

原位置における透水性・保水性試験に関する研究

中部大学 工学部 学生会員 ○石井 雅都
 中部大学 工学部 正会員 余川 弘至 杉井 俊夫

1. 目的

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¹⁾。しかし、現場で透水特性を評価する方法が確立されていないため、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、本研究室では負圧浸入計を用いた透水試験により透水性評価を行うことができ、昨年より実際に現場で利用され始めているのが現状である。本研究では、負圧浸入計を利用し求めた土の透水性評価を基に、水分特性曲線を利用し、現場でのもう一つの特性である保水性を求める試験方法と評価方法の確立を目的とするものである。

2. 負圧浸入計²⁾

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。圧力調整管に記されたメモリを水面に合わせることで、0.5cm刻みで浸潤水頭が調整可能である。負圧浸入計は非常にコンパクトな大きさで、持ち運びなどが容易であるが、使用時に現場で地面にひれ伏すような姿勢になる点が問題として挙げられる。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。

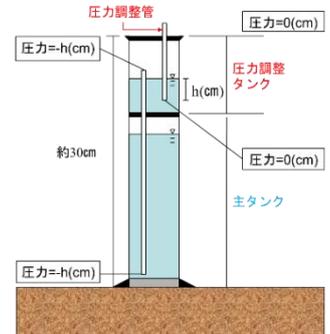


図1 負圧浸入計

この試験より、圧力調整管を用いて定めた浸潤水頭 $h(\text{cm})$ 、浸潤開始からの経過時間 $t(\text{sec})$ 、飽和後の経過時間あたりの浸潤量 $Q(\text{cm}^3)$ を得る。浸潤流量 $Q/t(\text{cm}^3/\text{s})$ を求め、図2に示すように、縦軸に浸潤流量の対数 $\log_e(Q/t)(\text{cm}^3/\text{s})$ 、横軸に浸潤水頭 $h(\text{cm})$ を取る。図3より切片と勾配を求めて、これらを用いて透水係数 $k(\text{cm}/\text{s})$ を求める式を式(1)に示す³⁾。

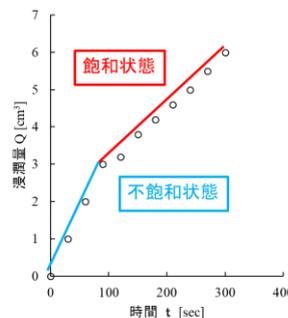


図2 浸潤量の変化

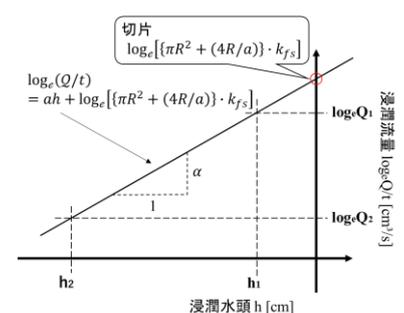


図3 切片と勾配

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。

$$k = \frac{\exp(\text{切片})}{\pi R^2 + \frac{4R}{(\text{勾配})}} \dots(1)$$

3. 神屋小学校の透水性評価

土系舗装を行った現場で、透水性を評価するため、負圧浸入計を使用した透水試験を行った。図4は神屋小学校の試験を行った3地点と未改良地で行った透水試験の位置関係を示す概略図となっている。図5は各地点から得られた、浸潤量(cm^3)と経過時間(sec)、設定した浸潤水頭(cm)を用いて、浸潤水頭と浸潤



図4 神屋小学校の概略図

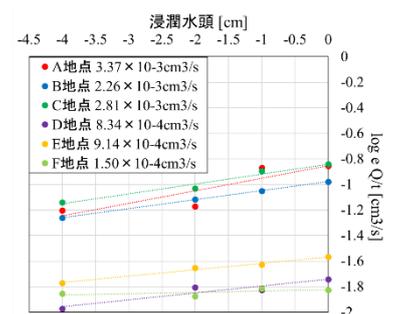


図5 試験結果

流量の対数の関係を示したものであり、前述したように、勾配と切片から式(1)を用いて透水係数の算出を行った結果を合わせて示した。全国トース技術研究組合の ATTAC 工法のマニュアルより、団粒化改良地盤の透水係数の値は $10^{-3}(\text{cm/s})$ 以上が基準となっており、試験結果から土系舗装を行った A・B・C 地点は、土系舗装の評価基準を満たしているといえ、未舗装の D・E・F 地点より透水性が向上していると数値から分かる。

4. 水分特性曲線を用いた保水性の評価

通常、地盤の保水性を求めるには、現場から試料を持ち帰り室内試験を行い求めるため、長時間要する試験となる。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、水分特性曲線をもとに団粒化地盤の保水性を評価することとした。しかし VG モデルの α と n が、試験から求めることができず未知数となっている。

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

ここに、 S_e :有効飽和度(-)、 h :浸潤水頭(cm)、 α , n :vG パラメータである。

VG モデルの α の逆数は、図 6 に示す水分特性曲線の水浸入値($1/\alpha$)に、ほぼ等しいとされている⁴⁾。先の現場飽和透水試験では 3 段階以上の負圧を負荷していることを利用する。図 2 の定常流(飽和)時の浸潤流量と浸潤水頭 $|h|(\text{cm})$ の関係である図 7 において、浸潤流量 $Q/t(\text{m}^3/\text{s})$ がゼロとなるときの

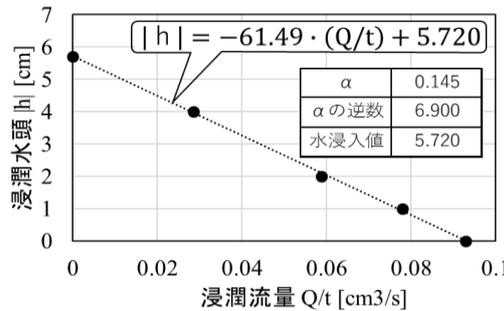


図 7 水浸入値の予測

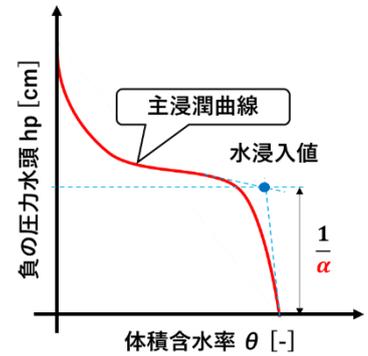


図 6 水分特性曲線

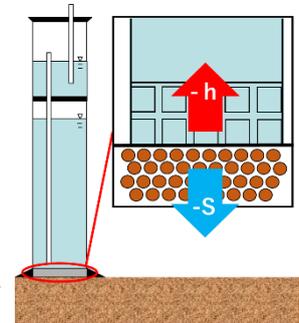


図 8 水浸入値

浸潤水頭は図 8 のように水浸入値とつりあい、すなわちその切片が水浸入値に相当するのではないかと考えた。汎用ソフト Hydrus2D による数値実験による透水試験を行った結果が図 7 である。入力した α の逆数と比較したものが図 7 中の表に示すように、ほぼ同じ値が得られた。そこで、さらに Hydrus 2D の 5 種類の土質パラメータによる数値実験と室内実験の結果を用いて検証を行った。その結果を図 9 に示す。グラフは多数の試料で解析を行い、縦軸に数値実験から推定された水浸入値(cm)を、横軸に入力パラメータ α から計算する水浸入値($1/\alpha$)(cm)を試料ごとにプロットした。このことから豊浦沙、clay、silt、clay loam、loam、sand とともに水浸入値とパラメータ α の逆数の値がほぼ一致していることが分かり、水分特性曲線の VG モデルのパラメータ α を現場飽和透水試験から同時に得られる結果を得た。

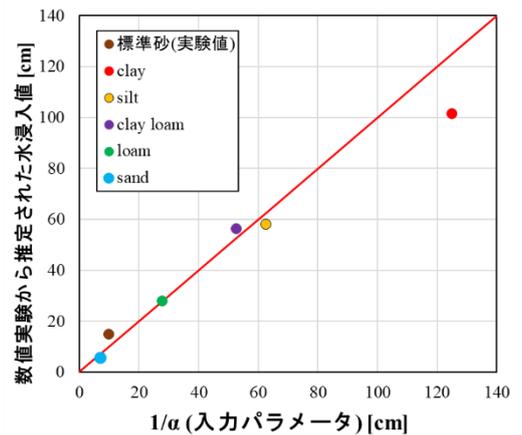


図 9 水浸入値の検証

5. おわりに

本研究では、HYDRUS-2D を用いた α の逆数と、負圧浸入計を使用することで、現場透水試験から現場飽和透水係数と同時に水分特性曲線のパラメータ α を得られることが分かった。今後は、水分特性曲線のもう一つの未知数である n を求めていく予定である。

【謝辞】 本研究は JSPS 科研費 18K04353 基盤研究 (C) および中部大学総合工学研究 (プロジェクト II) の助成を受けた。

【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.