

II-25

地下水埋設管を有するコンクリート舗装体上の融雪に関する基礎的研究

(株) ホクコン 正員 橋本泰英
福井大学工学部 正員 福原輝幸

1. はじめに

これまで北陸地方の豪雪地帯においては、融雪方法として地下水を利用した散水融雪システムが広く用いられてきたが、このシステムは地下水位低下や地盤沈下等の原因となり、また道路に直接水をまくため水跳ねがひどく、歩行者に不快感を与えるといった問題も生じている。このような問題に対処するため、最近では地下水をコンクリート舗装体内に埋設したパイプで循環させて、路面上の雪を融雪する無散水融雪システムが普及し始めている。一般に放熱管を利用した融雪システムではシステムのエネルギー収支および融雪の素過程に未知の部分が数多くあるために、無散水融雪システムに関しても現在のところ効果的な地下水利用はなされていない。

本研究においては地表面の熱抵抗を考慮して、放熱管を有するコンクリート舗装体内の伝熱特性を明らかにするために、解析モデルを用いて検討を行なった。

2. 放熱管を有した舗装体内の温度分布

解析は図-1に示すような2次元モデルについて行なわれた。コンクリート舗装体の厚さは $D(m)$ 、舗装体底面の温度は一様に θ_d ($^{\circ}C$)とし、放熱管はいずれも等間隔、等埋設深とする。放熱管のピッチは $S(m)$ 、埋設深は $b(m)$ 、また放熱管を通る地下水の温度および管の半径はそれぞれ $T_w(^{\circ}C)$ 、 $R(m)$ とする。座標系は地表面を Y 軸に、中央の放熱管の中心を X 軸にそれぞれ選び、下向きを正と定義する。放熱管は X 軸の左右にそれぞれ n 個あるとし、放熱管の熱抵抗は無視する。

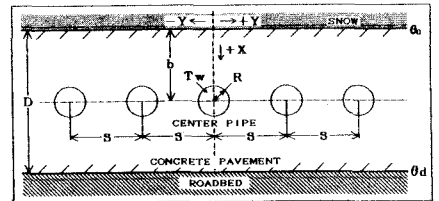


図-1 解析モデル

今、コンクリート舗装体上の雪温を $0^{\circ}C$ に選び、地表面においてNewtonの冷却法則を適用する。コンクリートと雪面との間の熱伝達率を $S_N(Kcal/m^2h^{\circ}C)$ 、コンクリートの熱伝導率を $K(Kcal/mh^{\circ}C)$ とし、両者の比 S_N/K を $h(1/m)$ とする。舗装体内の温度分布 $\theta(x, y)$ は以下の基礎式ならびに境界条件から計算される。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} &= 0 \\ (x-b)^2 + (y-n \cdot s)^2 &= R^2 : \theta = T_w \\ x=0 : -\frac{\partial \theta}{\partial x} + h \cdot \theta &= 0, \quad x=D : \theta = \theta_d \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式(1)を θ について解けば、最終的に次式となる。

$$\theta = \{ \theta_d - h \cdot \int_0^{\infty} \Psi(D+\xi, y) \cdot e^{-h \cdot d\xi} \} \cdot e^{h \cdot (x-D)} + h \cdot \int_0^{\infty} \Psi(x+\xi, y) \cdot e^{-h \cdot d\xi} \quad (2)$$

ここで、

$$\Psi(x, y) = \frac{T_w}{\log \frac{(b-a)}{(b+a)}} \cdot \log \frac{\{(x-a)^2 + (y-n \cdot s)^2\}}{\{(x+a)^2 + (y-n \cdot s)^2\}} \quad (3)$$

例えば、 n 個の放熱管による舗装体内の温度分布は、式(2)を n にわたり重ね合わせるにより求まる。

3. 計算結果

計算に用いた舗装体の厚さや埋設管の直径などは福井市内で実用化されている無散水融雪システムに準じて決定された。また熱伝達率 S_N は別の実験により求めた値を使用する¹⁾。舗装体上の融雪は舗装体表面の温度 θ_0 と密接に関連するので、以下では特に配管ピッチ S および埋設深 b をそれぞれ系統的に変化させたときの θ_0 の y 方向変化を示す。その結果が図-2および図-3である。同図、横軸の y/S は放熱管直上で0または1、放熱管同士の間で0.5となる。ただし、コンクリートの熱伝導率は $K=1$ および $K=2$ とし、 $n>3$ では $\theta(x, y)$ に大きな違いが生じないところから、以下の計算では $n=3$ を選んだ。

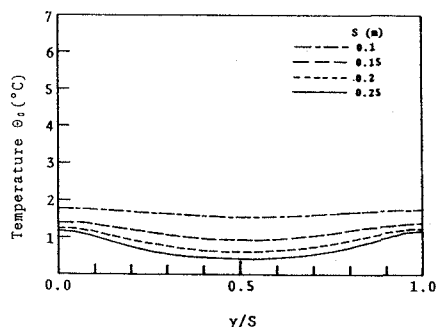
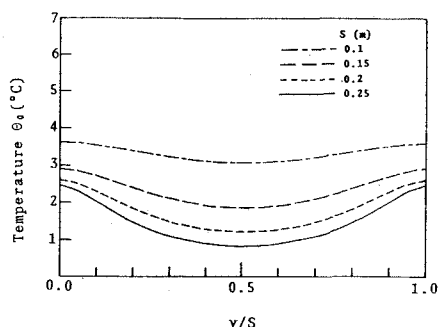
a) $K=1(\text{Kcal/mh}^\circ\text{C})$ b) $K=2(\text{Kcal/mh}^\circ\text{C})$ 

図-2 配管ピッチの影響評価

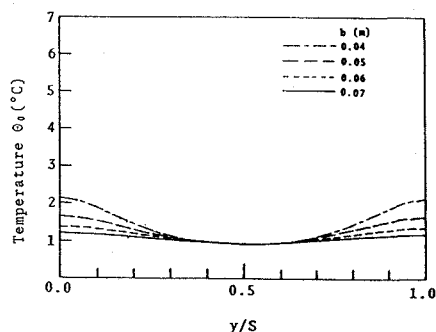
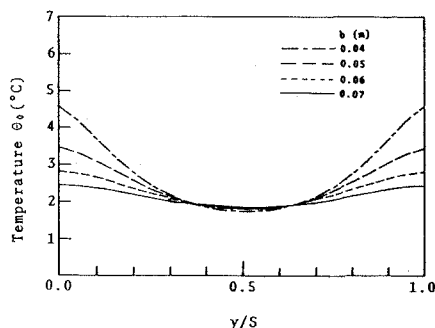
a) $K=1(\text{Kcal/mh}^\circ\text{C})$ b) $K=2(\text{Kcal/mh}^\circ\text{C})$ 

図-3 埋設深の影響評価

4. 計算結果の検討

配管ピッチについては同じ K の場合には S が小さい方が表面温度 θ_0 は高くなる。また $K=1$ よりも $K=2$ の方が θ_0 は全域で高くなり、その上昇比率は単純に K の比率（2倍）にほぼ等しくなる。また K が小さい方が θ_0 分布は一樣となりやすい。埋設深については同じ K の場合には b が小さい方で放熱管直上の θ_0 は高くなっているが、中間点直上になると θ_0 にほとんど変化はない。 b を極端に小さくすると、施工後の放熱管の強度低下のみならず、 θ_0 分布も非一樣となるため、融雪は不均一になりやすいと予想される。 K の値による θ_0 分布の違いを比較すると、 K に比例して θ_0 は大きくなるが、 θ_0 の非一樣も増大することになる。今後、この種の実験および解析を進めて、最適な融雪システムを確立して行きたい。

参考文献

- 1) 橋本泰英：放熱管を有したコンクリート舗装体による融雪の基礎的研究、福井大学卒業論文、1990