることが分かる。また剥離深さ 2.5cm の供試体と 5.0cm の供試体では、剥離大きさ $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ と $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ においてほぼ同じ表面温度差になるのに対し、剥離大きさ $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ の場合は、それらよりも温度差は小さくなっている。これは、剥離大きさが小さいほど剥離周りのアスファルトから熱の影響を受けやすいことに起因するものと考えられる。よって、剥離大きさ $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ 程度の剥離については、剥離周りからの熱の影響を受けないため、解析により剥離の深さ位置を同定できる可能性があることが分かった。なお、剥離深さ 7.5cm については、熱吸収が少なく剥離大きさによる表面温度差に違いが生じないために、解析により剥離の深さ位置を同定できる可能性がある。ただし、すべての図において解析結果は表面温度差の傾向を評価することが可能であることがわかるが、剥離位置が深くなるに従いその精度は低下するため、剥離深さの同定精度は低下すると考えられる。

4. まとめ

今回の計測と解析を行った結果、剥離深さが浅いほど、健全部と剥離部との表面温度差が大きく、熱赤外線画像からも剥離部を検出しやすい。また、剥離大きさ $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ 程度の剥離までは、剥離大きさによる

表面温度差に違いがないため、深さ位置が比較的浅い位置においても解析によって剥離深さを同定できる可能性があることが分かった。

表-1 解析における物性値

	熱伝達率	密度	比熱
アスファルト	$1.50\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$	$2500\text{kg}/\text{m}^3$	$0.81\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$
コンクリート	$2.70\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$	$2400\text{kg}/\text{m}^3$	$1.15\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$
剥離部	$0.022\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$	$1.30\text{kg}/\text{m}^3$	$1.02\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$

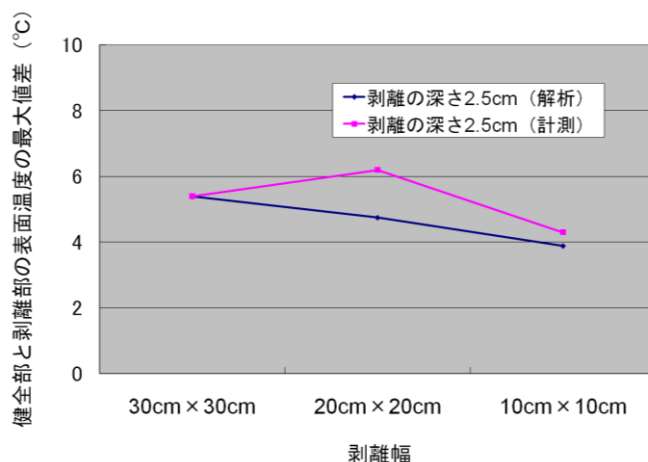


図-3 剥離深さ 2.5cm の健全部と剥離部の表面温度差

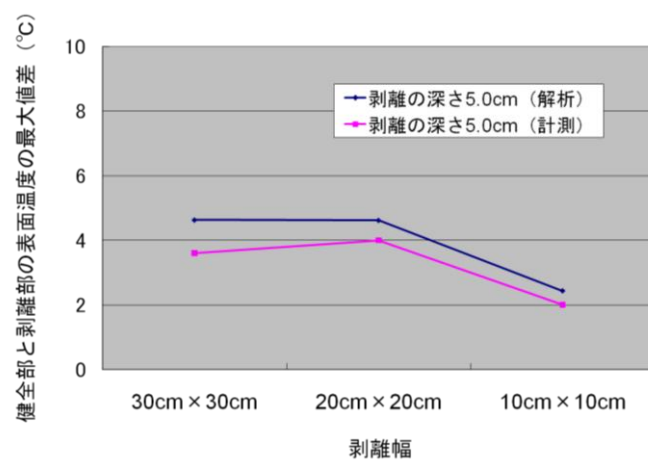


図-4 剥離深さ 5.0cm の健全部と剥離部の表面温度差

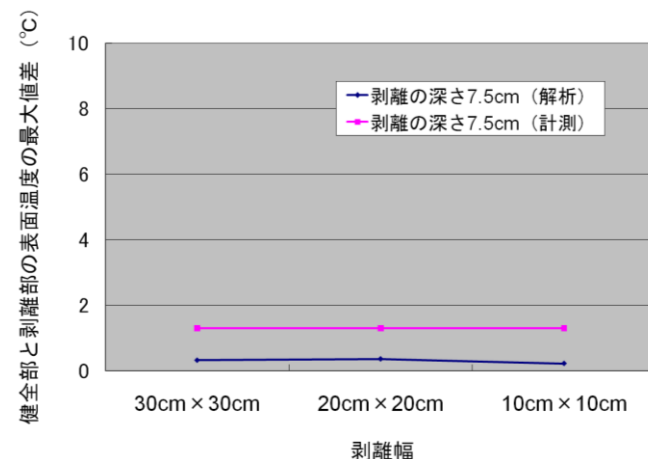


図-5 剥離深さ 7.5cm の健全部と剥離部の表面温度差