

## 表層地盤の保水性評価に関する研究

(株)メイホーエンジニアリング 正会員 ○石井 雅都

中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫

## 1. はじめに

近年、透水性及び保水性の向上を期待した土系舗装が、小学校やグラウンドなどの現場で用いられ始めている<sup>1)</sup>。しかし、土系舗装を行った現場で出来形である透水性、保水性を評価する方法がなかった。そのため、現場で実施可能な透水特性を評価する試験方法が求められ、負圧浸入計を用いた透水試験により原位置での透水性評価を行うことができ、実際に現場で利用され始めている。本報告は、負圧浸入計を用いた現場での透水試験の結果をもとに、もう一つの透水特性である保水性を求める評価方法の開発を目的とするものである。

2. 負圧浸入計<sup>2)</sup>

負圧浸入計は、一定の圧力を負荷しながら試験地盤を湿潤させ、湿潤開始からの経過時間と、経過時間あたりの浸潤流量から透水係数を求める試験機である。図1に示す負圧浸入計は、上部が圧力調整タンク、下部が浸潤させる水を入れる主タンクとなっている。圧力調整タンクでは、試験地盤に負荷する浸潤水頭の大きさを調整することができ、主タンクの残量に関わらず、常に一定の浸潤水頭を保ったまま試験を行うことが可能である。したがって、大きな圧力を掛けずに浸潤可能なため、軟弱地盤に対しても適用可能である。この試験より、圧力調整管で定めた浸潤水頭  $h$ (cm)、浸潤開始からの経過時間  $t$ (sec)、飽和後の経過時間あたりの浸潤量  $Q$ (cm<sup>3</sup>)を得る。浸潤流量  $Q/t$ (cm<sup>3</sup>/s)を求め、図2に示すように、縦軸に浸潤流量の対数  $\log_e(Q/t)$ (cm<sup>3</sup>/s)、横軸に浸潤水頭  $h$ (cm)の関係グラフから切片と勾配、 $R$ :給水ディスクの半径(cm)を用いて透水係数  $k$ (cm/s)を求める。透水係数を求める式を式(1)に示す<sup>3)</sup>。

$$k_{fs} = \frac{\exp(\log_e(Q/t))}{\pi R^2 + \frac{4R}{\alpha}} \quad \cdots(1)$$

ここに、 $R$ :給水ディスクの半径(cm)である。

給水ディスクは試験地盤と接する面であり、通水抵抗が小さいことが望ましく、目開き5mmの薄いナイロンメッシュや、焼結ステンレスなどの多孔体が主に用いられる。

## 3. 水分特性曲線を用いた保水性の評価

本研究では、現場での簡便な方法を目的としており、負圧浸入計を使用した透水試験で得られたデータを基に、式(2)に示す van Genuchten モデル(以降 vG モデル)から、水分特性曲線を求め団粒化地盤の保水性を評価することとした。ここで、vG モデルのパラメータ  $\alpha$  と  $n$  が試験から求めることが必要である。

$$S_e = \frac{1}{(1 + |\alpha h|^n)^{1-\frac{1}{n}}} \quad \cdots(2)$$

ここに、 $S_e$ :有効飽和度(-)、 $h$ :負の圧力水頭(cm)、 $\alpha$ ,  $n$ : vG パラメータである。

vG モデルの  $\alpha$  の逆数は、図5に示す水分特性曲線の水浸入値( $1/\alpha_w$ )に、ほぼ等しいとされている<sup>4)</sup>。

キーワード 保水性 表層地盤 土系舗装 団粒化

連絡先 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 中部大学 杉井俊夫 TEL 0568-51-9562

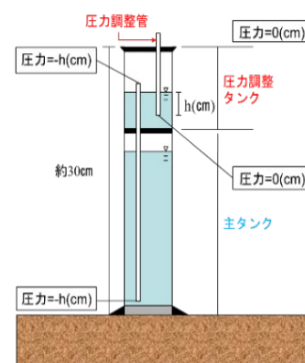


図1 負圧浸入計

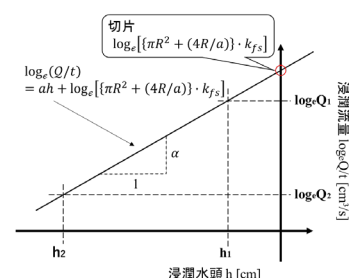


図2 切片と勾配

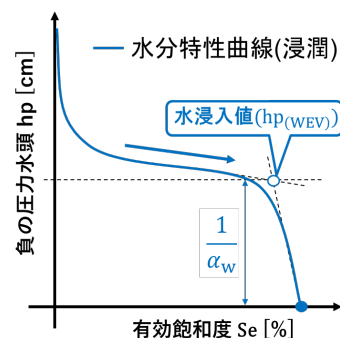


図5 水分特性曲線

そこで「定常流(飽和)時の浸潤流量と浸潤水頭の関係」から浸潤流量  $Q/t(\text{cm}^3/\text{s})$  がゼロとなるときの浸潤水頭は水浸入値と同等な値を算出できるのではないかと考えた。予め既知の 5 種類の土質パラメータによる負圧浸入計を汎用ソフト HYDRUS-2D でシミュレートした数値実験と室内実験の結果を用いて検証を行った結果を図 6 に示す。グラフは多数の土質で解析を行い、縦軸に数値実験から推定された水浸入値を、横軸に入力パラメータ  $\alpha$  の逆数を試料ごとにプロットした。図 6 から、数値実験を行った試料の水浸入値とパラメータ  $\alpha$  の逆数の値がほぼ一致していると分かり、vG モデルのパラメータ  $\alpha$  を現場透水試験から得られる結果を得た。この結果を受けて、神谷小学校の水浸入値を表 1 に求めた。土系舗装地盤の保水性評価は、他の試験機を使用した別の試験が必要となる未舗装地盤の水分特性曲線を作成するため vG モデルの  $n$  の算出を行った。

パラメータ  $n$  の算出方法は、図 7 の HYDRUS-2D パラメータ  $\alpha_w$  (浸潤過程) と  $n$  の関係グラフから図 7 に記す近似曲線式で推定することができることも得た。この式に、現場透水試験結果である  $\alpha$  を代入し  $n$  を求める。その結果、現場試験から求めた  $\alpha$  と  $n$  を式(2)の vG モデルを使う

ことで図 8 に示すように水分特性曲線(未舗装地盤)が求められる。

#### 4. 土系舗装地盤の保水性評価<sup>5)</sup>

土系舗装地盤に改良すると保水性が向上するが、表 1 に示すように水浸入値が未舗装地盤である E 地点 F 地点の方が改良地盤 A~D 地点よりも大きくなっている。この理由として、図 9 に示すように土系舗装地盤は団粒改良してミクロポアとマクロポアの 2 つの間隙が作られ、大きなマクロポアを評価してしまうものと推察される。そのため、ここでは保水性を評価することが難しいと判断し、加熱乾燥式水分計を用い、現場での温度を想定し 60 度一定で加熱した場合の舗装の有無の地盤から採取した蒸発過程を見ることとした。図 10 は含水比を初期の含水比で除した値で整理した結果の時系列で示したものである。土系舗装した団粒構造の方が水分量の減少が緩慢であることがいえ、保水性も高いことが推察できる。

#### 5. おわりに

負圧浸入計を用いた現場透水試験より水浸入値の推定、その結果を使って  $\alpha_w$  および vG モデルの  $n$  を推定が可能であり、原位置での水分特性曲線を求めることが得られた。また、団粒構造の場合にはマクロポアのみを評価されるため、採土した試料を室内で加熱乾燥式水分計を用いて蒸発速度から推定することを提案した。

【参考文献】1)全国トース技術研究組合マニュアル：2016。2)新規制定地盤工学会基準・同解説地下水面より上の地盤を対象とした透水試験方法 (JGS 1319-2017)：公益社団法人地盤工学会, pp.3-17, 2018.2 3) 牧野悠太郎・杉井俊夫：団粒化舗装のための原位置における透水性評価,土木学会中部支部研究発表会, III-015, pp.263-264, 2018. 4)地盤の浸透特性値の算定方法に関する研究：竹下裕二,pp.129-143,平成 2 年 9 月。5)杉井俊夫・山田公夫・方方・馬貴臣:団粒化した土の物性と舗装技術への適用,総合工学 第 25 巻,39-46(2013)

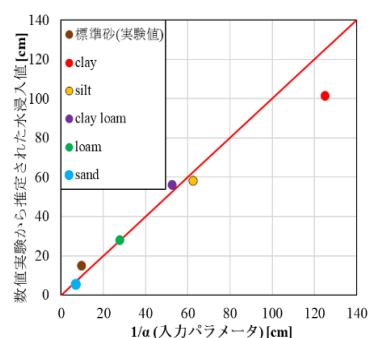


図 6 水浸入値の検証

表 1 神谷小学校での計測値

|          |     | 現場飽和透水係数 $k_f$        | 水浸入値 $l/\alpha_w$ |
|----------|-----|-----------------------|-------------------|
|          |     | (cm/s)                | (cm)              |
| (一) 土系舗装 | A地点 | $3.37 \times 10^{-3}$ | 5.4               |
|          | B地点 | $2.26 \times 10^{-3}$ | 8.8               |
|          | C地点 | $2.81 \times 10^{-3}$ | 7.7               |
| (二) 未舗装  | D地点 | $8.34 \times 10^{-4}$ | 9.9               |
|          | E地点 | $9.14 \times 10^{-4}$ | 11.4              |
|          | F地点 | $1.50 \times 10^{-4}$ | 18.4              |

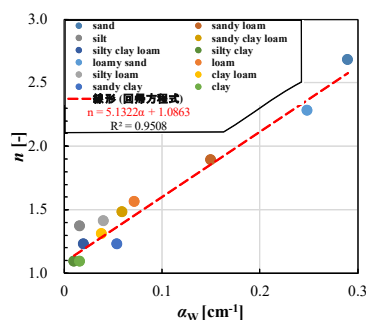


図 7  $\alpha_w$  と  $n$  の関係

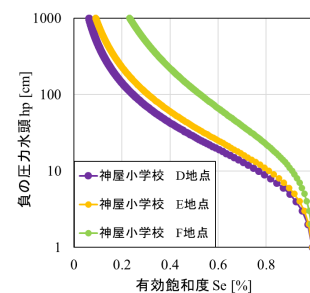


図 8 水分特性曲線(湿潤過程)

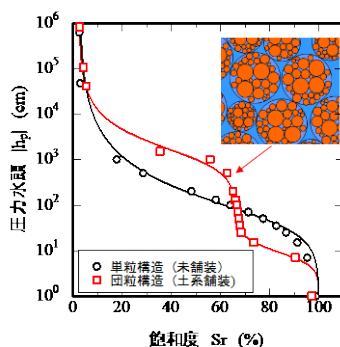


図 9 水分特性(排水過程)

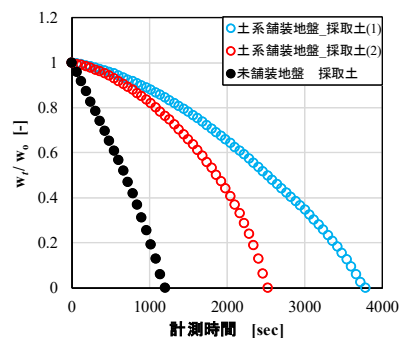


図 10 土中水分の蒸発過程