

主要都市の気象データを用いた数値解析による舗装表面温度推定

(株)NIPPO 正会員 ○西山 大三
 (株)NIPPO 正会員 尾本 志展
 東京電機大学 フェロー会員 松井 邦人
 東京電機大学 学生会員 祁 相輝

1. はじめに

舗装の表面温度は、ヒートアイランド現象の長期的な動向を知るために必要である。また内部温度と剛性の関係は、舗装寿命を予測する上で重要である。これらは長期にわたり実測で把握するのは困難であるため、数値解析を活用することが有効であると考え。本稿ではその内の表面温度に着目して、気象庁が公開している日本国内の主要 6 都市における、過去 12 年間の気象観測データを用いて、半月別に気温の変化を精査した。さらに数値解析により表面温度分布を求めた結果、幾つかの知見を得たので報告する。

2. 支配方程式

舗装内部の温度分布は、様々な気象因子(全天日射量や赤外放射など)を加味した 1 次元熱伝導方程式を解くことで求められる¹⁾ (式-1)。

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (\text{式-1})$$

$$-k \frac{\partial T_1(0, t)}{\partial z} = q_{con} + q_{sol} + q_{rad} + q_{evp}$$

ここに、 ρ :密度 C :比熱、 k :熱伝導係数、 q_{con} :顕熱輸送量、 q_{sol} :正味全天日射量、 q_{rad} :正味赤外線放射量、 q_{evp} :潜熱輸送量である。

3. 気象データおよび温度解析

図-1 は、東京、名古屋、大阪、仙台、福岡、札幌の 6 都市における、12 年間の気温を半月ごとに平均したものである。年間を通して札幌が最も低く、次に仙台が低くなっており、大阪が一番高くなっている。東京、名古屋、大阪、福岡については、年間平均気温分布は似通ったものとなっている。

次に、気象庁が公開している過去 12 年間データ(1997 年～2008 年)²⁾を用いて、表面温度を数値解析で求めた。解析に用いるデータは、全天日射量、外気温、風速、湿度とした。アルベド、射出率はそれぞれ 0.1, 0.9 とした。各層の分割は 1cm 刻みとし、コントロールボリューム法³⁾を用いて式-1 を解いた。舗装モデルは図-2 に示されるように、全深さを 6m に固定し、表層厚を変化させた断面①、断面②、断面③(層厚 0.05m, 0.15m, 0.25m)とした。各モデルにおいて 12 年間分のアスファルト混合物層の表面温度を計算した。

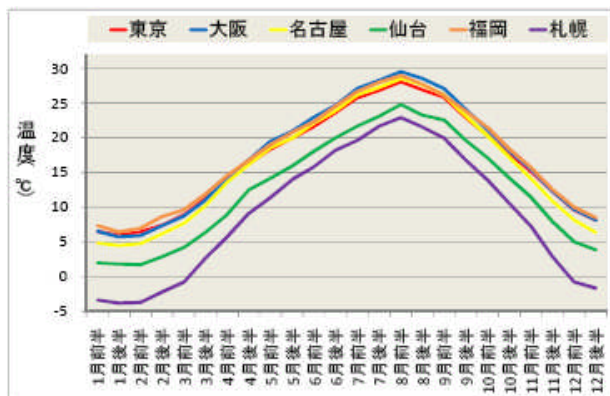


図-1 6 都市平均気温

断面①	断面②	断面③	
0.05 (m)	0.15 (m)	0.25 (m)	アスファルト混合物層 密度 2300(kg/m) 比熱 900(J/(kg・K)) 熱伝導係数 1.1(W/(m・K))
0.25 (m)	0.45 (m)	0.50 (m)	路盤 密度 1900(kg/m) 比熱 1000(J/(kg・K)) 熱伝導係数 2.0(W/(m・K))
5.70 (m)	5.40 (m)	5.25 (m)	路床 密度 1600(kg/m) 比熱 1000(J/(kg・K)) 熱伝導係数 1.0(W/(m・K))

図-2 舗装モデル

キーワード:気象データ, 表面温度, アスファルト舗装, 層厚, 温度分布

連絡先 〒140-0002 東京都品川区東品川 3-32-34 (株)NIPPO 技術研究所 Tel.03-3471-8542

4. 解析結果

図-3a に東京の断面①, ②, ③の半月ごとの平均表面温度を示す. 全ての断面において表面温度に顕著な違いがない. 図-3b に, 断面①を基準とした断面②, ③との表面温度の差を示す. 図よりこれらの差は, 0.1°C 以下であることがわかる. このことは, 気象データを用いた数値解析より推定される表面温度は, アスファルト混合物層の厚さにほとんど影響しないことを示唆する. これは, 姫野等による, 材料が同一ならば表面温度は同一になる, という結果とも一致している⁴⁾.

図-4 は, 断面①と②における 6 都市の平均表面温度を比較したものである. 図-1 で示した気温のグラフと傾向がほぼ同様になっており, 気象データである気温と数値解析より求まる表面温度に類似性が確認できる. このことは断面③についても同様な結果であった.

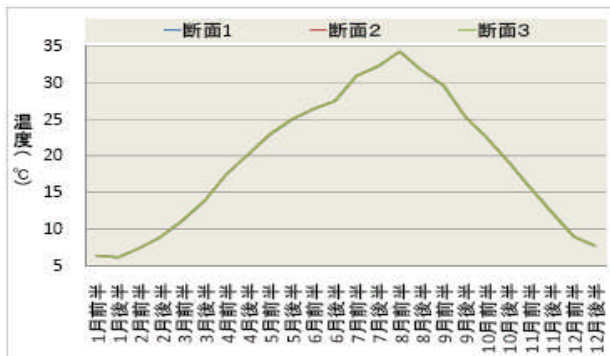


図-3a 表面平均温度(東京)

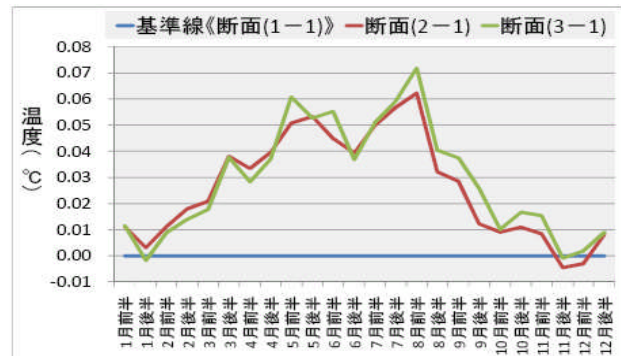


図-3b 断面①と断面②③の表面温度差(東京)

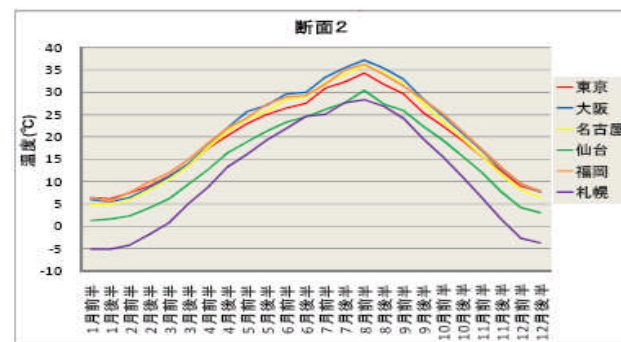
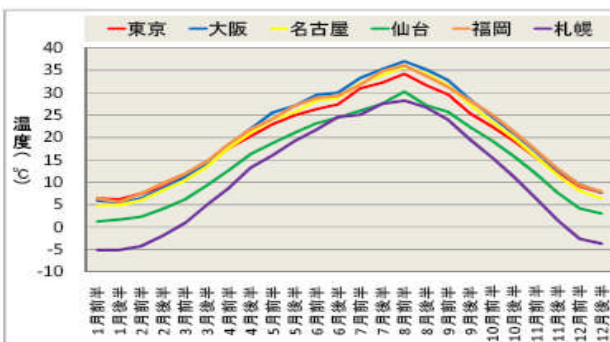


図-4 平均表面温度 6 都市(左:断面①, 右:断面②)

6. まとめ

気象庁が公表している主要 6 都市の過去 12 年間の気象データを整理し, 表層厚が異なる舗装における表面温度を数値解析より求めた. その結果を要約すると, 以下のようになる.

- (1) 過去 12 年間の平均気温では, 札幌, 仙台は他都市より低く, 大阪が一番高い. 東京・名古屋・大阪・福岡での気温差は少ない.
- (2) アスファルト混合物層の層厚にかかわらず, その表面温度の差は 0.1°C 以下とほとんど同じである.
- (3) 6 都市の表面温度を比較すると, 気温と同じ傾向を示しており, 大阪が若干高いが, 福岡, 名古屋, 東京とはほぼ同じである.

今後は, 同様な数値解析を用いて, 理論的設計法における弾性係数を推定するうえで必要となる内部温度を推定していく予定である.

6. 参考文献

- 1) 福田他: 舗装温度予測システム開発のための顕熱モデルの検討, 土木学会舗装工学論文集, 第 14 巻, 2009.12.
- 2) 気象庁ホームページ: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 3) 青木他: 舗装の熱パラメータ推定に関する考察, 土木学会舗装工学論文集, 第 10 巻, 2005.12.
- 4) 姫野他: アスファルト舗装の内部温度の推定に関する研究, 土木学会論文集, 第 336 号/V-4, 1986.2.