

団粒化舗装のための原位置における透水性評価

中部大学 学生会員 ○牧野悠太郎

中部大学 正会員 杉井俊夫

1.はじめに

現在、土を団粒化構造に改良することで、透水特性(保水性、透水性)を向上させることに着目した技術が現場で用いられ始めている。しかし、施工後に現場において透水特性を現地で計測する方法が確立されていないため、現場で実施可能な透水試験方法が求められている。また、現在、日本道路協会のアスファルト舗装の浸透水量試験があるが、透水係数を評価するのではなく、60～40 cm水頭を掛けた場合の浸透水量を求める方法であり、土系舗装では表面を侵食してしまうため使用できない。そこで本研究では、負圧浸入計に着目し、団粒化改良を行った地盤に対する透水試験方法の確立と、試験実施における指標の作成を目的としている。

2.負圧浸入計

負圧浸入計は、一定の圧力を負荷しながら試験面を湿潤させ、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。大きな圧力を掛けずに浸潤させるため、地表面を侵食することがなく、**図1**に示すように土中内を水が球根状に広がりながら浸潤していく。そのため、軟弱地盤に対しても適用可能である¹⁾。圧力調整管でサクションを定めることができ、試験地盤に掛ける圧力を容易に定めることができる。圧力を調整するタンク上部と、浸潤量を読み取るタンク下部への注水だけで試験が行えるため、試験の実施が非常に容易である。

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 $t(\text{sec})$ 、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。これらを用いて透水係数 $k(\text{cm/s})$ を求める式を式(1)に示す²⁾。

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

ここに、 R :給水ディスクの半径(cm)である。

3.団粒化舗装地盤への利用

自然堆積した土は、**図3**の(a)に示すような、単粒構造である。ここに高分子凝集剤(GB2000)を注入することで、細かい粒子がまとめられ粒子群が形成される。これにより、**図3**の(b)に示すように、大きな間隙(マクロポア)を形成しつつ、細かな間隙(ミクロポア)が構成された団粒構造へと改良することが可能である。一般的に、透水性が良い土は保水性が悪いが、団粒構造ではマクロポアを形成することで透水性が向上し、ミクロポアによって保水性も向上することで、水はけの向上や、気化熱による地表面温度の抑制などが期待される³⁾。本研究では、団粒構造に改良した愛知県春日井市の高座小学校のグラウンドにおいて、負圧浸

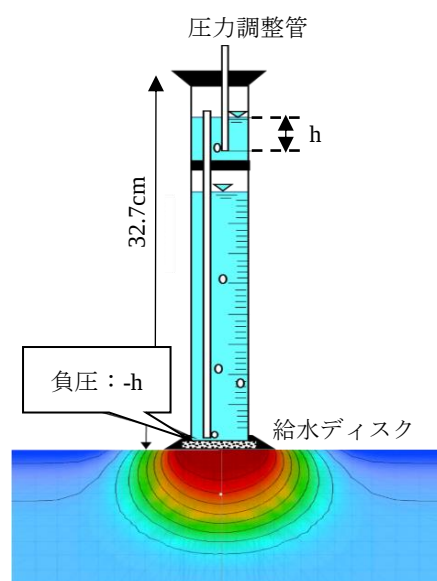


図1 負圧浸入計

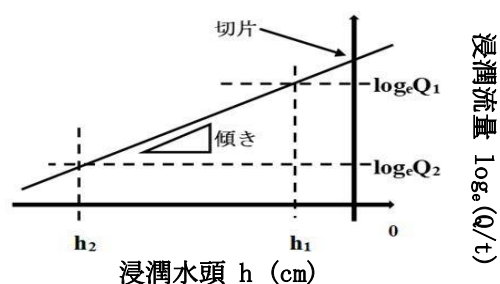


図2 浸潤流量と浸潤水頭の関係

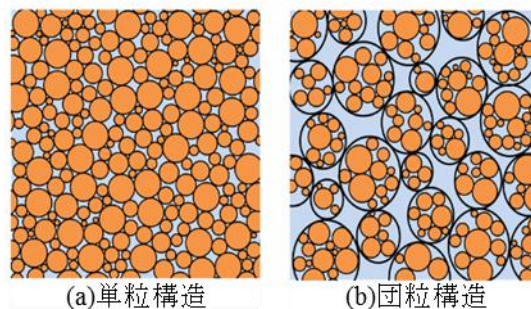


図3 単粒構造と団粒構造

入計を用いた現場透水試験と、サーモカメラによる地表面温度の計測を実施した。また、10 cm厚の舗装である土中内の浸潤流れを数値解析により可視化し、解析における透水係数と、現場試験で算出された透水係数の比較を行った。

図4の左側に示す、団粒化舗装を行った地盤の地点A～Cと、未舗装の地点Dにおいて現場透水試験を実施した。試験結果より得られた図5に示す浸潤流量の対数と浸潤水頭の関係から、式(1)を用いて透水係数の算出を行った。団粒構造に改良した地盤での透水係数の値は、地点によって誤差はあるが、団粒化舗装後の基準値である $10^{-3}(\text{cm/s})$ 以上が得られている⁴⁾。未改良の地点Dは、計測点が2点と少なく参考データであるが、団粒化改良によって2オーダー程度、透水性が向上したことが明らかとなった。

サーモカメラを用いた地表面温度の計測では、未舗装の範囲と比較して、団粒化舗装範囲では約 $3^{\circ}\text{C}\sim 6^{\circ}\text{C}$ の温度差が確認されたことから、団粒化舗装によって保水性が向上し、気化熱による温度上昇の抑制が認められる。

数値解析は、HYDRUS-2D⁵⁾を用いて土中の不飽和流れの計算を行った。土中の浸潤流れと、解析による透水係数の値を図6に示す。団粒化改良を行った地表面から層厚10cmの範囲では、透水係数 $10^{-3}(\text{cm/s})$ を得られている。したがって、本研究で使用している負圧浸入計は、層厚10cmの団粒化改良地盤において、透水性評価に用いることが可能であることが確認された。

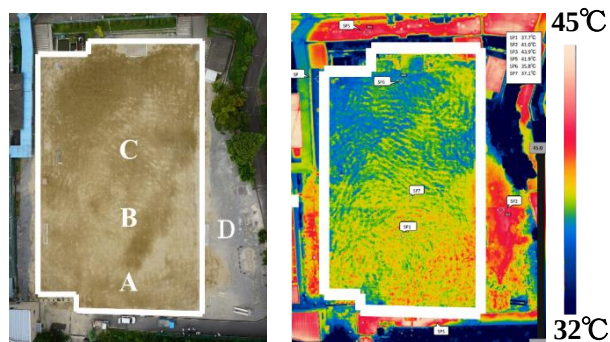


図4 透水試験地点(左)と地表面温度(右)

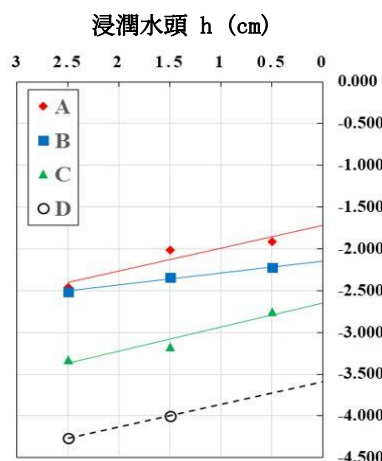


図5 現場透水試験結果

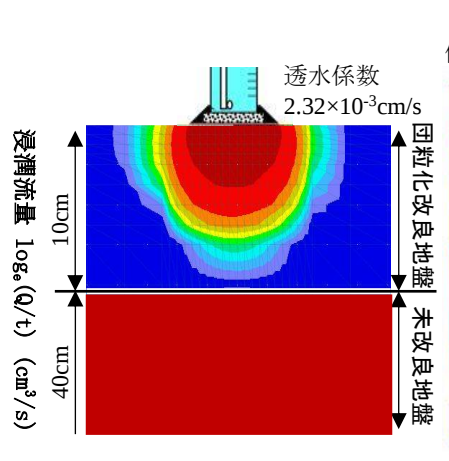


図6 土中の浸潤流れの様子

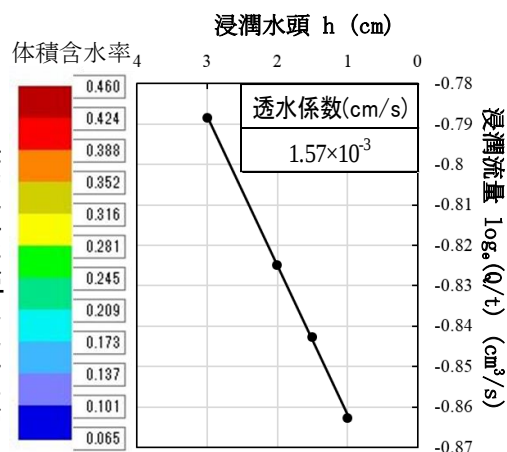


図7 解析による透水係数

4.おわりに

負圧浸入計を用いた現場透水試験と、HYDRUS-2Dによる数値解析の結果から、団粒化舗装による透水性の向上が確認された。計測地点による透水係数の誤差は、団粒化舗装地盤より下層の土質、施工時の締固め具合のムラ等が要因として考えられる。今後の展望としては、土中の浸潤面が団粒化改良地盤より下層に達した際、透水係数にどのような変化が現れるかの検証を行い、負圧浸入計による現場透水試験の指標および評価する厚さについて検討していく。

【参考文献】

- 1) 西村拓 (2017) : 負圧浸入計の適用事例, 第52回地盤工学会研究発表会, DS1.
- 2) 地盤工学会: 地下水面より上の地盤を対象とした透水試験方法, 地盤工学会基準案.
- 3) 杉井俊夫, 山田公夫, 方方, 馬貴臣 (2013) : 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, pp.39-46.
- 4) 全国トース技術研究組合マニュアル, 2016.
- 5) D.Rassam, J.Šimůnek, and M.Th.van Genuchten (2004) 『HYDRUS-2Dによる土中の不飽和流れの計算』(取出伸夫・井上光弘 監訳), 農業土木学会土壌物理研究部会 HYDRUS グループ.