

关于“土孔隙的分形几何研究”的讨论

徐永福

(名古屋工业大学 VBL, 日本 名古屋 466-8555)

笔者近来学习了王清教授等人于 2000 年在《岩土工程学报》第 4 期发表的“土孔隙的分形几何研究”一文(以下简称原文),受益匪浅。原文用汞压法研究“土孔隙的分形几何”具有重要的学术意义,为建立孔隙的分形模型奠定了基础。笔者经过反复学习,仍有以下问题认为值得提出来讨论:*

(1) 原文笼统地讲“土孔隙的分形几何”似有不妥,应该指明是孔隙表面分形或是孔隙分布分形,原文表 2 和表 3 中给出的分维,笔者有些糊涂。分形几何最初是由 Mandelbort 提出的^[1],分形最重要的概念是分维。分维的定义是:对于某一图形(或现象),按某种尺度 r 可分为 $N(r)$ 个各自相似,且与整个图形相似的部分,这个图形的分维^[1]为 $D = -\frac{\log N(r)}{\log r}$ 。原文没有给出分维计算的表达式,不知原文表 2 和表 3 中的分维是如何算出来的。原文表 2 和表 3 中给出的分维是孔隙表面的分维呢,还是孔隙分布的分维,亦或是别的什么含义的分维。汞压法一般用来测量孔隙表面分维和孔隙分布的分维^[2,3]。就孔隙表面分形而言,孔隙的累积表面积 $A(r)$ 与孔径 r 的关系^[2]为 $A(r)r^{2-D_s}$,分维应该大于 2.0,因为一般平面的分维是 2.0,而孔隙表面凹凸不平,介于二维和三维之间,即分维应该是在 2.0~3.0 之间。很显然,原文表 2 和表 3 中给出的分维与孔隙表面的分维不符。孔隙分布的分维是大于 1.0 的,也就是说,原文表 2 和表 3 中给出的分维也不是孔隙分布的分维。因此,无法理解原文表 2 和表 3 的分维含义,也无法了解表 2 和表 3 的分维是如何算出的。

(2) 图 1 和图 2 表示方法不确切。图中纵坐标是“大于某一孔径的孔隙累积含量”,而在确定孔隙表面和孔隙分布的分维

时,采用的是“小于某一孔径的孔隙累积面积”,两者恰好相反;另外,“孔隙累积含量”不知是何种物理量。因此,根据图 1 和图 2 是无法计算孔隙分布的分维。

(3) 土孔隙一般分为两类:宏观孔隙(土粒聚集体间的孔隙,孔径较大);微观孔隙(土粒聚集体内的孔隙,孔径较小)^[4]。宏观孔隙和微观孔隙的孔径界限一般为 $1\text{ }\mu\text{m}$ ^[5]。原文中先是总结前人经验,将孔隙分为 4 级,图 2 中“折线有三段”,表 2 中给出 2 种孔隙的分维,似乎不太统一。“小于 $0.03\text{ }\mu\text{m}$ 的孔隙相当于粘土矿物晶层或晶体之间的孔隙”有何依据,当前的汞压法是无法将水银压进粘土矿物晶层或晶体之间的孔隙中的。

以上讨论仅是笔者的个人观点,这里提出来讨论,意在加深对土孔隙的分形几何的认识和理解,不当之处,还请不吝赐教。

参考文献:

- [1] Mandelbort B B. The fractal geometry of nature[M]. San Francisco: Freeman W H, 1982.
- [2] Xu Y F, Yin Z Z. Fractal structure of soils—a case study[A]. Shen Z J, eds. 2nd Int Conf on Soft Soil Engrg[C]. Nanjing, 1996. 78~85.
- [3] Xu Y F, Liu S Y. Fractal character of grain size distribution of expansive soil[J]. Fractals, 1999, 7(4): 359~366.
- [4] Xu Y F, Sun D A. Application of fractal micropores to determination of expansive soil strength[J]. Fractals, 2000, 8(4).
- [5] Delage P, Audiguer M. Microstructure of a compacted silt[J]. Can Geotech J, 1996, 33: 150~158.

对“土孔隙的分形几何研究”讨论的答复

王 清

(吉林大学 环境与建设工程学院, 吉林 长春 130026)

非常感谢对“土孔隙的分形几何研究”的讨论,文中对讨论一文中所提出的孔隙分形和孔隙的分类等问题作了一些讨论,现就有关问题答复如下:

(1) 原文题为“土孔隙的分形几何研究”,是借助压汞实验结果来研究土孔隙分布分形。因为决定土体工程地质特性的本质原因是构成土体的物质组成,而这组成的存在形式是土的结构特征,土孔隙的大小与分布特征在一定程度上反映了成分和结构的特点,因此,称为“分形几何研究”。

显然,原文求解分维的方法是源于 Mandelbort 关于求海岸线分维的定义,称之为数方格方法。数方格法是针对自然中具有统计自相似特征的对象。土孔隙分布特征分析是认为是一

类典型的具统计自相似的分形。由于原文为短文,篇幅有限,没能给出具体计算过程,请原谅。

(2) 原文中图 1 是按照工程地质研究中土粒度成分分析曲线来表示的,图 2 是把纵轴取了对数后,成为双对数坐标体系,计算分维时是将双对数坐标系中孔径在 $0.03\sim 0.07\text{ }\mu\text{m}$ 之间的直线段的斜率,作为孔隙分布的分维数。

(3) 土中孔隙受颗粒排列和胶结等诸多因素的影响,对孔隙的研究主要从孔隙大小、形状、分布及连通性等特征上进行

* 讨论稿收稿日期: 2000-09-07

答复稿收稿日期: 2000-10-08