

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2016.04.003

基于 Geddes 解的取土器贯入引起的土体附加应力分析

吴跃东^{1,2}, 杨冬^{1,2}, 罗如平^{1,2}

(1. 河海大学岩土力学与堤坝工程教育部重点实验室, 江苏 南京 210098;

2. 河海大学岩土工程科学研究所, 江苏 南京 210098)

摘要: 为了研究取土器贯入引起的土体扰动及附加应力分布特性, 基于 Geddes 应力解, 分别得到取土器管内任意一点处土样由于端阻力及侧壁摩阻力引起的竖向附加应力解, 并通过数值方法对两者引起的管内土体附加竖向应力分布特性及取土器参数对其影响进行分析。计算结果表明: 在取土器贯入过程中, 端阻力的作用会引起土体产生一个由压应力转变为拉应力的过程, 且其拉压应力不随取土器直径、贯入深度的变化而变化; 增大取土器的直径能有效减少端阻力及侧壁摩阻力引起的轴线处土体的附加应力, 考虑两者的共同作用, 大直径取土器能较明显地提高取土样的质量。

关键词: 取土扰动; 附加应力; Geddes 应力解; 端阻力; 侧摩阻力

中图分类号: TU431

文献标志码: A

文章编号: 1000-1980(2016)04-0297-07

Analysis of additional stress of soil induced by penetration of soil samplers based on Geddes solution

WU Yuedong^{1,2}, YANG Dong¹, LUO Ruping¹

(1. Key Laboratory of Ministry of Education for Geomechanics and Embankment Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Geotechnical Research Institute, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to study the soil disturbance and distribution characteristics of the additional stress induced by the penetration of soil samplers, based on the Geddes solution, this study obtained the solution of the vertical additional stress of soil at any location in the soil sampler induced by the end resistance and side resistance, and analyzed the distribution characteristics of the vertical additional stress of soil in the soil sampler induced by the end resistance and side resistance and the influence of the sampler's parameters on the vertical additional stress of soil using a numerical method. The calculated results show that, during the penetration of soil samplers, the end resistance causes the compressive stress to change into the tensile stress in the soil, and the tensile stress does not vary with the soil sampler diameter and penetration depth. Increasing the diameter of the soil sampler can effectively reduce the additional stress of soil at the axis induced by the end resistance and side resistance, indicating that a larger-diameter soil sampler can significantly improve the quality of the soil sample in consideration of the effects of the end resistance and side resistance.

Key words: sampling disturbance; additional stress; Geddes's stress solution; end resistance; side resistance

在岩土工程勘察设计中土样物理力学参数的确定是一项最基础性的工作, 现场取土、室内取样、制样等环节都会影响土样的物理力学参数, 土样参数的准确与否直接关系到工程设计的好坏。然而在取土操作的各个环节中会不可避免地引起土样的扰动, 引起土样的物理力学性质发生较大改变^[1-4]。在实际工程全部费用分析中, 一般来说勘察费用只占总费用的 1%~2%, 在一些大型工程中, 勘察费用甚至只占总费用的

收稿日期: 2015-08-03

基金项目: 国家自然科学基金(51279049); 中央高校基本科研业务费项目(2014B04914)

作者简介: 吴跃东(1969—), 男, 福建云霄人, 教授, 博士, 主要从事岩土工程测试及软土地基处理研究。E-mail: hhuwyd@163.com

0.1%左右,而取土扰动引起的工程费用偏差达到30%左右,因此从经济性的角度考虑,加强对取土勘察工作的重视,研究取样过程中的土样扰动机理及规律,提高取样操作水平及精度是非常合理及必要的^[5]。取土扰动的影响因素相当复杂,既有人为操作造成的土样扰动,也存在着由于取样方法自身原因带来的不可避免的扰动,其中取土器贯入土体引起的附加应力就是一个重要的影响因素^[6]。

对于取土器贯入土体引起的附加扰动分析,国内外学者进行了一定研究。1987年 Baligh^[7]等基于 SPM (strain path method——应变路径法),把取土过程看做是无压缩变形、无黏滞性、无转动的液体沿不透水取土筒的流动过程,并在此假设下进行数值模拟,分析了取土器贯入引起的土体扰动。左文荣等^[8]根据半无限空间内球孔扩张产生的变形和应求解,推导出取土器贯入土体过程中产生的应变公式,分析了取土管中心线上土体单元应变变化及其影响因素。李家平等^[9]采用有限元法对取土器压入土体的过程进行了初步数值模拟,评价了该过程产生的扰动,并分析取土器参数对扰动程度的影响。

取土器贯入对土体的作用主要包括端部端阻力及侧壁摩阻力,其所引起的土体附加应力分布特性也是不同的,然而目前已有的理论研究主要将取土器贯入作用等价为一个单一的“扩孔”过程,鲜有对两者的影响效果进行分别分析的报道。为了研究取土器端阻力及侧壁摩阻力引起的管内土体附加应力的分布特性,本文在半无限空间内部作用竖向均布及集中荷载下的 Geddes 应力解的基础上,对其沿着取土器圆周方向进行积分,分别得到取土器管内任意一点处土样由于端阻力及侧壁摩阻力引起的竖向附加应力解,并通过数值积分的方法对两者引起的管内土体附加竖向应力分布特性及取土器参数对其影响进行分析。

1 半无限空间 Geddes 竖向应力解

Geddes 应力解目前广泛应用于桩基沉降及桩周土体附加应力分析^[10-12],它是在 Mindlin 应力解基础上通过沿着桩长深度方向积分而得到的用于求解在半无限弹性均质空间内由桩端阻力及桩周均布侧摩阻力引起的附加应力。图1为采用 Geddes 应力解计算桩周土体附加应力示意图(其中, P_b 为端阻力, P_r 为桩侧均布摩阻力, l 为桩长, z 为计算点离桩顶平面的竖向距离, r 为计算点距离桩轴线的水平距离)。

在端阻力及桩周均布侧摩阻力作用下桩周土体产生的附加应力^[10-12]为

$$\sigma_{zb} = \frac{P_b}{l^2} I_b \quad (1)$$

$$\sigma_{zr} = \frac{P_r}{l^2} I_r \quad (2)$$

$$\sigma_z = \sigma_{zb} + \sigma_{zr} \quad (3)$$

式中: σ_{zb} ——端阻力引起的土体竖向附加应力; σ_{zr} ——桩侧均布摩阻力引起的土体竖向附加应力; σ_z ——端阻力及均布侧摩阻力引起的土体竖向附加总应力; I_b ——桩端竖向附加应力系数; I_r ——桩侧摩阻力竖向附加应力系数。

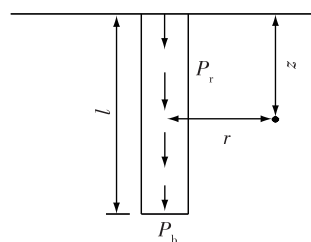


图1 桩周土体附加应力 Geddes 应力解示意图

Fig. 1 Sketch of additional stress of soil around pile based on Geddes's stress solution

2 取土器贯入引起的土体附加应力分析模型及附加应力解

2.1 土体附加应力分析模型

取土器贯入从严格意义上来讲为一种动态持续的贯入过程,但考虑到本文所建立的模型中土体为弹性均质材料,应力应变关系符合胡克定律,其最终附加应力场由最终状态下的荷载决定,因此为了分析方便,将动态过程准静态化,本文将取土器贯入过程中最终状态下的土体作为研究对象。

取土器贯入过程中对土体的作用力主要表现为取土器刃脚部的端阻力及侧壁摩阻力,如图2所示。在目前岩土取样实践中,多采用薄壁取土器,其取样效果较厚壁取土器有明显改善^[13]。对于薄壁取土器,其刃脚部对土体的

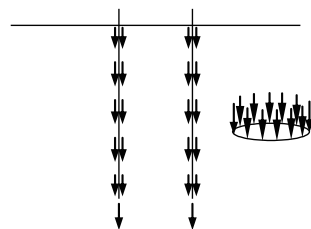


图2 取土器对土体作用力示意图

Fig. 2 Sketch of forces acting on soil exerted by soil sampler

作用力可以视为沿管壁周长方向的线荷载,另外由于单节取土管内土样物理力学性质基本一致,因此可以认为管壁摩阻力沿土样高度方向均匀分布。

取土器在贯入过程中对土体的荷载主要为竖向荷载,其所引起的土体附加应力主要为竖直方向应力 σ_z ,其余方向产生的应力可以忽略,关于这一点 Baligh 等^[7]也在其文章中进行了说明。鉴于此,本文主要研究取土器贯入过程中所引起的单元土体竖向附加应力的分布(下文中出现的附加应力如未特别说明,均指竖向附加应力)。

2.2 土体附加应力解

2.2.1 端阻力引起的土体附加应力解

对于取土器管内任意一点土体,其由端阻力所引起的附加应力为管周各个点处的端阻力所引起的附加应力之和,根据端阻力情况下的 Geddes 应力解,可得竖向附加应力为

$$\sigma_{zb} = \int \frac{P_b}{l^2} I_b(\rho, z) ds \quad (4)$$

式中: ρ ——计算点到管周任意点 P 的水平距离。

对于取土器管内轴线处某一深度处的土体,由于管周各个点处的端阻力距离轴线水平距离都为取土器半径 r ,所以式(4)中 $I_b(\rho, z)$ 为一常数,因此很容易对其积分得到其附加应力的解析解:

$$\sigma_{zb} = \frac{P_b}{l^2} I_b(r, z) 2\pi r \quad (5)$$

对于不在管轴线处的土体,由于管周各个点距离计算点的水平距离不是一定值,所以 $I_b(\rho, z)$ 并不为一常数,因此也很难对其积分得到其附加应力的解析解,只能通过数值积分的方法获得其附加应力解。

如图3(a)所示,管内某一深度处任一点土体 A ,其距离圆心的距离为 a ,与坐标轴的夹角为 θ_1 ,管上任一点 P 处端阻力与坐标轴的夹角为 θ_2 ,则由三角函数关系可知, P 点与 A 点之间的水平距离:

$$\rho = \sqrt{r^2 + a^2 - 2racos(\theta_2 - \theta_1)} \quad (6)$$

由对称性关系可知,管内距离管轴线水平距离为 a 的任一点,其由端阻力引起的附加应力均相等,因此为了计算简便,将 A 点移至坐标轴上距离轴线为 a 处的 B 点,

如图3(b)所示,此时计算点 B 与坐标轴的夹角 $\theta_1 = 0$,故此时管周上 P 点与 B 点之间的水平距离为

$$\rho = \sqrt{r^2 + a^2 - 2racos\theta_2} \quad (7)$$

所以在该种情况下管周端阻力引起的附加应力为

$$\sigma_{zb} = \int \frac{P_b}{l^2} I_b(\rho, z) ds = 2 \int_0^\pi \frac{P_b}{l^2} I_b(\sqrt{r^2 + a^2 - 2racos\theta}, z) r d\theta \quad (8)$$

对于式(8)的求解可以采用微元法进行。在 $0 \sim \pi$ 区间内,将 θ 进行 n 等分,每个微元段内,其所对应的圆心角 $\Delta\theta = \pi/n$,对应的端阻力 $P = (\pi/n)rP$,则在第 k 微元段内,中心与坐标轴的夹角 $\theta = (2k-1)/[2(\pi/n)]$,此时该微元段内端阻力所引起的单元土体附加应力为

$$\sigma'_{zb} = \frac{P_b}{l^2} I_b \left[\sqrt{r^2 + a^2 - 2racos\left(\frac{2k-1}{2} \frac{\pi}{n}\right)}, z \right] \frac{\pi}{n} r \quad (9)$$

将 $0 \sim 2\pi$ 区间内 $2n$ 个微元段进行累加,即可得到端阻力作用情况下单元土体的附加应力解:

$$\sigma_{zb} = 2 \sum_{k=1}^n \frac{P_b}{l^2} I_b \left[\sqrt{r^2 + a^2 - 2racos\left(\frac{2k-1}{2} \frac{\pi}{n}\right)}, z \right] \frac{\pi}{n} r \quad (10)$$

2.2.2 侧壁摩阻力引起的土体附加应力解

管壁与土体的摩阻力分为管外与管内2部分,由于薄壁取土器管壁的隔离作用,管外摩阻力难以引起管内土体的附加应力,因此对于管内土体,只考虑管内摩阻力引起的附加应力。与前述端阻力引起的附加应力分析类似,管内摩阻力引起的附加应力解如下:

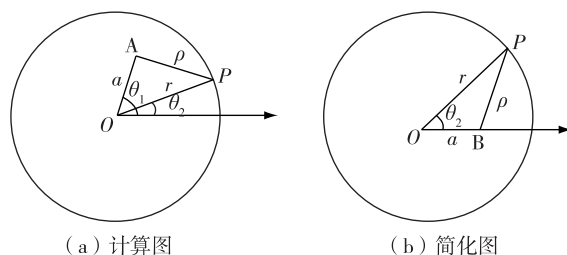


图3 非轴线处土体附加应力计算示意图

Fig. 3 Sketch of additional stress of soil at non-axis

计算点位于管内轴线处

$$\sigma_x = \frac{P_r}{l^2} I_r(r, z) \pi r \quad (11)$$

计算点位于管内其他位置

$$\sigma_x = \frac{P_r}{l^2} I_r \left[\sqrt{r^2 + a^2 - 2ra \cos \left(\frac{2k-1}{2} \frac{\pi}{n} \right)}, z \right] \frac{\pi}{n} r \quad (12)$$

3 取土器贯入引起的土体附加应力分析

3.1 取土器端阻力引起的土体附加应力分析

3.1.1 端阻力引起的管内土体附加应力分析

取土器贯入土体中,其端阻力的大小一方面与土体的颗粒组成、密实度等物理力学性质相关,另一方面还与取土器壁厚、刃脚角度、贯入深度等参数有关。为了便于研究,将沿管周均匀分布的端阻力 P_b 假定为单位线荷载。由于实际工程中较多采用直径为 0.075 m 的取土器,为了分析端阻力引起附加应力,按取土器直径 $D=0.075$ m、贯入深度 $l=0.5$ m、土体泊松比 $\nu=0.35$ 计算,管内土体轴线上的竖向附加应力如图 4 所示。

从图 4 可以看出,随着取土器的贯入,管内轴线处土体的附加应力经历了一个由压应力转变为拉应力的过程,这种应力变化过程与 Baligh 等^[7]、李家平等^[9]的结论一致。取土器贯入土体后,位于刃脚下部的土体首先受到压应力的作用,从刃脚部位开始由 0 逐渐增大,当深度比 $z/l=1.1$ 左右时土体的附加压应力达到最大值,之后随着深度比的增大,土体的附加应力逐渐减小。当 z/l 达到 2 时其附加应力已经很小,说明取土器贯入土体过程中由端阻力引起的竖向附加应力的影响范围大约为 2 倍的贯入深度。土体进入取土器后受到拉应力的作用,开始阶段土体所受到的拉应力不断增大,当 $z/l=0.9$ 左右时拉应力达到最大值,之后随着土体逐渐远离刃脚部位,其所受到的拉应力不断减小。

基于数值计算,获得了取土器贯入过程中土体中任意一点的附加应力解,通过 surfer[®] 软件的等值线绘图功能,用土体中附加应力除以单位端阻力,得到了取土器贯入过程中刃脚附近土体竖向附加应力等值线,如图 5 所示。值得说明的是,图 5 中附加应力为归一化应力,无量纲,为附加应力 σ_{zb} 除以 P_b 。从图 5 可以看出,由于取土器的贯入,在刃脚部位产生较大的应力集中现象,会对土样造成较大程度的扰动,所以为了尽可能地反映原状土的特性,尽量不采用刃脚部位的土体作为试验土样,以最大程度地保证土样的原状特性。

3.1.2 不同取土器参数下端阻力引起的管内土体附加应力分析

目前国内常用的敞口薄壁取土器直径分别为 0.05 m、0.075 m、0.1 m,为了研究在端阻力作用下取土器直径对土体附加应力的影响及大直径取土器的有效性,取直径 D 分别为 0.075 m、0.1 m、0.12 m 的 3 个取土器进行研究,贯入深度均为 $l=0.5$ m,对其管轴线处土体的附

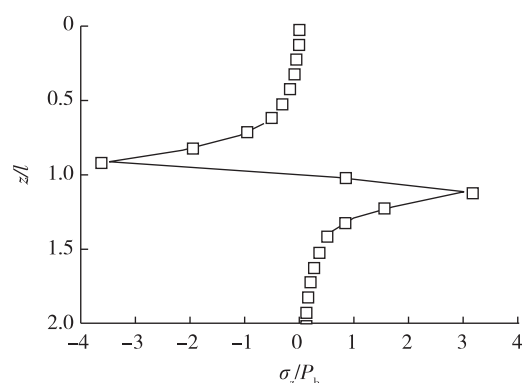


图 4 端阻力引起轴线处土体附加应力分布

Fig. 4 Distribution of additional stress of soil at axis induced by end resistance

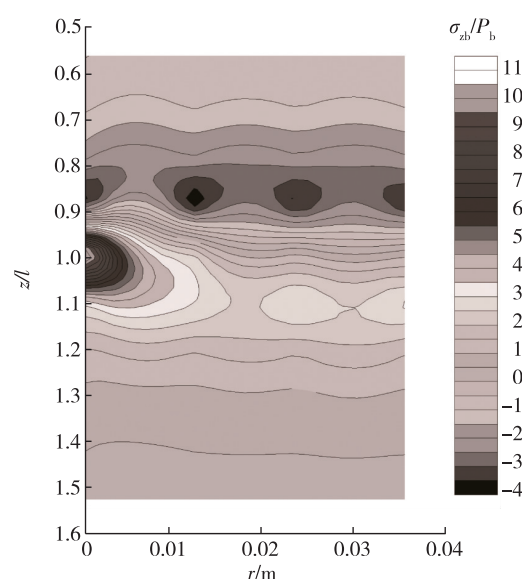


图 5 端阻力引起土体附加应力分布等值线

Fig. 5 Contours of additional stress of soil induced by end resistance

加应力进行分析。

图6为不同取土器直径下由端阻力引起的土体附加应力分布,可以看出,随着取土器直径的增大,管内土体由端阻力引起的附加应力不断减小,且其最大附加应力值显著下降,这是因为随着取土器直径的增大,轴线处的土体离刃脚部位距离不断增大,所引起的附加应力也就相应减小。因此若从减少土样扰动的角度的出发,采用直径越大的取土器,其取土效果越佳。

另外从图6还可以看出,对于3个不同直径的取土器来讲,由端阻力引起的最大附加拉-压应力均发生在 $z/l=0.9$ 和 1.1 附近,与取土器直径关系不大,这与Baligh等^[7]的结论有所不同。Baligh等认为土体的最大拉-压应力发生在 $Z/D=\pm 0.35$ 处,取土器直径越大,其最大应力部位深度有所增大,产生这种差别的原因可能是因为只考虑了端阻力的影响,若考虑摩阻力的影响,其最大应力点位置会有所加深。

3.2 取土器侧壁摩阻力引起的土体附加应力分析

3.2.1 侧壁均布摩阻力引起的管内土体附加应力分析

取土器侧壁摩阻力的大小一方面与土体的黏聚力 c 等物理力学特性有关,另一方面还与取土器侧壁光滑程度相关。为了研究侧壁摩阻力对土样附加应力的影响,将沿管周均匀分布的侧阻力假定为单位线荷载 P_s (1 kPa)。考虑到采用数值积分的方法进行计算,实际计算时 $P_r=r\Delta\theta lP_s$,本文中取 $\Delta\theta=5^\circ$,按 $D=0.075$ m、 $l=0.5$ m、 $\nu=0.35$ 计算。

管内土体轴线上附加应力如图7所示,在侧壁摩阻力作用下,管内土体产生较大的拉应力,且拉应力分布范围较大,在 $z/l=0.7$ 左右达到最大值。这是因为侧壁摩阻力的作用,在管轴处对土体形成一定的“拉拽”作用,从而使管内土体产生一定的附加拉应力。考虑到由摩阻力产生附加应力与端阻力产生的附加应力是同向的,因此这2种作用对土体的扰动影响是相互叠加的。

值得注意的是从图8还可以看出在管内最上部一定范围内土体产生了压应力作用,这可能是因为取土器侧壁对土样的“拉拽”作用主要影响在管内中下部位侧壁附近土体,其对于最上部土体的影响能力有限,在宏观上表现为侧壁摩阻力带动上部土体呈整体往下运动趋势,从而产生压应力的作用。由于取土器最终的附加应力由端阻力和侧壁摩阻力共同决定,考虑到摩阻力引起的土体附加应力分布特点,最终状态下管内土体不太可能出现Baligh等^[7]所提出的管内土体拉应变与刃脚下部土体压应变对称分布的情况,这一现象Clayton等^[14]、李家平等^[9]通过数值模拟结果也加以了证实。

图8为取土器贯入过程中,用土体附加应力除以单位侧壁摩阻力得到的管内土体由于侧壁摩阻力引起的附

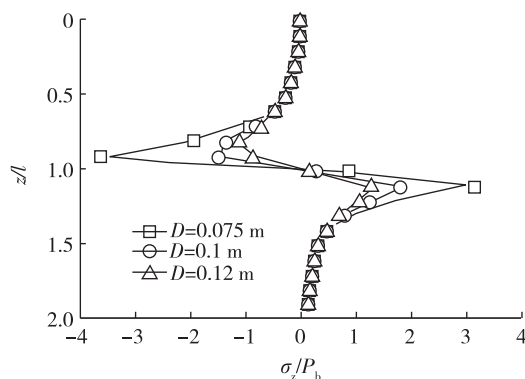


图6 不同直径下端阻力引起土体附加应力分布

Fig. 6 Distribution of additional stress of soil induced by end resistance with different diameters

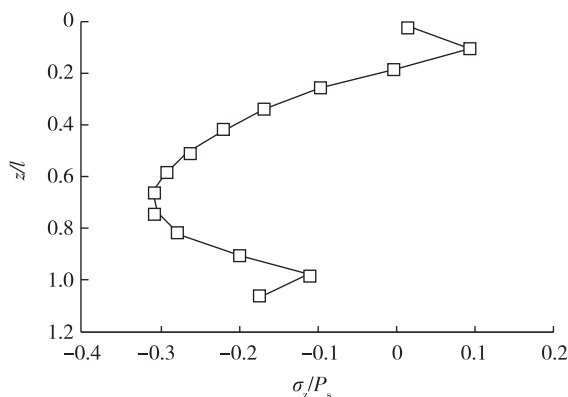


图7 侧壁摩阻力引起轴线处土体附加应力分布

Fig. 7 Distribution of additional stress at axis induced by side resistance

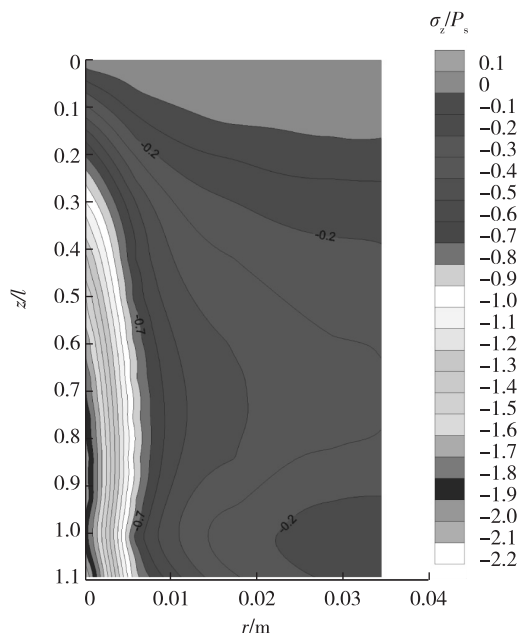


图8 侧壁摩阻力引起管内土体附加应力分布等值线

Fig. 8 Contours of additional stress of soil in sampler induced by side resistance

加应力等值线云图。同图5一样,其扰动应力为归一化应力,无量纲。从图8可以看出,由于取土器的贯入,在侧壁附近产生较大的拉应力,离侧壁越近,拉应力越大,且拉应力主要分布在取土器中下部位。取土器侧壁对管内土体的“拉拽”作用会对土样造成较大程度的扰动,所以为了尽可能地保证土样的原状特性,应尽量避免采用侧壁处的土样。

3.2.2 不同取土器参数下侧壁摩阻力引起的管内土体附加应力分析

为了研究在侧壁摩阻力作用下取土器直径对土体附加应力的影响,取直径 D 分别为0.075 m, 0.1 m, 0.12 m的3个取土器进行研究,其贯入深度均为 $l=0.5$ m,对其管轴线处土体的附加应力进行分析,不同取土器直径下侧摩阻力引起的土体附加应力分布如图9所示。

从图9可以看出,管内土体附加应力对取土器直径变化较为敏感,随着取土器直径的增大,管内轴线处土体附加应力不断减小,且下降幅度较大。这是因为随着取土器直径的增大,轴线处的土体离取土器侧壁距离不断增大,侧壁处的摩阻力对其影响程度越来越小,所引起的附加应力也就相应减小,因此从减小侧壁摩阻力对土样扰动的影响角度来讲,采用直径越大的取土器,其取土效果越佳。

同时从图9可以看出,取土器长径比越大,侧壁摩阻力对管内土体产生的附加应力就越大。尤其当长径比大约超过10时,侧壁摩阻力产生的附加应力有一个明显的增长,因此在采用大直径取土器的同时,取土器长径比不宜大于10。

另外从图9还可以看出,随着取土器直径的增大,管内土样的拉应力分布范围及峰值显著减小,当取土器直径 $D=0.12$ m时,管内土样压应力的分布范围及峰值已超过拉应力分布情况。这也再一次说明侧壁摩阻力对土样的“拉拽”作用主要分布在取土器中部侧壁附近,对于远离该区域的土样,其宏观上表现为带动土体整体往下运动,引起土体产生附加压应力。由于压应力作用会与端阻力产生的拉应力产生部分抵消效果,因此对于大直径取土器,其取土质量会有较明显的提高。国内外一些学者^[15-16]通过试验验证了这一结论,这也是国外较多采用大直径取土器的原因之一。

4 结 论

a. 取土器在贯入过程中,端阻力的作用会引起土体产生一个由压应力转变为拉应力的过程,且其拉应力峰值出现在深度比 $z/l=0.9$ 及1.1附近,且其位置不随取土器直径及其贯入深度的变化而变化。

b. 增大取土器的直径能有效减少端阻力及侧壁摩阻力引起的轴线处土体的附加应力,考虑两者的共同作用,大直径取土器能较明显地提高取土样的质量。

c. 取土器长径比对端阻力的影响效果不大,但能较明显地增大摩阻力引起的土体附加应力。为了保证土样的原状特性,不建议采用长径比大于10的取土器。

参考文献:

- [1] 高大钊,张少钦,姜安龙,等. 取样扰动对土的工程性质指标影响的试验研究[J]. 工程勘察, 2006(3): 6-10. (GAO Dazhao, ZHANG Shaoqin, JIANG Anlong, et al. The influence of sampling disturbance to soil engineering properties [J]. Geotechnical Investigation and Surveying, 2006(3): 6-10. (in Chinese))
- [2] SANTAGATA M C, GERMAINE J T. Sampling disturbance effects in normally consolidated clays [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2002, 128(12): 997-1006.
- [3] 黄斌. 扰动土及其量化指标[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [4] 夏素平, 周怀民, 王立伟. 扰动土研究现状及其评价标准[J]. 岩土工程界, 2006, 8(9): 38-39. (XIA Suping, ZHOU Huamin, WANG Liwei. The research status and evaluation standard of disturbed soil [J]. Geotechnical Engineering World, 2006, 8(9): 38-39. (in Chinese))

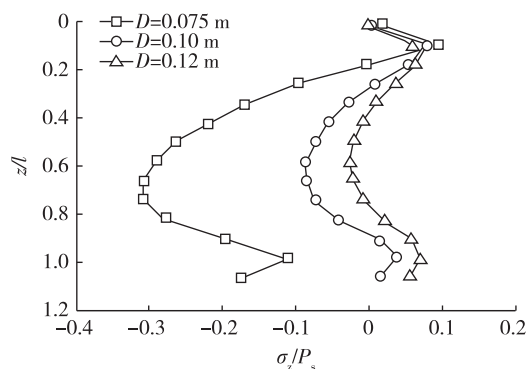


图9 不同取土器直径下侧摩阻力引起土体附加应力分布
Fig. 9 Distribution of additional stress induced by side resistance with different diameters of sampler

- [5] 吴跃东.高质量连续取土技术研究[J].岩土力学,2005,26(增刊1):275-278. (WU Yuedong. Research on high quality continuous sampling techniques [J]. Rock and Soil Mechanics, 2005,26(Sup1):275-278.(in Chinese))
- [6] 陈明星. 海南某港口勘察取样中取土扰动若干影响因素分析研究[D].北京:中国地质大学(北京),2010.
- [7] BALIGH M M, AZZOUZ A S, CHIN C T. Disturbances due to "ideal" tube sampling[J]. Journal of Geotechnical Engineering, 1987, 113(7): 739-757.
- [8] 左文荣,吴跃东,李治国,等. 取土器贯入土体引起土体扰动的理论分析[J]. 河海大学学报(自然科学版),2009,37(6): 702-706.(ZUO Wenrong, WU Yuedong, LI Zhiguo. Theoretical analysis of disturbance of soils caused by penetration of soil samplers[J] Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2009, 37(6): 702-706.(in Chinese))
- [9] 李家平,高大钊,李永盛. 取土器切入引起土体扰动的数值模拟分析[J].地质与勘探,2003(增刊2):113-118. (LI Jiaping, GAO Dazhao, LI Yongsheng. Numerical analysis of disturbance of soils caused by sampler penetration[J]. Geology and Prospecting, 2003 (Sup2): 113-118.(in Chinese))
- [10] 刘思思,江学良,李珍玉. 岩溶地基中超长桩承载力数值计算方法[J]. 水利水电科技进展,2013,33(1):27-32. (LIU Sisi, JIANG Xueliang, LI Zhenyu. Numerical calculation method of bearing capacity of ultra long piles in karst foundation[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2013,33(1):27-32.(in Chinese))
- [11] 吕亚茹,刘汉龙,王新泉,等. 现浇X形桩产生地基附加应力的修正[J]. 岩石力学与工程学报,2013,32(2):349-362. (LU Yaru, LIU Hanlong, WANG Xinquan, et al. The modification of additional stress on foundation induced by cast-in-site X-shaped pile[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Soil Engineering, 2013, 32(2): 349-362. (in Chinese))
- [12] 吕亚茹,刘汉龙,王新泉,等. 地基附加应力和桩基沉降计算的修正 Geddes 应力解[J]. 四川大学学报(工程科学版),2013,45(2):68-74. (LU Yaru, LIU Hanlong, WANG Xinquan, et al. A modified geddes solution for estimating induced stress coefficient of subsoil and settlement of pile foundation [J]. Journal of Sichuan University(Engineering Science Edition), 2013, 45(2): 68-74.(in Chinese))
- [13] 张俊杰. 宁波软土取样方法与土的物理力学指标研究[J]. 勘察科学技术,2014(3):1-5. (ZHANG Junjie. The analysis of soft soil sampling method and physics mechanics index of soil [J]. Site Investigation Science and Technology, 2014 (3): 1-5.(in Chinese))
- [14] CLAYTON C R I, SIDDIQUE A, HOPPER R J. Effects of sampler design on tube sampling disturbance: numerical and analytical investigations[J]. Geotechnique, 1998, 48(6): 847-867.
- [15] 姜安龙,高大钊. 取土器直径对取样扰动的影响分析[J]. 工程勘察,2002(4):13-14. (JIANG Anlong, GAO Dazhao. The influence of samplers diameter to soil disturbance[J]. Geotechnical Investigation and Surveying, 2002 (4): 13-14.(in Chinese))
- [16] MARIKA S, JOSEPH V S, JOHN T G. Laboratory simulation of field sampling: comparison with ideal sampling and field data [J] Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2006,132:351-362.

· 简讯 ·

河海大学2名教授入选第七届教育部科学技术委员会学部委员

2016年5月4日,教育部科学技术委员会(以下简称科技委)发布《教育部关于聘任第七届教育部科学技术委员会学部委员的通知》,河海大学2名教授入选,其中王超院士入选环境与土木水利学部委员、副主任,鞠平教授入选能源与交通学部委员。

本届科技委设13个学部,共计推选学部委员381名,由有关高校推荐,经教育部科技司各相关处结合工作职能精心遴选并通过科技委主任办公会讨论确定。各学部委员按相关学科领域进入学部,参加学部活动,履行学部委员职责,为高等学校、科研机构和社会的科技工作提供服务,为建设高等教育强国以及深入实施创新驱动发展战略、建设创新型国家提供有力支持。

(本刊编辑部供稿)