

地下水面より上の地盤を対象とした現場透水試験方法の違いによる結果の比較

土木研究所

正会員 ○杉山詠一、石原雅規、佐々木哲也

土木研究所（現 CTI）

正会員 富澤彰仁

1. はじめに

「地下水面より上の地盤を対象とした透水試験方法(JGS1319-2017)」には、試験箇所を地表面とするか試験孔内とするか、浸潤方法を正圧とするか負圧とするか等の違いにより、異なる試験方法が示されている。しかしながら、これらの試験方法の結果を比較した事例は少ない。また、現場透水試験と室内透水試験では、得られる値が異なるという指摘¹⁾もある。そこで本研究では、均一地盤を模擬した模型を作製し、考案した簡易透水試験法を含む各種現場透水試験を実施し、結果の比較を行った。

2. 模型地盤概要

模型作製に使用した試料の粒径加積曲線を図 1 に示す。粒度の異なる 3 種類の試料(珪砂, 山砂, ローム)を用いた。図 2 に作製した模型の概要図を示す。高さ 100cm, 幅 90cm, 奥行き 75cm の水槽内に所定の密度となるように試料を突き固め, 均一な模型地盤をそれぞれ作製した。作製した模型の地盤条件を表 1 に示す。模型地盤の地表面もしくは掘削した試験孔にて, 各種現場透水試験を実施した。また, 模型の両端には幅 4cm の水槽を設けた。水槽と模型地盤の間には不織布と多孔板によって仕切っており, 両水槽内の水位に差をつけることによって, 模型地盤全体で横向き浸透を発生させることが可能である。

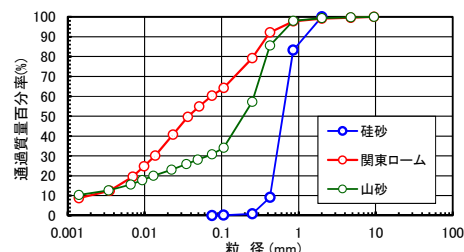


図 1 粒径加積曲線

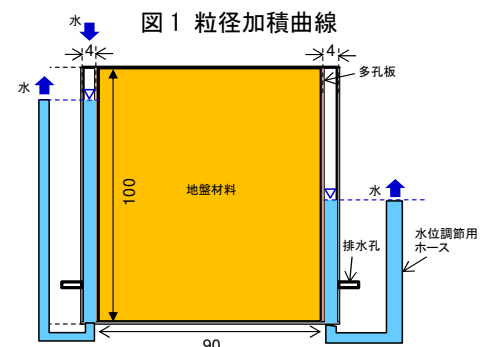


图 2 模型概要图(单位:cm)

3. 透水試驗概要

現場透水試験は、既存の試験である(株)四電技術コンサルタント社製の「水華」²⁾、METER 社製の「ミニディスクインフィルトロメータ」³⁾(以下、インフィルトロメータ)を用いた試験、考案した「簡易透水試験」の計3種類実施した。また、模型両端の水槽にゆっくりと水を投入し、模型地盤を疑似飽和させた後、片側の水槽水位を低下させ、一定の水位差を与えた定常状態とした時に、下流側の水位調節用ホースからの排水量を測定することで、模型地盤全体の透水係数を算出(以下、土槽定水位法とよぶ)した。さらに、模型地盤と同一条件(含水比、締固め度)の供試体を作製し、室内透水試験を実施した。各試験の一覧を表2に示す。考案した簡易透水試験機は、φ68mmの亚克力パイプにOYO社製の自記水位計(S&DLmini)を吊るしたもの(写真1)である。パイプ内の底面には、注水時の土粒子巻きあがり防止のための不織布をはめ込んでいる。試験方法は、亚克力の下端部を地表面に1~2cm程度埋め込み、パイプの内側と外側の止水性を確保した上で、パイプ内に水を注ぎ、経過時間あたりの水位低下量(浸潤量)を自記水位計により測定を行う。自記水位計の記録間隔は、水位低下速度に応じて、1~60秒間隔で設定している。一度設置すれば、水位が低下するまで放置できるのが利点である。透水係数は、JGS1319-2017⁴⁾を準用し、式(1)を用いて算出した。

表 1 模型作製条件

試料名	最大乾燥 密度 ρ dmax (g/cm ³)	最小密度 ρ dmin (g/cm ³)	最大密度 ρ dmax (g/cm ³)	相対 密度 Dr(%)	締固め度 Dc(%)	設定含水比 w (%)
硅砂	—	1.281	1.549	90	—	0
山砂	1.544	—	—	—	90	26.3
ローム	1.188	—	—	—	93	44.7

表 2 透水試驗一覽

試験方法	試験対象	浸潤方法
水華	試験孔	正圧
インフィルトロメーター	地表面	負圧
簡易透水試験	地表面	正圧
土槽定水位法	模型地盤全体	正圧
室内透水試験(定 ϕ 変水位)	-	-



写真 1 簡易透水試験状況

キーワード 現場透水試験, 室内透水試験

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 国立研究開発法人 土木研究所 TEL 029-879-6771

$$k_{fs} = \frac{\alpha G Q_s}{r_0 \alpha h + r_0 + G \alpha \pi r_0^2} \quad (1)$$

ここで, Q_s : 定常湿潤流量, h : 湿潤水頭(m)

r_0 : 浸潤用円筒の半径(m)

α : 土の種類に応じて設定される土壌パラメータ(m^{-1})

G : 浸潤用円筒の半径 r_0 (m)と貫入深さ d (m)から算定される形状係数. 詳細は JGS1319-2017⁴⁾を参照

なお, 実験は水位低下速度が安定するまで複数回実施(図3参照)し, 定常湿潤流量 Q_s は, 水位の低下勾配およびパイプ断面積の積より算出した. また, 湿潤水頭 h として, 水位低下勾配を求めた範囲の平均水位を用いた.

また, 土槽定水位法による透水係数の算出は, Deupit による式(2)を用いて算出した.

$$k = \frac{2QL}{B \times (H_1^2 - H_2^2)} \quad (2)$$

ここで, Q :流量(cm^3/s), L :浸透長さ(cm), B :水槽奥行き(cm), H_1, H_2 :各水槽水位

水華, インフィルトロメータの透水係数算出方法については, 各参考文献^{2) 3)}を参照されたい. 簡易透水試験, インフィルトロメータを用いた試験は, 1試料あたり3地点, 水華を用いた試験は1地点実施した.

4. 実験結果

土槽定水位法により算出した透水係数と各透水試験法により算出した透水係数の関係を図4に示す. 模型地盤全体を利用して算出していることと, 現場透水試験を用いる対象構造物として河川堤防を想定した場合に横向きの透水係数が重要になることから, 土槽定水位法により算出した透水係数を基準とした. 簡易透水試験の結果はローム, 山砂において, 土槽定水位法と比較し, やや高め傾向にある. 一方, 珪砂では1/10程小さい結果となった. 珪砂の透水性が高いため, パイプ底面に設置した不織布の透水性が影響し, 透水係数が小さくなった可能性が考えられる. インフィルトロメータは, 土槽定水位法より小さな透水係数となる傾向にあり, その差異は, 最大1/15程度であった. 水華はローム, 山砂において, 土槽定水位法と同程度の値を示した. 一方, 珪砂では, 珪砂の透水性が高いため, 孔内に水位を形成することができず, 測定できなかった. 室内透水試験はいずれも土槽定水位法の結果と同程度の値を示し, 最も精度がよかった.

5. まとめ

現場透水試験方法の違いによる結果の比較を行い, 最大1/15程度の差異が確認された. 考案した簡易透水試験は, 珪砂のような透水性の良い地盤($k=1.0 \times 10^{-3} m/s$ 程度)に対して, 透水係数を小さく評価する傾向にあり, 底面の不織布が影響している可能性がある. 今後は不織布の透水性の検証を行う予定である.

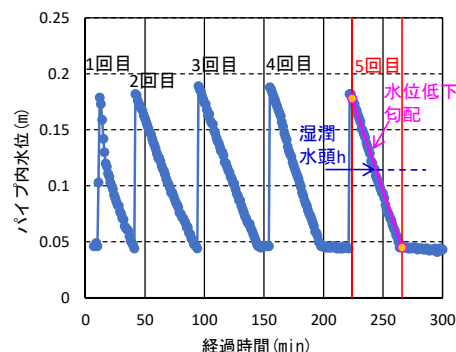


図3 簡易透水試験結果(山砂)

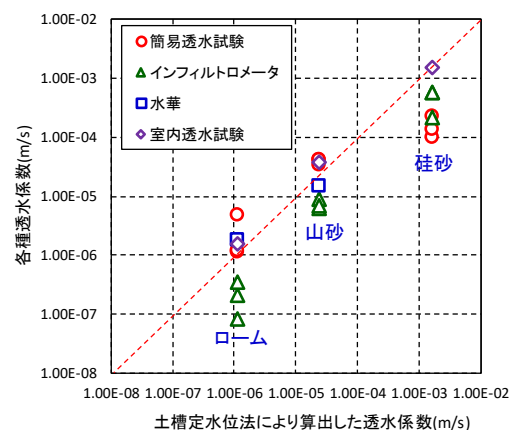


図4 透水試験結果の比較

参考文献

- 1) 李ら: 河川堤防盛土の原位置透水特性に関する考察, 第5回河川堤防技術シンポジウム, 2017.
- 2) 能野ら: 地下水面より上の地盤を対象とした透水試験の透水係数測定式に関する研究, 地盤工学ジャーナル vol114, pp273-286, 2019.
- 3) Matthew D. Madsen: Automation and Use of Mini Disk Infiltrometers, SSSAJ: Volume 71: Number 5 September-October 2007.
- 4) 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(JGS1319-2017)pp.9, 2018.5.