

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