

### 保水性舗装路盤中の水分・熱移動について

法政大学 学生会員 ○遠藤 智嗣  
 法政大学 修 士 大山 理  
 法政大学 正 会 員 草深 守人

#### 1. はじめに

本文は、保水性舗装における路面温度低減効果の持続性高めるために、降雨等により補給される水分を路盤内部に一時的に保持し、舗装表層に長期的に水分補給する工法の可能性について考察したものである。

#### 2. 吸引法による水分特性曲線と不飽和透水係数

図1は、珉殻炭と碎石の混合材料（3試料）に対して吸引法によって測定されたマトリックポテンシャル $\psi$ と体積含水率 $\theta$ の試験値を van Genuchten モデルの水分特性曲線で近似し、比較した例である。この例に示すように、van Genuchten モデルの $\psi - \theta$ 関係は実験値を比較的良好に近似していることが分かる。

図2は同一配合の3試料に対する下式中の各係数の平均値によって決定される平均水分特性曲線である。

$$S_e(\theta) = \left( \frac{1}{1 + (\alpha\psi)^n} \right)^m \quad (1)$$

ここで、 $S_e$  は有効飽和度、 $\alpha$  は限界毛管水頭  $\psi_{cr}$  の逆数、 $n$  と  $m$  は定数である。

図3は、上記の平均水分特性曲線を使用した不飽和透水係数と体積含水率の関係  $K_r - \theta$  を示したものである。

#### 3. 潜熱輸送による地表面冷却効果

不飽和な鉛直土カラム内を鉛直上向きに流れる水分の定常流れを考えることによって、地表面での最大蒸発量を試算・考察した。William & Robert は、長期間にわたって日蒸発要求量がほぼ一定のとき、地下水表面から裸地表面に向けてほぼ定常な上向きの水分移動を仮定できるとして、最大蒸発速度  $E$  を次式で与えた。

$$E = K_s \left( \frac{-a\pi}{LN \sin(\pi/N)} \right)^N \quad (2)$$

ここで、 $K_s$  は飽和透水係数、 $L$  は地表面から地下水表面までの距離である。

図4は、写真1に示した積層カラム試験から得られた珉殻炭と碎石の混合材料に対する試験結果およびそれらから算出された積算蒸発量である。また、各試験材料に対する単位時間、単位面積当たり蒸発速度の比較を表1に示す。珉殻炭・碎石混合材料に対する積層カラム実験値は、吸引法による保水性試験結果に基づき式(2)から算出した最大可能蒸発量である  $1.27 \times 10^{-5}$  (g/cm<sup>2</sup>/sec) よりもおおよそ2倍高い値となっている。しかし、定水位透水試験の飽和透水係数を用いて算定した最大可能蒸発量の推定値  $4.05 \times 10^{-5}$  (g/cm<sup>2</sup>/sec) より

キーワード 保水, 舗装, 路盤, 水分特性, 潜熱輸送

連絡先 〒184-0002 東京都小金井市梶野町3丁目7-2 TEL: 042-387-6291

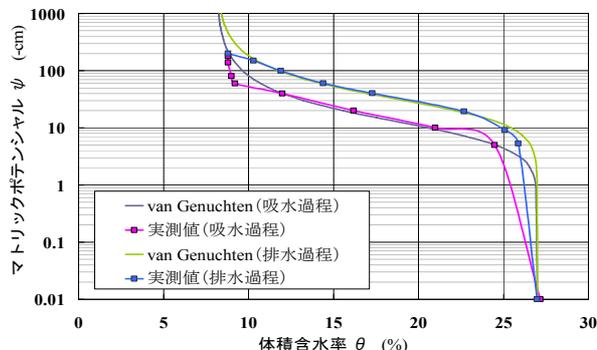


図1 van Genuchten モデルと試験値 (試料1)

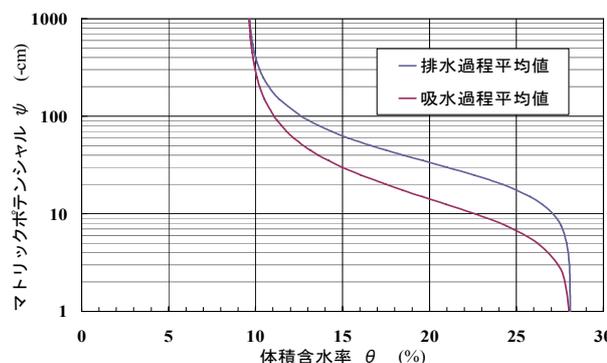


図2 平均水分特性曲線

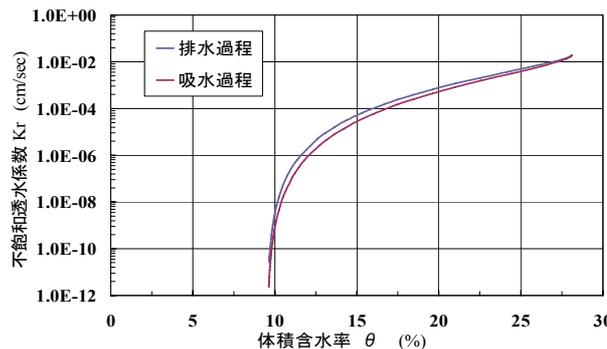


図3 平均値水分特性曲線による透水係数

は低く、試験値は両推定値の範囲内にある。

表2は、珉殻炭の混合による地表面への水分供給が、地表面温度の低減にどの程度寄与するかを予測するために乾燥時の地表面温度と比較したものである。珉殻炭+碎石の潜熱輸送による地表面温度の低下量は約14℃程度であり、大きな温度低減効果を示している。

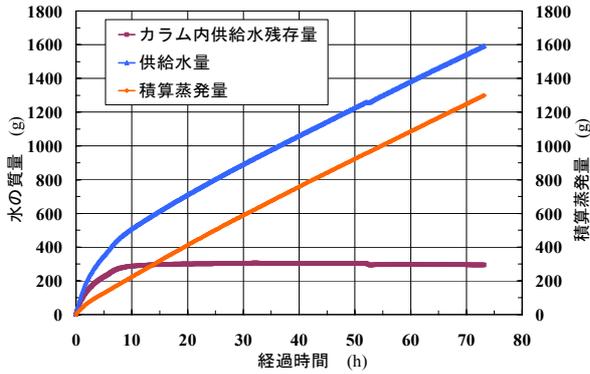


図4 籾殻炭+砕石の各測定値および積算蒸発量

4. 積層カラム試験の数値解析

積層カラムによる吸水・蒸発試験モデルに対する熱・水分移動解析をADOSE/W2007を用いて実施した。積層カラム高さ(以下、路盤厚さと言う)30 cmに対するカラム内温度の時間推移を試験値と解析値のそれぞれについて図5と図6に示す。



写真1 積層カラム実験状況

カラム上端境界を除く内部温度は、特に表面に近い浅い位置で解析値と実験値に大きな差が見られ、かつ計算値では、定常状態に至るまでの温度上昇速度が実験値に比べかなり早い。また、地表面から下方に向かう温度分布が、実験値では浅い部分で急速に減衰しているにもかかわらず、解析値では地表面からの距離にほぼ比例して減衰している。これは、解析で設定した熱伝導率が実際より高めに設定され、かつ土中の水分量の変化に無関係に一定と仮定していること、カラム境界周辺の風を無視(実際には換気扇の微風速がある)していることによるものと思われる。一般的には、土の熱伝導率は体積含水率によって大きく変化することが実験的に明らかにされていることから、今後は路盤材の体積含水率と熱伝導率の構成関係を明らかにし、解析に反映させることが重要と考える。

積算蒸発量の積層カラム試験値と解析値の比較を図7に示す。定常状態における蒸発速度の解析値は、積層カラム試験の計測値のおよそ1/2程度となっている。これは、数値解析モデルで設定した境界条件(試験室内の気温、湿度、風速)は実際よりも過小評価(蒸発しにくい)していることが考えられ、籾殻炭と砕石の混合材料の吸水・蒸発能力は今回の解析結果を大きく上回るものであると思われる。

5. あとがき

表1 実験から得られた各材料の蒸発速度

供試体材料	地表面温度 $T (^{\circ}\text{C})$	蒸発速度 $E(\text{g}/\text{cm}^2/\text{sec})$
①籾殻炭	50	$2.96 \times 10^{-5}$
②籾殻炭+砕石	45	$2.71 \times 10^{-5}$

表2 乾燥時地表面温度の試算値と湿潤時の差

供試体材料	乾燥時試算値	湿潤時との差
①籾殻炭	66.8 $^{\circ}\text{C}$	-16.8 $^{\circ}\text{C}$
②籾殻炭+砕石	58.7 $^{\circ}\text{C}$	-13.7 $^{\circ}\text{C}$

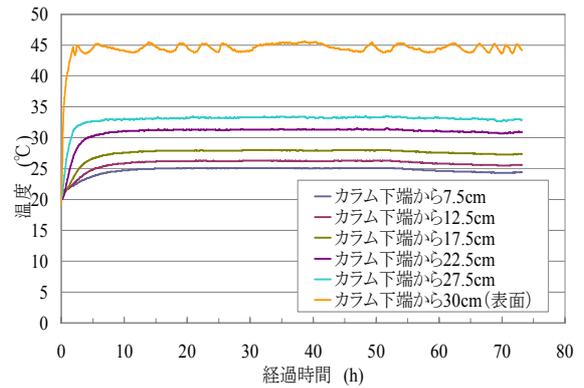


図5 路盤内温度の実測値(厚さ30 cm)

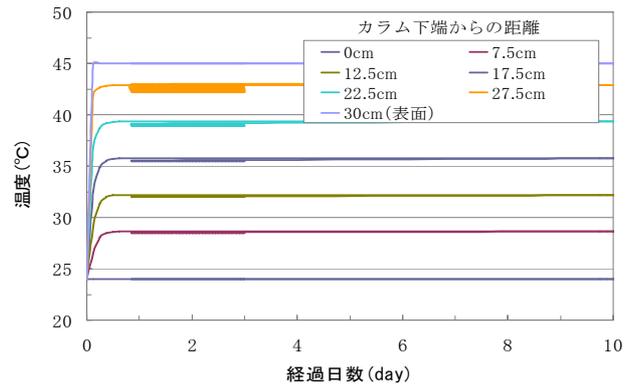


図6 路盤内温度の計算値(厚さ30 cm)

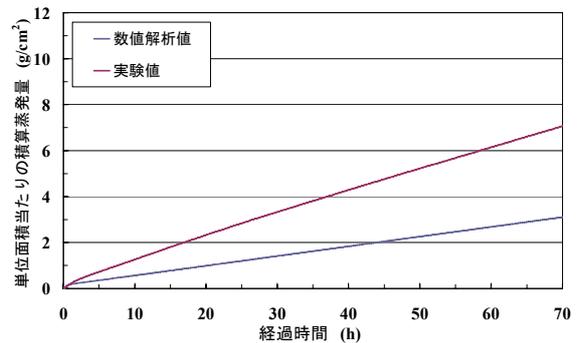


図7 積算蒸発量の実験値と解析値の比較

リサイクル材としての籾殻炭に砕石材料を混合利用することによって、舗装表層の保水能力を補う保水性路盤の設計の可能性を示唆した。

参考文献: William A. Jury and Robert Horton (取出伸夫 監訳): 土壌物理学, 築地書館, pp.93-96, 2006.