

对“低含水率非饱和土的有效应力及抗剪强度”讨论的答复

慕青松^①

(兰州大学物理科学与技术学院力学系, 甘肃 兰州 730000)

中图分类号: TU 432

文献标识码: A

文章编号: 1000- 4548(2002) 01- 0127- 01

感谢汤连生老师于百忙之中对讨论稿“关于‘从粒间吸力特性再认识非饱和土抗剪强度理论’的讨论”给予的答复, 汤老师的答复稿(以下简称文1)同时也对“低含水率非饱和土的有效应力及抗剪强度”一文(简称文2)提出了讨论, 现答复如下。

文1将文2中的 F_1, F_2 认为是满足 $F_1 = F_2$ 的一对相互平衡的力, 从而演绎出一些结论并提出相关问题。对此回答如下:

文1错误地认为文2中的 F_1 和 F_2 (注: F_1 和 F_2 只表示力的大小)是相互处于平衡的力, 但实际上 F_1 和 F_2 本来就不是满足 $F_1 = F_2$ 的一对平衡力。文2图1中, 过两颗粒接触点并与两颗粒相切的截面用 ξ 表示, 文2对 ξ 左边的几何体(包括颗粒A和半个环状水)进行了受力分析(暂不考虑重力): 几何体中的半个环状水有一位于截面 ξ 内的圆形表面, 记为面 Π , 面 Π 的圆形周线上, 作用着平行于两颗粒连心线并指向颗粒B的表面张力, 其合力大小为 $F_1 = 2\pi r_2 \alpha$, 其合力作用线重合于两颗粒连心线, 方向指向颗粒B。这个几何体(包括颗粒A和半个环状水)的整个外表面可以分成两个部分, 即面 Π 和除去面 Π 剩余的部分 Λ , 面 Π 上受水压力 u_w 的作用, 面 Λ 上受气压力 u_a 的作用, 面 Π 上的水压力 u_w 和面 Λ 上的气压力 u_a 的合力大小为 $F_2 = \pi r_2^2 (u_a - u_w)$, 合力作用线依然重合于两颗粒连心线, 方向指向颗粒B。现在简述 F_2 大小的具体求法: 我们可以在面 Π 上补充两个相互抵消的压应力 u_a 和 $-u_a$ (此时 $-u_a$ 成为面 Π 上的拉应力), 面 Π 上的 u_a 和面 Λ 上的 u_a 的合力为零(一个几何体在所有外边界上受均匀应力, 其合力为零), 而面 Π 上的 $-u_a$ 和面 Π 上的 u_w 之合力的大小就等于面 Λ 上的气压力 u_a 和面 Π 上的水压力 u_w 的合力大小 F_2 。 F_1 和 F_2 都是作用在所讨论的几何体(包括颗粒A和半个环状水)上的方向指向颗粒B且作用线与两颗粒连心线重合的力, 显然这两个力不是相互平衡的力(注: 受二力的物体要处于平衡, 此二力必须大小相等, 方向相反且作用在同一条直线上, 但这里所讨论的几何体不是只受两个力的作用), 所讨论的几何体要平衡, 颗粒B必须沿两颗粒连心线对其施加一向左的支持力, 用 N 表示其大小, 则必须满足 $N = F_1 + F_2$, 而 N 将形成土体中的一部分有效应力。

文1认为文2中假定 $\theta = 0^\circ$ 既不合理也没必要。对此回答如下:

其实, 文2的主要理论结果: 抗剪强度随基质吸力增大而增大且依赖关系呈非线性, 可以由毛细吸力和附加内压力引起的有效应力的组成部分 s 和基质吸力 $u_a - u_w$ 之间的增函数关系得到解释, 这一增函数关系不随 θ 的具体取值而变。文2为了具体画出一个反映抗剪强度随基质吸力增大而增大且依赖关系呈非线性的演示图(文2中图3), 就取了 $\theta = 0^\circ$ 。在水土气混合体系的研究中, 一般都取 $\theta = 0^\circ$ (参考文献略), 又由于考虑的是三相平衡的问题, 所以无雨点效应。

文1认为文2中假定 s 为空隙率 n 的线性函数是不合理的, 应该是非线性的。对此回答如下:

文2中假定 s 为空隙率 n 的线性函数, 是针对均匀球形颗粒土而言的, 对均匀球形颗粒土, 文2得到了式(22): $\tau_c = (\sigma - u_a) \tan \phi + s \tan \phi + c'$, 式(23): $\tau_c = (\sigma - u_a) \tan \phi + (u_a - u_w) \tan \phi + c'$, 其中 $\tan \phi = (-1.473n + 1.487) g_2 \tan \phi$, 和式(9): $s = (-1.473n + 1.487) g_2 (u_a - u_w)$ 。一般地来考虑, 当颗粒之间的环状水情况相同时, s 是随 n 的增大而减小的(孔隙率 n 的增大会导致土体单位面积截面上位于截面两侧的颗粒之间的接触点减少), 即 s 和 n 之间一定是减函数关系。至于 s 与 n 之间的这种依赖关系, 一般应该是非线性的, 但为了简单起见, 这里将其处理成线性的。理由在于: 这样做不影响土体抗剪强度随基质吸力增大而增大且依赖关系呈非线性这一重要规律的得出, 这是因为在 n 一定的情况下, 非饱和土的抗剪强度随基质吸力增大而增大的实验事实可由 s 随基质吸力的增大而增大得到解释, 而由式(9)可知: s 随基质吸力 $u_a - u_w$ 的增大而增大是由 $g_2(u_a - u_w)$ 与基质吸力之间的增函数关系所决定的(注: g_2 本身也是 $u_a - u_w$ 的函数)。也就是说, 由 n 在式(9)中的位置可以看出: s 和 n 之间的关系无论取为线性还是非线性, 当 n 一定时, s 与基质吸力 $u_a - u_w$ 之间的关系总是非线性增函数关系, 所以也就不会影响抗剪强度随基质吸力增大而增大且依赖关系呈非线性这一重要规律的得出。可见文2的线性简化处理是完全可以的, 这种做法不会抹杀文2所关心的问题之主要特征。

收稿日期: 2001- 12- 26

①作者简介同 1000- 4548(2002) 01- 0124- 02 一文。

我的几点补充意见

门福录

(中国地震局工程力学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150080)

中图分类号: TU 4

文献标识码: A

文章编号: 1000- 4548(2002) 01- 0127- 02

作者简介: 门福录(1935-), 男, 辽宁海城人, 研究员, 主要从事工程力学、土动力学、岩土工程等方面的研究。

限于篇幅, 笔者在文献[1]中对有些问题阐述得不够详明, 现拟作几点补充讨论如下, 供参考。

收稿日期: 2001- 09- 08

(1) 很明显, 对任何自然现象我们只有对其物理本质、发生机制及与其他周围事物的制约关系基本上有了清楚的了解和掌握之后, 才能恰当地建立起适当的数学物理方程或选择适当的数学方法和手段去做出定量的解答或解释, 各种数值预测、预报的方法才有充分的根据与把握。而诸如地震、天体陨落、洪水等等自然灾害为什么至今还无法准确预报, 就是我们还没有或无法完全掌握它们的上述物理基础问题。所以这时无论你采用什么样的数学工具也不会能真正完满地解决问题。很多岩土工程问题并不那么复杂, 我们虽然已经了解它们的物理机制但最主要的是与之相关联的岩土介质的原位及施工后的物理本构关系和力学性质及其与其他很多条件的制约关系, 这个物理问题还不能很好解决, 而起了解决性的制约作用。众所周知, 有限元法最初是在结构力学领域发展起来的。结构工程的材料性质比较均匀单一, 容易测定、调整、控制才显示出该法的优势。而岩土最难的问题就主要出在这里, 所以也就限制了有限元等现代数值方法对它的效用。土静力学中的 Coulomb, Rankine 土压力公式以及分层总和法的沉降计算公式等历经 1~2 个多世纪仍长久不衰和广泛应用, 就是它们基本掌握了问题的物理本质又采用了适当的简明数学方法。也就基本上解决了问题。当然它们也有些局限性, 主要还在于土性的测取上。

(2) 由于岩土材料的本身特点和多种影响因素使得我们无法详尽精确地得到它们的物理力学数据, 所以这方面的误差通常是较大的, 小至百分之几十, 大至百分之百或更多, 所以用这些数据进行工程验算的结果, 不管用多么精确的算法(其实很多算法也未必是完全精确的, 那么它本身又有些误差了)也会包含着至少与之同阶的误差。因此以前工程设计中必须采用一个安全系数去调控它, 以策安全。但是现在有些年轻作者对此似乎没有注意到, 例如有些人在边坡稳定分析中把稳定系数(抗滑力/滑动力)计算到 1.00, 1.01 即认为稳定, 而 0.99, 0.98 等即认为不稳定, 就是犯了这种错误。显然, 假如抗剪强度的测定值只有 10% 的误差(考虑到各种因素的影响, 这恐怕是最小的了), 滑动力无误差(其实土容重的值也有些误差), 那么稳定系数至少也将有同阶的 10% 的误差了。此时稳定系数只能在大于 1.1 时才能认为真正大于 1.0, 还没有包括应加的安全系数。此时稳定系数百分位上的数值更是没有意义的了。这

种百分式上精确到百位数的结果实是一种误导。如果抗剪强度的误差还要大, 那么稳定系数起点也要求更高了。

(3) 当前的各种不确定性的预测方法都是一种数学方法, 首先它不能解决物理基础问题, 其次它预测的结果和真正发生的结果可能完全不符, 只是一种猜测方法。现今的国内彩票活动就是一个鲜活生动的检验概率法的课堂。有人一期买彩票几十张, 几百张, 甚至几千张, 按概率论预测他中奖的概率应是只买 1 张的几十, 几百, 几千倍, 那么他显然应该优先中奖, 但是常有的情况是那位买 1 张的中奖了, 而他却没中奖。这就是用概率法预测不准的例证。其实概率论只适合于那种大数的情况, 即当 1 个人把那期所有可能的彩票数都买下(即概率达 100% 时)之后才能保证他得大奖, 否则他即使买了 90% 的彩票也不能保证一定得到大奖。由此可见, 用概率论预测的工程灾害, 特别是有关岩土、地质、地震、天体等方面的问题, 也不一定有什么实际价值。故此必须澄清工程设计人员的认识, 即按概率法所得到的破坏概率决不代表该工程的实际不安全度, 或换言之, 所得到的可靠度也决不代表该工程的实际安全度, 它们是两个根本不同的概念。一个是一种数学预测法的, 而另一个是物理本质上的。现在还有很多随机理论恐怕都是如此, 把我们还不能完全了解的事物都视为随机现象, 其实并不能解决实质问题。因为各种随机理论都做了不少人为的假定(过程, 函数, 方法, 规则和判据等), 本身就带进很多随意性和不确定性。迄今对最简单的随机现象, 如在几种多色球中首次摸出一个某色球来我们都做不到, 更复杂的随机现象(如果确实是随机现象的话, 比如某天交通事故数)我们又能做出什么较准确的预测呢?! 笔者不是否定这类方法, 只是希望把这类方法的实质搞清楚, 以免误导了很多。而外行人更是不知所以然而盲目相信, 以为破坏概率小的就一定比大的安全可靠了! 其实并不尽然! 我们应该把更多些注意力放在研究物理本质问题上, 然后再据此做出预测, 那才是较切实的。当然, 如果必须对现在尚不完全清楚其机理的某项事务做个预测, 那也只能采用这类方法了。

参考文献:

- [1] 门福录. 岩土力学研究观点、方法若干问题之我见[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(3): 380~382.

海峡两岸岩土工程 地工技术交流研讨会将在上海召开

由中国建筑业协会深基础工程分会、财团法人地工技术研究发展基金会共同主办的海峡两岸岩土工程、地工技术交流研讨会将于 2002 年 4 月在上海召开。会议组织委员会主席为许溶烈(大陆)、李建中(台湾), 学术委员会主席为刘建航(大陆)、郑文隆(台湾)。

会议主题为: ①城市地下工程; ②地下工程对环境的影响; ③废弃物处理技术; ④地质灾害案例分析; ⑤展望 21 世纪岩土工程问题。会前将出版论文集在海内外公开发售。

会议联系人:

王新杰: 中国地下铁道工程咨询公司(100037 北京阜外大

街 7 号国投大厦 409 室。电话 010-68095975, 传真 010-68095976)

桂业琨: 上海市基础工程公司(200002 上海江西中路 406 号。电话 021-63216183, 传真 021-63233908)

史佩栋、周群建: 杭州市勘测设计研究院

(310012 杭州莫干山路武林门新村 13 号。

电话 0571-88089465, 传真 0571-88842651)

台湾联系人从略。

(史佩栋 供稿)