

消雪パイプを用いる打ち水効果のシミュレーション

津田墨文, ○鹿嶋功貴, 上村靖司 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

長岡市中心部の大手通を中心とした消雪パイプ網を用いた打ち水実験により, 気温や路面温度の低下に効果があることはすでに報告した¹⁾. ここでは, 路面の熱収支を組み込んだ一次元非定常熱伝導差分モデルを構築して, 打ち水効果の理論的検討を行った. 並行して, アスファルトブロックを用いた野外実験を行い, 水量の変化, 路面・路体の温度の測定結果からモデルの妥当性を検証した. その結果を報告する.

2. 解析

2.1 熱収支モデルと各要素

路面上に撒かれた水の蒸発シミュレーションを行うには, その地点の様々な気象条件等による物質と熱の収支を考慮する必要がある.

式(1)は路面の熱収支である. 日射による路面への入熱がアスファルト層の表面温度を上げ, それから大気への放射, 対流 Q_{cv} , 蒸散 Q_E , アスファルト層下方への熱伝導が起きる(図1).

$$Q_{rs} = Q_{rl} + Q_E + Q_{cv} + Q_{cd} \quad (1)$$

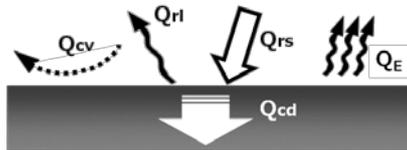


図1 路面の熱収支モデル

蒸発による潜熱輸送量 Q_E に注目すると式(2)で計算される.

$$Q_E = \alpha_m \beta (f_s - f_a) \cdot \rho \cdot L \quad (2)$$

ここで, 路面上の水の蒸発係数 β は, 水膜の厚さに依存し, ある値を超えると指数関数的に蒸発が進むと仮定し, 以下の式で計算することにした.

$$\beta = 1 - e^{-n\Delta Z} \quad \text{ここで, } \Delta Z = Z_{\max} - Z \quad (3)$$

ここで, Z_{\max} は最大水膜厚さ, Z は水膜厚さである. n は定数で計算結果と観測結果が一致するように試行錯誤により求め, 0.25 とした.

2.2 一次元熱伝導モデル

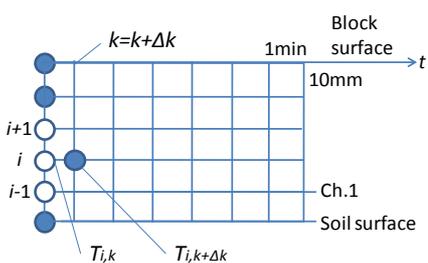


図2 一次元非定常熱伝導モデル

道路アスファルト層を図2のようにモデル化した. アスファルト層の厚さは50mmとし, 路体温度分布の時間変化を計算した.

10mm メッシュで分割し, タイムステップは1minとした. 解析に用いた差分方程式を以下に示す.

$$T_{i,k+1} = \alpha \frac{\Delta t}{(\Delta x)^2} (T_{i+1,k} - 2T_{i,k} + T_{i-1,k}) + T_{i,k} \quad (4)$$

α は熱拡散係数 (m^2/s) であり, 添え字の $i(i=0, 1, 2, \dots)$ はメッシュ幅を, $k(k=0, 1, 2, \dots)$ はタイムステップを表している.

温度分布の初期条件は実測データを用い, 間は線形補間して与えた. 境界条件として, 実測データの下部からの熱流入を無視し, 断熱条件を与えた.

2.3 使用データと解析条件

解析に用いた, 気温, 相対湿度, 全天日射量, 風速, 路体温度は, 実測値を使用し, 雲量に関しては日照時間から算出した.

解析は次の3つの条件について行った.

- ① 30分毎に 1.20 t/m^2 散水
- ② 60分毎に 1.80 t/m^2 散水
- ③ 60分毎に 1.20 t/m^2 散水

3. 解析結果

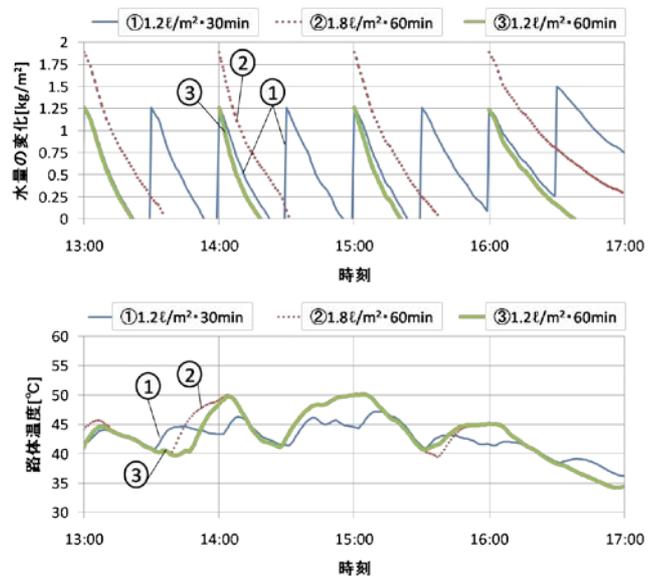


図3 水量変化と路体温度変化

図3に示すように, 水量を1.5倍にしても, 次の散水の前に路体が乾燥し, 路体温度は上昇した. 30分毎に 1.20 t/m^2 の散水を行った場合, 路体温度を 47°C 以下に維持できることがわかる.

4. 参考文献

- 1) 姫野修司 他: 消雪パイプ網を用いた市街地街区の打ち水実験, 雪氷研究発表大会 (2011・長岡) 講演要旨集, p. 218