

GEO-Expert 土体 一维瞬时渗透系数测试仪1D column

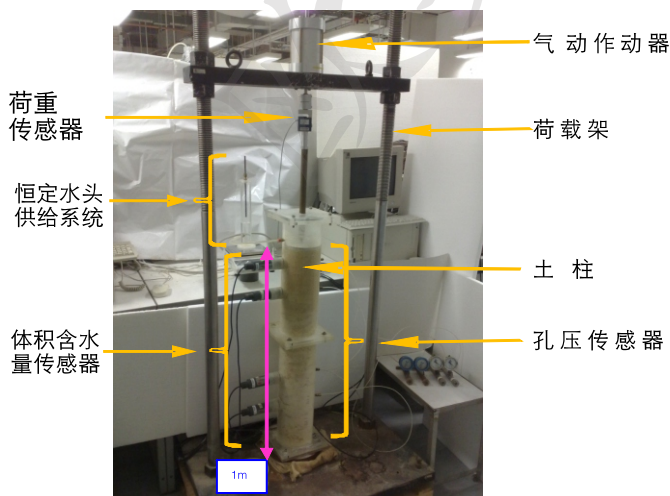


应力控制土柱仪可以对多层土柱自由加载法向应力和边界水力条件（例如：恒定水头，蒸发）。另外，快速使用瞬时法，还可以减少实验中测量两种重要水力特性SDPFs和SDSWCCs的时间。在给定的应力状态下，SDPF描述吸力和（或）含水量下水的渗透性的变化，而SDSWCC定义了吸力和含水量之间的关系。

Geo-Experts 使用一维瞬时剖面法（IPM）测量非饱和土对应不同一维法向应力下的SDPF的。基于体变测量（VWC）和孔隙水压测量（PWP），水流速率和水力梯度可以分别确定。因此，根据达西定律吸湿和脱湿状态下的渗透参数可获得。同时，不同应力状态下的，快速吸湿和（或）脱湿应力相关土水特征曲线（SDSWCC），可以通过建立体积含水量VWC和负孔隙水压PWP（例如，吸力）关系来确定。土柱的任何体变都能通过表面的LVDT测量到。

主要性能

- 可以灵活准确的控制边界通量/水头（例如：恒定水头，蒸发，自由排水和底部边界的毛细上升）；
- 可以研究对应不同水力边界条件多重土壤层的渗透特性
- 使用瞬时法，可以加速应力相关渗透功能（SDPFs）和应力相关土水特征曲线（SDSWCCs）这两种水力特性的测量
- 可以加载一维垂直应力。例如，K0应力条件



仪器组成



技术规格

土柱的标准尺寸*

内径:	150 mm
外径:	190 mm
高度:	1000 mm

安装VWC传感器的穿孔的

标准直径	60 mm
------	-------

安装孔压传感器的穿孔的

标准直径	5 mm
------	------

恒定水头供给系统 (可选)

i 储水箱k

直径:	150 mm
高度:	200 mm

ii 电子天平

量程:	5 kg
分辨率:	0.01 g

垂直气动加载架量程: 5 kN

行程间距:	50 mm
压力传感器范围:	0 – 450 kPa
校准器范围:	0 – 1000 kPa

荷重传感器 (或者压力传感器)

量程:	2 MPa
额定输出:	2 mV/V
非线性:	2 % RO
速率指示器:	1 channel, 4 digits

*不同直径和高度的土柱可以按要求订购 (例如, 高度对内径的比例) 但纵横比建议大于6.

**根据选择的VWC和PWC传感器的不同, 可以选择不同直径的小洞.

工作原理

理论考虑-IPM

实验过程中, 在圆柱形土柱内通连续的水流, 从柱体一头到另一头。试样的体积含水量传感器和孔压传感器沿着试样摆放, 能够立即得到测值。

图1显示了两个瞬时断面的体积含水量、水头, h , 运行时间为 t_1 和 t_2 。体积含水量值和孔隙水压力值可以在 z_A, z_B, z_C , 和 z_D 点放置不同的设备测得。根据一维连续定理,

$$v_{z_B, t_{ave}} = \frac{V}{t_2 - t_1} v_{z_e, t_{ave}} \quad (1)$$

ΔV 是指在 $t = t_1$ 和 t_2 之间 $\theta_w(z, t)$ 内的阴影面积; $v_{z_e, t_{ave}}$ 为 v_{z_e} 深度时的边界水流速度, 平均完成时间 $t_{ave} = (t_1 + t_2)/2$ 。

另一方面任一深度的水头梯度和完成时间, $i_{z_B, t_{ave}}$, 可以通过估算所测水头断面的梯度获得。数学计算上可以被表述为:

$$i_{z_B, t_{ave}} = \frac{1}{2} \frac{dh_{z_B, t_1}}{dz} - \frac{dh_{z_B, t_2}}{dz} \quad (2)$$

$$\frac{1}{4} \frac{h_{z_A, t_1}}{z_A} \frac{h_{z_B, t_1}}{z_B} \frac{h_{z_B, t_1}}{z_B} \frac{h_{z_C, t_1}}{z_C} \frac{h_{z_A, t_2}}{z_A} \frac{h_{z_B, t_2}}{z_B} \frac{h_{z_B, t_2}}{z_B} \frac{h_{z_C, t_2}}{z_C}$$

H_{z_i, t_j} 是完成时间为 t_j ($j = 1, 2$)时, z_i ($i = A, B, C$ and D) 深度处的水头

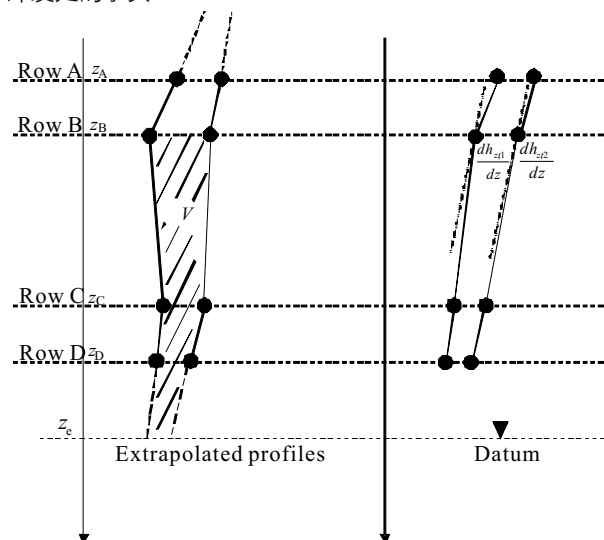


图1.一维土柱仪测得的, 完成时间在 $t = t_1$ 和 t_2 之间, 瞬时断面的体积含水量和水头 (Ng & Leung 2012)

工作原理

这样通过达西定律，任一深度的非饱和土的渗透率和完成时间可以按下式计算

$$k_{zB,tave} = \frac{v_{zB,tave}}{i_{zB,tave}} \quad (3)$$

水力边界条件的控制

在顶部边界处，Geo-Experts 设计为允许垂直应力和边界通量分别施加。在土柱顶部，安装了穿孔的圆形的不锈钢底板。当施加任意的垂直应力到底板中心时，水可以通过穿孔渗入（吸湿过程），或者蒸发（脱湿过程）

如果积水被加载到土柱顶面进行吸湿过程，通过使用恒定水头供给系统提供恒定的水头，原理跟马特略杯 (Mariotte's bottle.) 一样。因此，渗透速率（例如等式 (1) 中的 $v_{zB,tave}$ ）可以通过记录水供给系统的变化确定出来。

土柱底部，安装了另一块不锈钢底板。底板充满水来形成水腔来获得均匀的排水通路。安装一个阀门用于控制底部的排水条件。在排水条件下，任意出水体积（例如等式 (1) 中的 $v_{zB,tave}$ ）可以测量得到。同时，柱体底部的水头可控，用以进行毛细上升实验。

一些已有的瞬时测量SDSWCCs和SDPFs分别在图2和3中显示出来，来验证净法向应力的影响。

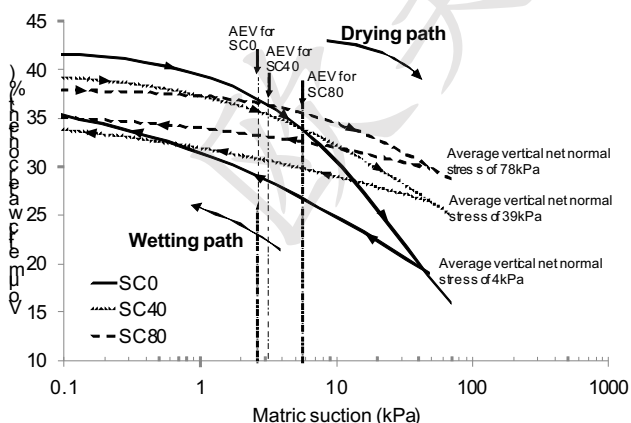


图2.净法向应力对瞬时脱湿和吸湿曲线SDSWCCs的影响 (Ng & Leung 2012)

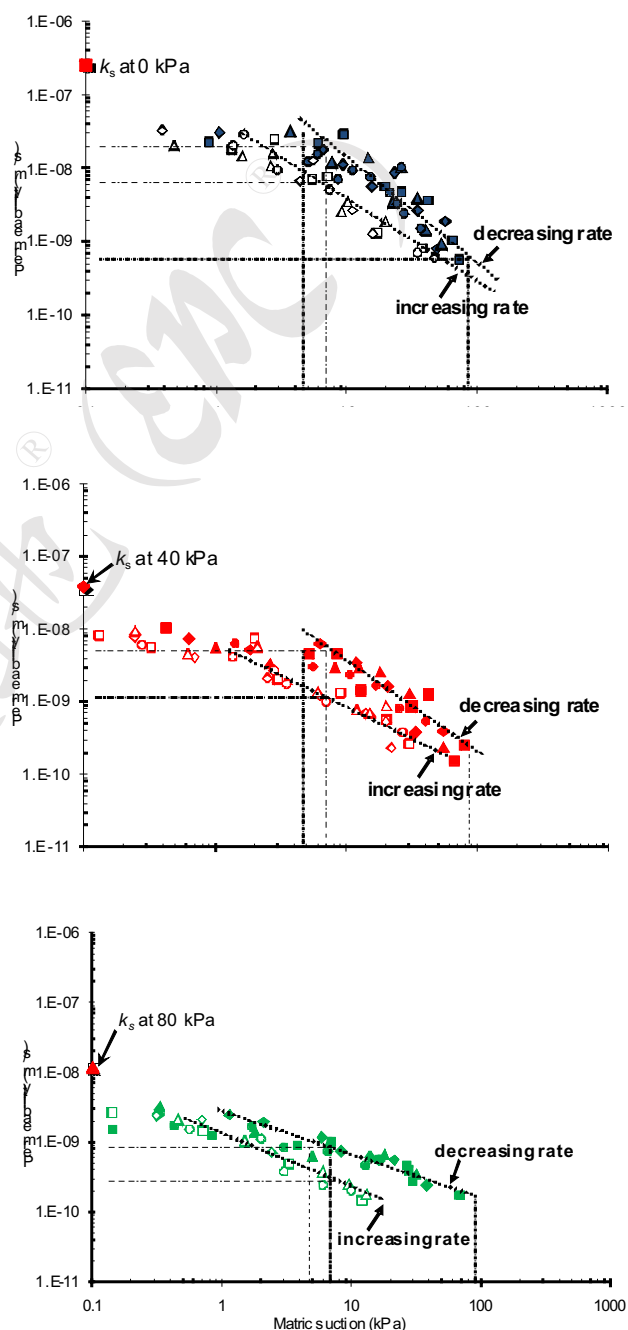


图3.测量不同一维净法相应力(a) 0kPa, (b) 40kPa and (c) 80kPa 下吸湿和脱湿状态下的渗透系数SDPFs (Ng & Leung 2012)