

赤外線法による鋼床版上のアスファルト舗装剥離検知に関する基礎的研究

芝浦工業大学 ○学生会員 本木 章平
芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1. はじめに

アスファルト舗装の代表的な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層、基層、路盤層のそれぞれの接合部分の層境界において、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ある。層間剥離が進行すると表層にひび割れが生じ、舗装構造の一体性を失い、走行の安全性に大きな支障を起こしてしまう。そのため事故が起きる前段階での剥離の早期発見と対処は極めて重要である。近年、赤外線サーモグラフィカメラを用いた非破壊・非接触での剥離検知が行われており、既往の研究成果では赤外線法により面的にアスファルト表面の温度状態を把握し、剥離検知が可能であることがわかっている¹⁾。

そこで本研究では、鋼床版上の舗装内部の剥離部に水が溜まった状態（滞水状態）での剥離検知が可能であるか。また、環境要因により剥離を有するアスファルト舗装の表面温度履歴に与える影響について、計測値と解析値を比較し検討した。

2. 実験概要

2-1. 試験体概要

厚さ 6mm の鋼製型枠内に寸法 450×450×50mm のアスファルト舗装の試験体を作製し、健全・剥離・滞水状態の 3 パターンを模擬した試験体をつくり計測した。鋼板とアスファルト舗装界面に剥離を模擬するために厚さ 1mm の高発泡ポリエチレンシートを、また滞水状態を模擬するために水で湿らせた新聞紙を使用した。なお、アスファルト舗装側面の熱移動を避けるために、発砲スチロールで囲み断熱状態とした。アスファルトは市販の常温アスファルト混合物を使用した。また、実構造物での鋼床版上の舗装には防水層が施されており、本研究では防水層を模擬するために厚さ 1mm の天然ゴムシートを使

用し、ゴムシート有りの場合も併せて検討した。

なお、試験体の平面図を図-1 に、断面図を図-2 に示す。

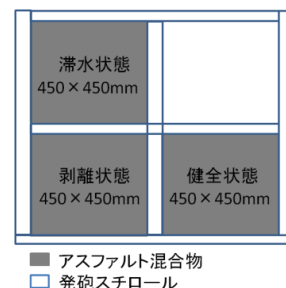


図-1 試験体平面図

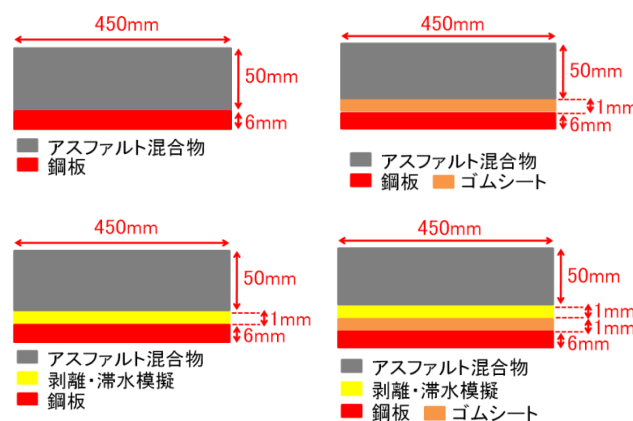


図-2 試験体断面図

2-2. 計測方法

本研究では赤外線カメラ (TVS-500) を用いて、試験体に対し撮影角度 45° で 24 時間連続撮影を行い、アスファルト舗装表面の温度履歴を計測した。また、日射量・放射計・風速計を設置し、日射量・風速・外気温をデータロガーで測定した。

2-3. 温度解析

本研究では非定常温度応力解析プログラム「ASTEA-MACS (Ver.4)」を用いて 2 次元で温度解析を行い、健全部、および剥離部・滞水部を有するアスファルト表面の温度履歴を評価できるか検討した。

3. 実験結果および考察

3-1. 計測結果

図-3 に計測結果 (平成 22 年 12 月測定) を示す。また、健全・剥離・滞水状態における舗装表面温度の最大値、最小値を表-1 に示す。なお表中には、健

キーワード：赤外線法，層間剥離，温度解析

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-7-5 TEL：03-5859-8400 Mail：h07095@sic.shibaura-it.ac.jp

全部との温度差を括弧内に示している。表-1 より、健全部と剥離部の表面温度の最大値を比較すると、ゴムシート有無にかかわらず温度差が2℃以上あり、容易に剥離を検出できることが分かった。しかし滞水部の場合、健全部との表面温度差が1℃未満であり、剥離の場合と比べ温度差が小さくなる結果となった。これは、水の熱伝導性に起因するものと考えられる。

よって、剥離部に水が存在する場合、健全部との温度差が小さくなることから、打音法など他の非破壊検査技術の結果と比較するなどして検出精度を向上させることが必要になると考えられる。なお、最小値は殆ど温度差が確認されなかった。

3-2. 計測値と解析値での比較

本研究では日射・風速等の環境要因を考慮するため等価外気温式(式-1)を用いて解析を行った。また、既往の研究¹⁾で求められた平均風速と舗装表面の熱伝達率の関係式(式-2)を下記に示す。

$$T_e = T_o + A_{su} \cdot J / a_o \quad \cdots (1)$$

T_e : 等価外気温 (℃) T_o : 外気温 (℃)

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

A_{su} : 表面の日射吸収率

$$Y = 20.454X + 21.107 \quad \cdots (2)$$

Y : 熱伝達率 X : 平均風速

なお、今回の解析では舗装表面と鋼板下面の熱伝達率は同じ値を使用した。また、解析に用いた物性値を表-2²⁾に示す。

(1) ゴムシート有りの場合

表-1 の計測値と解析値の最大値を比較すると、表面温度の解析値は計測値よりも1℃程度異なるものの、健全部との温度差は計測値とほぼ同じ値となり、解析で評価できていることが分かる。

(2) ゴムシート無しの場合

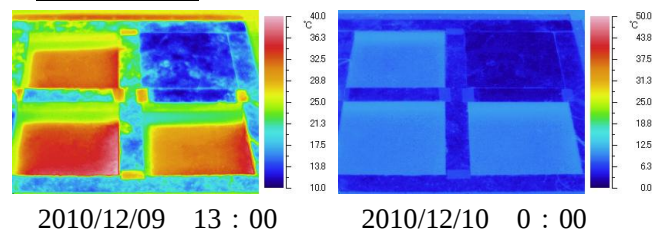
表-1 の計測値と解析値の最大値を比較すると、健全部と剥離部の表面温度の絶対値は、ゴムシート有りの場合と同様、異なるものの、その温度差は計測値とほぼ同じ結果となった。しかし滞水部に関しては、表面温度の絶対値が計測値と同じ値になったことから、健全部との温度差に0.8℃の誤差が生じる結果となった。これは、滞水部の表面温度の計測値に大きなばらつきが確認されており、他の部と環境条件が異なっていた可能性があるためだと考えられる。

これらの結果より、表面温度の最大値の差を(ゴムシートなしの滞水状態以外)、環境要因を考慮した温度解析によって評価できる可能性があることが分かった。

4. まとめ

今回の計測と解析を行った結果、剥離部に水が滞水した場合、舗装表面に大きな変化がなく、剥離と断定することは難しい。また、環境条件を変化させた場合での温度解析ができる可能性があり、解析によって事前に剥離検知をシミュレーションできることを示唆している。

・ゴムシート有り



・ゴムシート無し

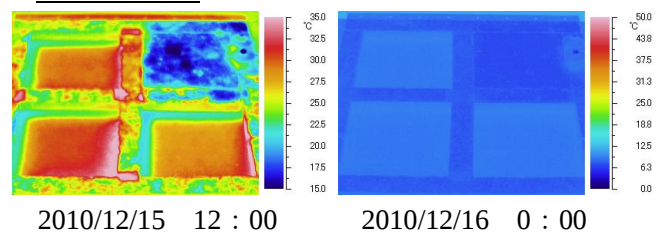


図-3 計測した赤外線画像

表-1 舗装表面温度の最大値・最小値

ゴムシート有り		健全状態(℃)	剥離状態(℃)	滞水状態(℃)
計測値	最大値	30.9	33.9(3.0)	31.1(0.2)
	最小値	7.7	7.6(-0.1)	7.5(-0.2)
解析値	最大値	29.3	32.3(3.0)	29.4(0.1)
	最小値	8.2	8.1(-0.1)	8.2(0)

ゴムシート無し		健全状態(℃)	剥離状態(℃)	滞水状態(℃)
計測値	最大値	28.6	30.6(2.0)	29.4(0.8)
	最小値	8.1	8.0(-0.1)	8.2(0.1)
解析値	最大値	29.3	31.5(2.2)	29.3(0)
	最小値	6.0	6.0(0)	6.0(0)

表-2 解析における物性値

	熱伝導率($W/m\text{℃}$)	密度(kg/m^3)	比熱($kJ/kg\text{℃}$)
アスファルト	1.50	2300	0.81
鋼板	0.47	7850	51.3
剥離部	0.02	1.293	1.01
水	0.56	998	4.18
ゴム	0.20	960	2.00

参考文献

- 1) 棚橋孝次, 勝木太 : 環境要因が層間剥離を有するアスファルト舗装表面の温度履歴に及ぼす影響
- 2) 国立天文台 : 理科年表 (平成 15 年) pp.370-404, (平成 2 年) pp.474-475