

V-164

アスファルト混合物層の簡易平均温度推定法

運輸省港湾技術研究所 実務訓練生 学生員○吉尾直樹

運輸省港湾技術研究所滑走路研究室 正員 高橋 修

運輸省港湾技術研究所滑走路研究室 正員 八谷好高

長岡技術科学大学 環境・建設系 正員 丸山暉彦

1. はじめに

FWD などによって測定されるたわみは、測定地点におけるアスファルト混合物層の温度に影響されて時間的に変化する(日変動と季節変動)。これはアスファルトの物性が温度に対して敏感であるため、アスファルト混合物層の温度が変化するとその変形特性や強度特性も変化するためである。測定たわみ、あるいは逆解析より求められた弾性係数を同一条件で評価するためには、これらを標準温度の状態に補正する必要がある。本研究では、空港アスファルト舗装の非破壊構造評価システム¹⁾の構築にあたり、温度補正に必要となるアスファルト混合物層の平均温度を推定することについて検討した。

2. 温度測定方法

平均温度の推定は重回帰分析により回帰式を求めて検討した。重回帰分析によって平均温度を推定するためには、実際の温度データを収集した。ここで用いた舗装体内温度データは、神奈川県横須賀市運輸省港湾技術研究所(以下、港研)で測定されたものである。舗装体内温度を測定したアスファルト混合物層は幅 100cm、長さ 100cm、厚さ 36cm であり、深さ方向に対して 図-1 に示す 9 点の位置に熱電対が埋設されていた。

3. 測定結果

図-2 は各時間に対する深さ方向の温度分布の一例である。舗装表面では温度の変動が大きく、深くなるに従って温度変化は小さい。本検討では、図のように各測定値を直線で結んで積分値を求め、それを平均したものをアスファルト混合物層の平均温度(以下、層内平均温度)と定義した。

4. 推定式の作成

推定式の作成にあたり、回帰式の説明変数の違いによる推定精度の差異を確認した。説明変数としては FWD 測定時に自動的に得られる気温と別途測定している表面温度、さらに日中の最高気温が夜間の層内平均温度に影響しているもの

と考え、気温も説明変数に加えた。また、既往の研究²⁾により、各季節における温度勾配の形状は天候によらず各時間ごとに近似していることが明らかになっているので、回帰式は各月の各時間について(年間で $12 \times 24 = 288$ 個の回帰式)作成した。まず、以下に示すように説明変数を組み合わせた 3 ケースの回帰式を作成し、それぞれ実測値と回帰式による推定値を比較した。ただし、回帰式の作成には雨天時のデータを除外している。

ケース A: 説明変数が①舗装表面温度のみ

ケース B: 説明変数が①舗装表面温度と②気温の場合

ケース C: 説明変数が①舗装表面温度、②気温、および③日中の最高気温の場合

Key Words: アスファルト混合物, 温度推定, 平均温度, 重回帰分析

連絡先: 〒229-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 ・ TEL: 0468-44-5026 ・ FAX: 0468-44-4471

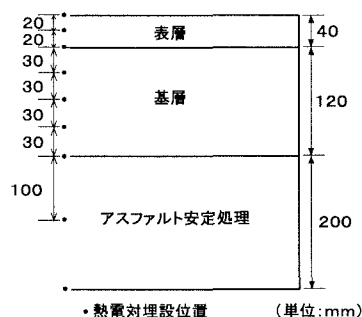


図-1 温度測定の概要

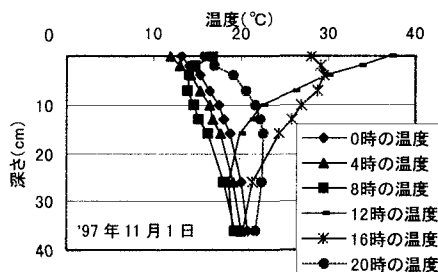


図-2 深さ方向の温度勾配

各ケースにおける推定精度の一例として、'98年11月の結果を表-1に示す。ケースAでは実測値と回帰式による推定値との相関係数が小さく、このケースで層内平均温度を定量的に推定するのは難しい。ケースBについてはケースAの場合よりも相関は高いが、さらに説明変数に日中の最高気温を加えたケースCのほうが、より相関の高い結果が得られている。これは年間を通じて同様な結果であった。ケースCの推定精度が最も高かったため、以後の検討では主にケースCの推定式に着目した。具体的な推定式を式(1)に示す。

$$Tave = a \times Tsur + b \times Tair + c \times Tmax + d \cdots (1)$$

$Tave$: 層内平均温度

$Tsur$: 舗装表面温度

$Tair$: 大気温度

$Tmax$: 日中の最高大気温度

a, b, c, d : 回帰係数

5. 推定式の拡張

上記の回帰式はアスファルト混合物層の厚さが36cmに対するものであり、実用性を考えると任意厚さの混合物層に対して適応できるように拡張する必要がある。任意厚さの平均温度を推定するために、式(1)に補正項 α を考慮し、回帰式を次式に示すように変形した。図-3は図-1に示したアスファルト混合物層を厚さ16cmのみとした場合の実測値と推定値の比較である。

$$Tave(t) = Tave(36) \times \alpha \cdots \cdots (2)$$

$$\alpha = f(t)$$

$$= \alpha 1 \times t^2 + \alpha 2 \times t + \alpha 3$$

$Tave(t)$: 任意の厚さの層内平均温度

$Tave(36)$: 層厚が36cmの層内平均温度

t : アスファルト混合物層の厚さ(cm)

$\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3$: 回帰係数

6. 長岡市のデータとの比較

ここで作成した回帰式が他の地域にも適用できるかどうか評価するために、新潟県長岡市で測定された温度データ(アスファルト混合物層厚が13cm)を用いて検討した。図-4は長岡市のデータを用いた実測値と式(2)による推定値の比較である。相関関係は十分に高いが、平均平方誤差が8.4℃である。港研でのデータほどの高い精度は得られなかったが、推定式としての有効性は十分に認められる。

7. まとめ

本検討での夜間における推定精度は、年間を通して平均平方誤差が2℃以下であり、日中では2~6℃であった。これは温度の推定精度などを考慮すると、実用に対して十分な推定精度であると考えられる。また、作成した回帰式は、港研での舗装構造と環境に基づいたものであり、他の場所においてもこの推定式が適用できるかどうか、広く調査する必要がある。ここでは、一例として長岡市で測定されたデータによって評価したところ、港研でのデータほどではないが、高い精度で推定することができた。今後、多くの場所における実データと照査して推定精度を評価し、場合によってはさらに補正等を加えて汎用性の向上に努めていく予定である。

参考文献 1) 八谷ほか: FWDによる空港アスファルト舗装の構造評価システム, 舗装工学論文集第3巻, pp.57-66, 1998. 2) 丸山ほか: アスファルト混合物層の温度推定法, 第47回年次学術講演会, V-1, pp34-35, 1992.

表-1 重回帰分析による推定精度

'97年11月		ケースA	ケースB	ケースC
相関係数	時間 0	0.50	0.79	0.91
平均平方誤差		3.35	1.65	0.74
最大誤差		3.55	2.66	2.31
相関係数	1	0.50	0.75	0.88
平均平方誤差		3.10	1.80	0.96
最大誤差		3.21	2.60	2.64
相関係数	2	0.55	0.76	0.88
平均平方誤差		2.73	1.63	0.88
最大誤差		2.77	2.49	2.47
相関係数	3	0.56	0.74	0.86
平均平方誤差		2.56	1.66	0.95
最大誤差		2.52	2.57	2.74
相関係数	4	0.57	0.69	0.84
平均平方誤差		2.36	1.83	1.03
最大誤差		2.52	2.65	2.91
相関係数	5	0.59	0.71	0.85
平均平方誤差		2.21	1.68	0.95
最大誤差		2.56	2.61	2.43

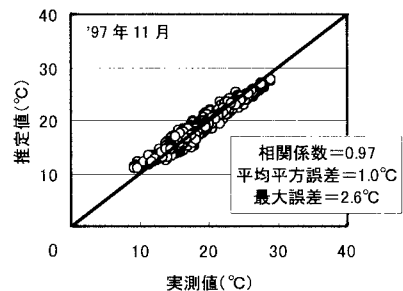


図-3 層厚が16cmの場合の比較

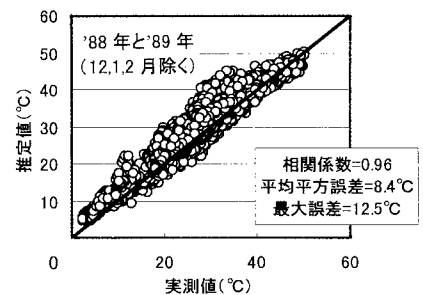


図-4 長岡市でのデータの比較