

空港アスファルト舗装施工時の舗装温度解析プログラムの開発

国土交通省国土技術政策総合研究所	正会員	○坪川 将丈
国土交通省国土技術政策総合研究所		小林 雄二
国土交通省国土技術政策総合研究所	正会員	水上 純一

1. はじめに

滑走路や誘導路などの空港舗装は勾配が厳しく制限されていることから、舗装に求められる荷重支持力の確保のみならず、勾配修正などの目的もあり、厚いアスファルトオーバーレイ層の施工が必要となる場合もある。このような場合でも、工事終了後の早朝には供用を開始することから、初期わだち掘れの発生を防ぐためには、供用開始までに舗装温度を十分に低下させる必要がある。空港におけるオーバーレイ工事は極めて限られた時間内に工事を終了する必要があるため、施工後の舗装温度の推移は施工計画や材料選定にも大きく影響する。

以上の背景から、気温、風速などの気象条件、層厚、層数、混合物敷き均し温度などの施工条件を用いて、施工時の舗装温度を解析する温度解析プログラムを開発し、実施工時に実際に測定した舗装温度と、実施工時の気象条件、施工条件により解析した舗装温度を比較することで、本プログラムの適用性を検証した。

2. 舗装温度解析プログラムの概要

今回開発した舗装温度解析プログラムは、一次元もしくは二次元の有限要素法により舗装温度の時系列解析を行うプログラムである。図-1 に熱収支解析モデルを示す。舗装内部の熱の流れを(1)式による熱伝導方程式で、顕熱輸送量を(2)式によるアスファルト混合物表面と大気との間の熱伝達で、舗装表面への日射・舗装表面からの反射日射の影響を(3)式による等価外気温式¹⁾でそれぞれ考慮した。なお、地表面に水分が無いと仮定し、潜熱は考慮していない。本プログラムでは、施工時ならびに供用時のアスファルト舗装・コンクリート舗装の温度解析を行うことが可能である。

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad \cdot \cdot (1) \quad , \quad Q = h(T_s - T_a) \quad \cdot \cdot (2) \quad , \quad T_e = T_a + \alpha \frac{J}{h} \quad \cdot \cdot (3)$$

ここに、 T : 舗装温度(K), t : 時間(s), λ : 熱伝導率(W/m/K), c : 比熱(kJ/kg/K), ρ : 密度(kg/m³), x, z : 空間座標(m), Q : 顕熱輸送量(W/m²), h : 熱伝達率(W/m²/K), T_s : 舗装表面温度(K), T_a : 気温(K), T_e : 等価外気温(K), J : 日射量(W/m²), α : 舗装表面の日射吸収率, である。

3. アスファルトオーバーレイ施工時の温度解析

本プログラムを用いた空港コンクリート舗装の供用時の舗装温度については既に妥当性を検証している²⁾が、本報告では、施工開始時刻が異なる二層のアスファルトオーバーレイ施工時の舗装温度について検証した。夜間から早朝にかけて実施された二層のアスファルトオーバーレイ施工時に測定した実測温度と、施工時の気象条件、施工条件を用いて本プログラムにより算出した解析温度とを比較した。施工断面図を図-2 に、当日の気象条件と施工条件を表-1 に、解析条件を表-2 に示す。なお今回の解析では、夜間を想定した解析であることから、日射は考慮していない。

図-3 に実測温度と解析温度を時系列で示す。材料の熱特性値としては一般的な値を使用しているが、一層目のみならず二層目についても、実測温度と解析温度は概ね一致していることがわかる。

次に、中温化混合物を使用する場合を想定し、Case A : 敷き均し温度を 30℃低下させた場合の二層施工（既設基層の上に、基層 7cm を施工後、表層 8cm を施工）、Case B : 敷き均し温度を 30℃低下させた場合の一層施工（既設基層の上に、表層 8cm のみの施工）のそれぞれについて、表層施工開始（Case A, B とも早朝 4 : 20）から表面温度が 50℃以下となるまでの交通開放時間を試算した。結果を表-3 に示す。一層施工よりも二層施工の方が交通開放時間は長くなるものの、中温化混合物を使用することによる交通開放時間の短縮効果については、一層施工よりも二層施工の場合の方が大きいことがわかる。

キーワード 温度解析, オーバーレイ, 有限要素法, アスファルト舗装, 空港
 連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 TEL : 046-844-5034 FAX : 046-844-4471

4. おわりに

今後、様々な施工時温度データを用いた検証を実施し、本プログラムの適用性をさらに検証する所存である。

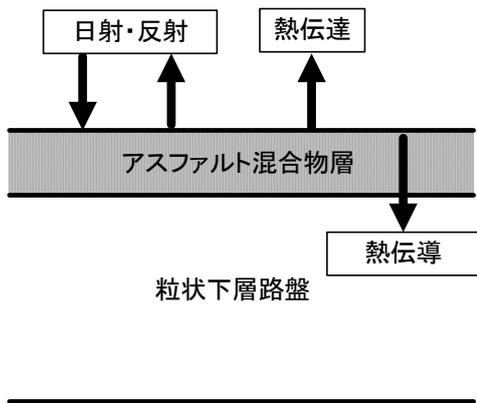


図-1 熱収支解析モデル図

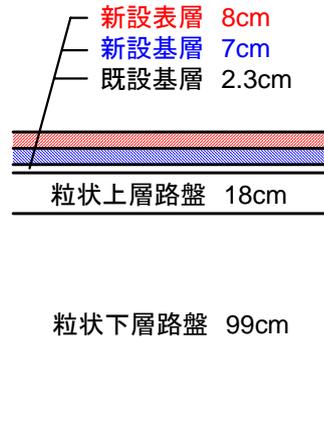


図-2 施工断面

表-1 熱収支解析モデル図

気象条件	天候		
	晴天		
	施工時平均風速	3m/s	
施工時平均気温		23.3°C	
施工条件	施工時期		
	10月		
	基層	敷き均し時刻	2:50
		敷き均し時の混合物温度	144°C
	表層	敷き均し時刻	4:20
敷き均し時の混合物温度		143°C	

表-2 解析条件

層	初期温度 (°C)	比熱 (J/kg/K)	密度 (t/m ³)	熱伝導率 (W/m/K)	熱伝達率 (W/m ² /K)
新設表層	143	890 ^{*)}	2.35	1.10 ^{*)}	7.8+4.5v ³⁾ v: 風速(m/s)
新設基層	144				
既設基層	25				
粒状路盤	25	840 ⁴⁾	2.00	2.50 ⁴⁾	-
路床	25	1840 ⁴⁾	1.80	0.52 ⁴⁾	-

^{*)}アスファルト混合物による室内試験値

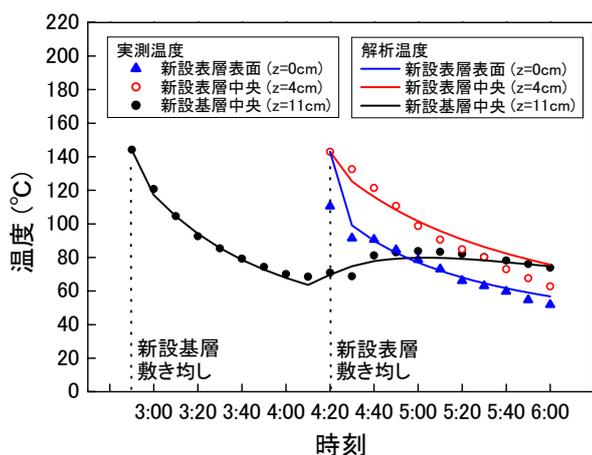


図-3 時系列の実測温度と解析温度

表-3 敷き均し温度、層数を変えた場合の交通開放時間

施工条件	敷き均し	交通開放	時間差
	温度 (°C)	時間 (分)	
既設基層の上に 基層 7cm (2:50 施工開始) 表層 8cm (4:20 施工開始)	144	139	47
	114	92	
既設基層の上に 表層 8cm (4:20 施工開始)	144	101	30
	114	71	

参考文献

- 1) 坂口ら：マシブなコンクリート構造物の温度ひび割れ発生に及ぼす日射の影響，コンクリート工学年次講演会論文集，Vol. 8，pp. 13-16，1986.
- 2) 坪川ら：日温度変化による空港コンクリート舗装の温度応力に関する研究，舗装工学論文集，第12巻，pp. 157-164，2007.
- 3) 日本建築学会：建築設計資料集成 環境，pp. 97-134，1987.
- 4) 椎名ら：地上気象観測データを用いたアスファルト舗装の内部温度推定，舗装工学論文集，第2巻，pp. 105-112，1997.