

静力触探试验在软土工程勘察中的应用研究

刘小罗

安徽华运设计咨询股份有限公司

摘要: 第四系淤泥及淤泥质黏土的力学参数具有空间随机分布和变异性等规律, 准确获取土体的强度参数是工程勘察的重要内容。静力触探试验作为应用最为广泛的原位测试方法之一, 在确定第四系软土不排水抗剪强度方面具有明显优势。本文依托安徽省某岩土工程勘察项目, 采用回归分析方法, 建立静力触探试验与室内试验中不同试验方法获取的不排水抗剪强度之间的相关关系, 研究成果表明, 随着净锥尖阻力的增加, 黏性土的不排水抗剪强度呈线性增加, 采用不同的理论圆锥系数能够较好地拟合室内试验不同方法获取的抗剪强度参数, 且理论圆锥系数范围在13.25~22.93之间, 拟合公式具有较强的实用性。

关键词: 双桥静力触探; 第四系黏性土; 软土; 不排水抗剪强度; 岩土工程勘察

引言

第四系黏性土层, 其特殊的沉积环境造成土体的物理学特征与一般的黏性土有所区别, 主要表现地表层往往分布广泛的淤泥及淤泥质黏土层, 而随着土层深度的增加, 黏性土与混合了粉土、粉砂等细颗粒, 造成土体的力学参数具有空间随机分布和变异性等规律, 因此, 准确获取土体的强度参数是工程勘察的重要内容^[1]。目前, 确定土体的强度指标, 常采用室内试验方法和原位测试方法, 由于淤泥及淤泥质黏土的强度较低, 且具有一定的结构性特征, 利用室内试验方法确定其不排水抗剪强度时, 需要对土体进行高质量取样, 且在运输和制备室内试样的过程中, 不可避免地对样品造成应力释放和扰动, 因此, 有试验表明, 室内试样确定的黏性土抗剪强度参数与实际情况存在较大差异^[2-4]。原位测试方法成为确定软土不排水抗剪强度的很重要途径, 而静力触探试验方法具有无需取样、保持土体的天然含水率、天然应力状态、操作方便、测试时间短、设备成熟、测试结果可靠等优点, 在安徽地区的土层中得到广泛应用。双桥静力触探试验是通过将带有传感器的探头以一定速率匀速贯入土层中, 获取锥头阻力和侧摩阻力参数, 以此推演土体的抗剪强度。本文依托安徽某岩土工程勘察, 采用回归分析方法, 建立静力触探试验与室内试验中不同试验方法获取的不排水抗剪强度之间的相关关系, 以表征两者之间的数理关系, 以达到工程经验总结以及提高室内试验精度的目的。

一、场区工程地质特征

根据本次工程地质测绘与调查、钻探原位测试、室内试验等, 拟建场地分布的主要地层为新近人工填积(Q^{m1})层、第四系全新统冲洪积(Q_{4^{al}})层、第四系全新统冲积(Q_{4^{pl}})层。

第四系全新统冲洪积(Q_{4^{al}})层主要为淤泥质黏土, 黄褐色、褐灰色, 可塑偏软状态, 无摇振反应, 切面较光滑, 干强度较高, 韧性高, 局部夹少量粉土、粉砂。其层厚4.00m左右, 埋深3.00m左右, 层顶标高18.45m左右。

第四系全新统冲积(Q_{4^{pl}})层主要为淤泥质粉质黏土, 灰褐色, 软~流塑状态, 富含有机质, 具流变性, 有腐臭味。其层厚1.20~17.80m, 埋深2.90~15.50m, 层顶标高5.61~17.44m。

二、静力触探现场测试成果

此次勘察为了便于测试成果的标准化, 采用双桥静力触探探头尺寸为: 探头直径35.70mm, 探头截面面积为10cm², 摩擦筒表面积为200cm², 锥角为60°。测试时, 贯入速率为2cm/s, 每贯入1cm采样锥尖阻力和侧摩阻力, 并换算成摩阻比。在测试深度范围内, 锥尖阻力与侧摩阻力变化表现出明显的分层特征, 在表层0~1.5m范围内分布为淤泥、淤泥质土, 锥尖阻力和侧摩阻力都脚线, 1.5~5m深度范围内, 主要分布为淤泥

质黏土, 锥尖阻力平均值月10MPa, 而侧摩阻力平均值约0.05 MPa; 在5~10 m范围内, 主要分布为淤泥质粉质黏土, 锥尖阻力和侧摩阻力起伏较小, 锥尖阻力约0.2 MPa, 而侧摩阻力约0.02 MPa, 类似地, 可以划分测试深度范围内的土层。

三、软土不排水抗剪强度的确定

对于贯入机理的原位测试方法, 可以采用统一的方程式描述土体的不排水抗剪强度, 如公式(1)所示:

$$S_u = (q_t - \sigma_{v0}) / N_{kt} \quad (1)$$

式中, S_u为不排水抗剪强度, 可以通过室内试验进行获取, q_t为锥尖阻力, σ_{v0}为上覆土压力, N_{kt}为理论圆锥系数。

从公式(1)可以看出, 可以采用室内试验获取的不排水抗剪强度与静力触探试验测试参数建立相关关系, 用于描述第四系软土的不排水抗剪强度, 其理论圆锥系数根据室内测试方法的不同而异。由于室内试验方法在取样过程和测试过程中的扰动, 本研究在场区内采取原状取样设备, 进行高质量取样方法, 并在试样运输过程中采取防震措施, 在室内试验分别进行直接剪切试验、固结快剪试验、三轴不固结不排水试验、三轴固结不排水试验。

研究表明, 无论何种室内测试结果得到的不排水抗剪强度, 其变化规律都表现在95%置信区间内呈条带状分布, 随着净锥尖阻力的增加, 第四系软土的不排水抗剪强度呈线性增加, 不同的测试方法, 其拟合理论圆锥系数有所不同, 范围在13.25~22.93之间。直接剪切试验、固结快剪试验、三轴不固结不排水试验、三轴固结不排水试验确定不排水抗剪强度与静力触探试验参数的相关关系分别如公式(2)~(5)所示。

$$S_u = (q_t - \sigma_{v0}) / 19.85 \quad (2)$$

$$S_u = (q_t - \sigma_{v0}) / 17.88 \quad (3)$$

$$S_u = (q_t - \sigma_{v0}) / 22.93 \quad (4)$$

$$S_u = (q_t - \sigma_{v0}) / 13.25 \quad (5)$$

四、结论

(1) 不同的室内试验方法获取的土体不排水抗剪强度与静力触探试验获取的净锥尖阻力之间具有良好的拟合关系, 其变化规律都表现在95%置信区间内呈条带状分布, 随着净锥尖阻力的增加, 第四系软土的不排水抗剪强度呈线性增加, 不同的测试方法, 其拟合理论圆锥系数有所不同, 范围在13.25~22.93之间。

(2) 依托安徽省岩土工程勘察, 采用直接剪切试验、固结快剪试验、三轴不固结不排水试验、三轴固结不排水试验确定不排水抗剪强度与静力触探试验参数的相关关系分别如公式(2)~(5)所示, 其相关关系具有较好的回归关系, 可提供较为实用的工程经验参考。

参考文献

[1] 马淑芝, 汤艳春, 孟高头等. 孔压静力触探测试机理方法及工程应用[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2007, (2): 21-24.

[2] POLOUS S J. The steady state of deformation [J]. Journal of Geotechnical Engineering Division ASCE, 1981, 107 (5): 553-562.

[3] 王钟琦. 我国的静力触探及动静触探的发展前景 [J]. 岩土工程学报, 2000, 22 (5): 517-522.

[4] 刘红军, 王虎, 张民生, 等. 波浪作用下黄河三角洲粉质土海床动力响应分析[J]. 岩土力学, 2013, 34 (7): 2065-2071.