

V-80

道路凍結予測法の開発

東北学院大学 工学研究科 学生会員 ○坂西 馨
東北学院大学 工学部 正会員 遠藤孝夫

1. はじめに

道路舗装構造の温度予測については、従来いくつかの研究例が報告されているが、多くの手法は舗装温度を理論的に解析することなく舗装温度に関するデータを集積し、統計的に処理して予測式を求め設計に役立てようとするものであった。また、これとは別に、舗装温度を伝熱解析により理論的に求める試みも多くなされているが、解析で与える条件の設定に不確定な部分があり、必ずしも一般的な予測法として汎用的に使用する水準には達していないと考えられる。

そこで本論文では、道路凍結予測法を開発するためには、道路内部の温度分布を正確に把握することや、日射熱が欠かすことのできない要因であると考え、日射入熱を考慮した温度解析プログラムを作成して数値解析を行うことにより道路凍結予測法開発の基礎を築くこととした。

2. 解析手法

2.1 一次元有限差分法

温度解析には、日射入熱が考慮できる一次元有限差分法¹⁾ プログラムを作成して用いた。

2.2 日射入熱

全日射量の算定は、一日の中で大気透過率を変化させる佐々ら²⁾ による方法を採用し、温度解析における日射の影響を、それと等価の外気温に換算する相当外気温³⁾ の考え方を採用した。

大気圏内に入射した太陽光は大気を構成する分子によって吸収・散乱されて、減衰して地表面に到達する。このように太陽光のうち、直接地表に到達した分を直達日射(I_{DN})と呼ぶ。一方、大気分子や浮遊粒子によって散乱された太陽光は第二の太陽となって一部が地表に到達するが、これを天空日射(I_s)と呼ぶ。

一方、地表面や他の建物などで反射されて入射する太陽日射を反射日射(I_R)といい、雲を透過した日射と地表面からの反射が雲で再反射し、地表面に届く日射を雲からの日射(I_c)という。

この3種の間接的な日射を合わせて拡散日射(I_{SK})という。すなわち、拡散日射は

$$I_{SK} = I_s + I_R + I_c \quad (1)$$

と表される。よって、全日射量(I_T)は直達日射量(I_{DN})と拡散日射量(I_{SK})の合計で

$$I_T = I_{DN} + I_{SK} \quad (2)$$

である。拡散日射は水平面での天空日射量についてのみ考え、次のBerlorgeの式、 I_{SH} を用いた。

$$I_{SH} = \frac{1}{2} \cdot I_0 \cdot \sin h \cdot \frac{1 - P^{1/\sin h}}{1 - 1.4 \cdot \log_e P} \quad (3)$$

ただし、 I_{SH} : 天空日射量

P : 大気透過率

h : 太陽高度(地表面と太陽とを

結んだ直線が地表水平面になす角度)

P の大気透過率は、正午から離れるにしたがって大きくなる性質があり、

$$P = P_0 + a \cdot (t - 12)^2 \times 10^{-4} \quad (4)$$

と表される。ここで、 t は時刻、 I_0 は太陽定数であり、 a 、 P_0 は表-2に示される式(4)の定数であり、表-2には標準値として季節的な変化が示されている。

表-1 熱特性値

	熱伝導率 (kcal/kg℃)	熱伝達率 (kcal/cm ² h℃)	比熱 (kcal/kg℃)	密度 (kg/cm ³)
密粒アスコン	0.011	0.0009	0.35	0.0021
粗粒アスコン	0.009		0.36	0.0020
碎石	0.007		0.42	0.0017
ローム土	0.012		0.50	0.0014

表.2 太陽位置・日射量に関する諸定数の月別標準値

	記号	単位	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
太陽定数	I_0	$\text{MJ}/\text{m}^2\text{h}$	5.17	5.14	5.07	4.99	4.91	4.85	4.82	4.84	4.90	4.97	5.05	5.13
均時差	e	min	-11.1	-13.8	-7.3	1.2	1.7	-1.6	-6.2	-3.0	6.9	15.2	14.0	1.8
式(4)の定数	a	—	55	50	45	40	40	40	40	45	45	45	50	55

3. 解析の概要

解析は仙台地方を想定した。解析の対象としたモデルを図-1に示す。日射量にの算定は表-2に示す各定数を用いて1月15日における日射量を算定し、外気温には平均気温 -1°C に振幅 5°C のSIN関数を付加して与え、各熱定数は表-1に示す値を用いた。式(3)は本来、快晴時の天空日射に対する理論式であるが、大気透過率 $0.2\sim 0.5$ 程度の曇天時でもあてはまる⁴⁾とされているため、天気は曇りの日を想定し解析を行った。

4. 解析結果と考察

上記の条件のもとで解析した結果を図-2に示す。この図はアスファルト舗装表面での解析結果を表しており、舗装表面の温度が、外気温や日射の影響をうけて変化する様子を良く表現していると考えられる。

5. 結論

アスファルト道路の凍結予測を前提として、道路の温度分布に影響を与える日射量の算定を行い、日射量と外気温を熱荷重として、温度解析を行った。

その結果として日射量と気温変化に伴う路面の温度変化を適切に評価することが可能となったと思われる。ただし、解析は理想的な条件を想定しており風が吹いた時などの実際の気象条件の短期的な変動等を考慮していない。路面温度は、日射熱、外気温だけでなく、その他の要因に対しても敏感に反応すると思われるが、より実際に即した温度解析を行うためには、今後これらの影響についても考慮していくことが必要であると考えいる。

参考文献

- 1) 香月正司, 中山顕: 熱流動の数値シミュレーション
- 2) 佐々真也, 佐々木智, 住石喬, 遠藤孝夫: 日射量の算定に必要な大気透過率の同定, 東北学院大学工学部 研究報告, 第34巻, pp21-26, 1999.9
- 3) 清水昭男, 伊藤洋, 坂口雄彦: マッシュなコンクリート構造物の温度ひびわれ発生に及ぼす日射の影響, 第8回コンクリート工学年次講演会論文集, 1986
- 4) 空気調和・衛生工学会: 空気調和・衛生工学便覧Ⅱ, pp.27-32, 1981

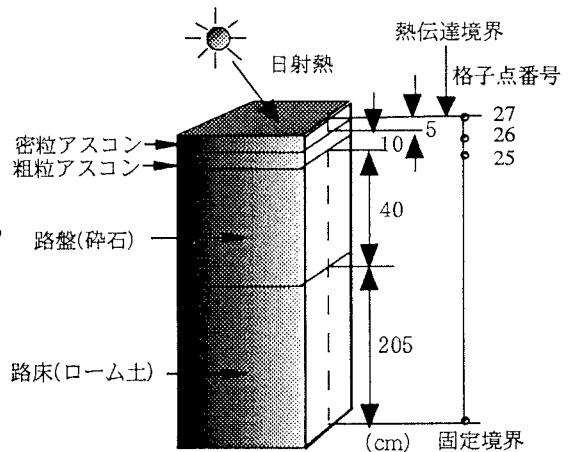


図-1 解析モデル

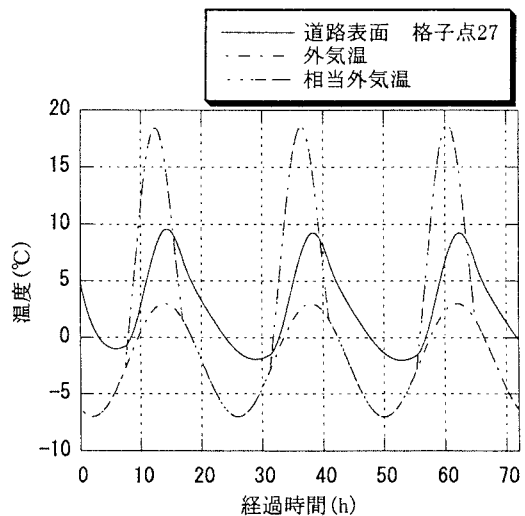


図-2 解析結果