

土工织物在工作状况下孔隙分布的模拟测定

刘才良 舒世馨

(河海大学水利水电工程学院 南京 210098)

TU531.7

8.
49-51

A 摘要 土工织物孔隙分布是土工织物最基本的物理性能之一,也是选择滤层设计准则的基础。本文介绍用自制仪器设备模拟土工织物在工作条件下受压变形后,测定其孔隙中的基质势和含水率的方法,并通过换算成孔隙的当量直径及相应含量,求得各组孔隙直径的大小和相应的含量。

关键词 土工织物 孔隙分布 基质势 含水率

土工织物不管用作隔离层还是渗滤层,它的使用效果(包括渗透性和保护性能等)都和它的孔隙分布有关,这是因为孔隙分布是土工织物最基本的物理性能之一,也是选择滤层设计准则的基础。为满足生产厂家和使用部门的需要,根据生产实际的要求,我们自制了试验设备,对土工织物产品的孔隙分布进行测定^[1]。

由于土工织物在实际使用中均承受建筑物和土压力而产生压缩变形,它的孔隙大小和含量随压力的大小而变化,同时渗透性和保护性能也随之改变,所以测定在压缩条件下的孔隙变化更具有实用价值。为此,我们又设计了受压条件下土工织物孔隙分布测定装置^[2]。下面综合上述两种装置,对其测定原理、仪器设备,测定方法等作一简要介绍。

1 测定原理和仪器设备

当前土工织物已广泛应用于土木工程中,国际上曾多次召开有关土工织物在土木工程中应用的国际会议,其中不少论文涉及土工织物孔隙分布的测定方法。主要测定方法可分为直接法和间接法。直接法即对土工织物断面进行放大照相,然后用特种面积仪测定其直径,计算出各组孔隙的含量。间接法多数使用反筛法,把土工织物当筛子,对已

知粒径的玻璃球或土壤进行过筛,也可在动水中水筛,记录下通过和留位的玻璃球或土的粒径和含量,点绘出一条土工织物的有效孔径的分布曲线。此外,还有根据多孔介质的孔隙特性来测定孔隙分布,如1986年Holtz根据水银、空气和化纤丝界面上的表面张力和毛管现象,用水银压入法测定它的孔隙分布;荷兰Stugt利用砂芯漏斗测定土工织物孔隙中水的吸力和含量,换算成孔隙分布^[3]。上述各种方法均在织物不受压的情况下测定,无法模拟土工织物的实际工作条件。本文所用的方法和测定装置是基于土工织物在工程中均承受压力这一实际情况,测定它在压缩变形后孔隙中水的基质势和含量,从而推算出它的孔隙直径和含量。

1.1 测定原理

土工织物由化纤和化纤间的孔隙组成,属亲水型多孔介质。它和水一俟接触,水受到化纤的吸附力和充水孔隙表面毛管力的作用,使孔隙中水具有的势能低于自由水面,这部分势能称为基质势。对某种土工织物而言,它的含水率越高,其基质势也越高。当土工织物饱和时,其基质势等于零。而饱和的土工织物受到一微小吸力的作用时,由于大孔隙中的水具有较高的基质势,于是基质势等于该吸力的孔隙中的水即排空。当作用的

吸力不断增大,孔隙中的水由大孔隙至小孔隙依次排空,同时它的含水率也逐渐降低。如果施加的吸力很大,则织物的含水率很低,水分仅保持在极其细微的孔隙中。不同含水量的土工织物所具有的基质势可以用仪器测得。某一吸力下所对应的孔隙直径可以用毛管现象来解释。由于吸力与毛管压强相平衡,故毛管直径可用吸力的大小进行换算:

$$D = 4\sigma / S \quad (1)$$

式中 D 为土工织物孔隙直径, mm; σ 为水的表面张力; S 为孔隙中水的吸力, kPa。

由于土工织物中孔隙断面的几何形状是不规则的,各孔隙也是弯曲和相互贯通的。为便于分析起见,把不规则的弯曲孔隙体折算成圆形的平直毛细管。要求折算后的圆直毛管中的基质势与实际孔隙中的相等。经折算后的毛管直径称为当量孔径,可用下式计算

$$D' = 0.3 / S \quad (2)$$

式中 D' 为当量孔隙直径, mm。

当某一组孔径的孔隙排空后,同时测得此时土工织物的含水率(占容积的百分比),也就测得了大于或等于该组孔径的总容积与整个土工织物容积之比,则此组孔隙的含量占总体积的百分比为

$$\theta_{g1} = \theta_s - \theta_1 \quad (3)$$

式中 θ_{g1} 为第一组大孔隙的含量; θ_s 为土工织物的饱和含水率; θ_1 为第一次测得的织物含水率。

在测得土工织物含水率的同时,测得施加于土工织物的吸力 S , 代入式(2)即可计算出相应组孔隙的直径。

对土工织物施加的吸力逐级增加,织物孔隙中的水分由大孔隙至小孔隙逐级排空。各级当量孔隙直径 D' 和相应的含量 θ_{g_i} 均可测得,直至土工织物排水变干为止。

为了模拟土工织物的实际工作状态,在测定前,预先对土工织物施加正压力,待它的压缩变形稳定后再重复上述的测定工作。

1.2 测定的仪器设备

受压土工织物孔隙分布的测定装置由加

压系统、测定室和排水系统三部分组成^[2]。

a. 加压系统。为了模拟土工织物在土木工程中承受的荷载,用空压设备来施加压力。它由空压机、输气管、压力阀、橡胶袋和压力表组成。橡胶袋与土工织物接触,产生的压缩空气输入橡胶袋后,对土工织物施加压力,使其产生压缩变形,施加的压力大小由压力表显示。

b. 测定室。由缸体和室内陶土板组成。陶土板把整个测定室分为上下为两部分,上部为被测定的试样,试样上部为加压用的橡胶袋。陶土板下部为负压室。陶土板饱和后,它的全部孔隙均充满水,空气不能通过,但仍有良好的导水性能,保证陶土板下形成负压室。

c. 排水系统。由负压室、排水管及阀门组成。当负压室内充满水并完全排除残留的空气后,打开排水管上的阀门。只要排水管出口的位置低于陶土板,负压室内就出现负压值。原先饱和的土工织物因承受吸力而开始排水,排出的水经陶土板进入负压室,由排水管出口流出,直到平衡为止。

当吸力超过 60 kPa, 即测定孔径小于 0.005 mm 孔隙的含量时,可通过另一条输气管路向测定室的陶土板上部施加压缩空气,这时土工织物承受的吸力就等于陶土板上下的压力差,可测得细微孔隙的含量。

2 测定方法

根据实际要求,可测定受压和不受压状态下土工织物的孔隙分布。

2.1 不承压时的孔隙分布测定

选取结构均匀、厚度一致的土工织物作为测试样品,裁剪成规则的几何形状,事先烘干,测定其厚度、干容重、孔隙率和单位面积重量等。真空饱和 24 h, 取出后待测。

测定设备中,预先把陶土板饱和,负压室充满水,排除各连结处可能残留的气泡。准备工作完成后,即可把供测定的试样水平置于陶土板上,使试样和陶土板表面充分接触,并盖上测定室上盖。预先施加 2 kPa 的压力,使

试样和陶土板间保持良好的水力联系。

测定时,调节排水管垂直向下的长度,向土工织物施加吸力。此时土工织物开始排水,直至稳定后,排水完全停止。观测施加的吸力和排水量,也可直接测定土工织物的含水率。排出水量即为该组孔隙的总体积。由式(2)计算出孔隙的直径。吸力由小至大逐步增加,孔隙由大到小逐级排空,这样即可获得各组孔隙的孔径和含量。

2.2 承压时的孔隙分布测定

测定步骤和方法与上述基本相同,只是在测定前向橡胶袋内加压缩空气,土工织物承压后产生压缩变形并开始排水,此时的排水量即为土工织物的压缩量。待压缩变形稳定后,再进行孔隙分布的测定。

一次试验完成后,把试样烘干,重新测定一次,可获得在缩水后土工织物的孔隙分布以及孔隙分布的缩水变化。

3 测定范围

试验结果表明,土工织物受压变形后,孔隙明显减小。特别是大孔隙减小甚为显著,而细微孔隙反而增加,这是由于大孔隙压缩成小孔隙的结果。

测定中发现,土工织物的缩水性较大。为模拟野外的工作条件,第一次测定后,应把试样烘干后重新测定。第二次测定结果较第一次有明显的改变。这些资料对设计人员是重要的。随着土工织物在工作条件下使用年限的延长,它的渗透性有减小的趋势,除了孔隙被泥沙颗粒淤堵以外,土工织物的缩水性也是其中一个重要原因。

本方法所用仪器可以测定任一厚度的无纺型土工织物,以厚型的效果较好。测定孔径范围为 $1 \sim 0.001 \text{ mm}$ 。土工织物承受的土压力范围为 $0 \sim 500 \text{ kPa}$ 。该仪器也可用于其它多孔介质孔隙分布的测定。本方法已获国家实用新型专利(专利号:86210123.9)。

参考文献

- 1 刘才良,舒世馨.土工织物孔隙分布的测定方法.岩土工程学报,1987(7):53~58
- 2 刘才良,舒世馨.受压土工织物孔隙分布的测定方法.水利水电技术,1990(7):48~54
- 3 Stugt L C P M. Drainage envelope research in the Netherlands. In: The Corrugated Plastic Tubing Association of US and Canada ed. Proceedings 2nd International Drainage Workshop, Washington D C USA 1982. 106~123

(收稿日期:1995-06-15)

(上接第40页)

c. 因凹壁作用,紊动长度积分尺度大于平板边界层,峰值在边界层中部附近。

d. 反弧末端低压区与水深或流量有关,浅水深或小流量易发生空化,故工程运行和设计应特别注意。

e. 水流脉动对空化的发生和发展不可忽视,在工程设计中必须考虑其影响,维持长时间低空化数会造成空蚀破坏,为便于设计者运用,给出了两种空化数判别式。

参考文献

- 1 Arndt R E A, Daily J W. Cavitation phenomena in turbulent boundary layer. Cavitation State of Knowledge, 1969
- 2 董曾南,陈长植,赵建民.溢流坝反弧段水流的紊

动特性.水利学报,1990(12):9~17

- 3 陶晓峰,董曾南.光滑溢流坝面水流边界层特性试验研究.水利学报,1984(6):1~9
- 4 翁情达等.溢流坝面紊流边界层的发展及其应用.水利学报,1984(6):10~18
- 5 Daily J W, Johnson V E. Turbulence and boundary layer effects on cavitation from gas nuclei. Trans. ASME. 1956, 78(8):1695~1706
- 6 Arndt R E A, Ippen. Rough surface effects on cavitation inception. J Basic Eng, 1968, 90(2): 249~261
- 7 Knapp R T, Daily J W, Hammitt F G. Cavitation. McGraw-Hill Book company, 1970: 59~86
- 8 胡明龙.泄洪洞反弧段下游空化特性分析.水利学报,1983(3):14~21

(收稿日期:1995-06-06)