

原位测试技术在句容某电厂软土地基勘察中的应用

张 涛¹,陈文伟²

(1. 江苏省电力公司检修分公司,江苏 南京 210049; 2. 河海大学土木与交通学院,江苏 南京 210098)

摘要:介绍孔压静力触探(CPTU)、十字板剪切试验两种原位测试技术在句容某电厂软土地基勘察工程中的应用。通过对比分析 CPTU 数据与其他原位测试技术如标准贯入试验、十字板剪切试验、波速测试试验数据之间的相关关系,对土层的物理力学性质进行全面的分析,明确了原位测试技术在软土勘察中的适用性。结果表明原位测试能更加客观地反映软土性质,为设计和施工提供全面、准确的岩土参数,可为今后相关工程的软土地基勘察工作提供借鉴。

关键词:原位测试;CPTU;十字板剪切试验;不排水抗剪强度

中图分类号:TU195+.3 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-7647(2014)S2-0045-03

软土具有天然含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低、透水性差等特性,这些特性直接影响工程施工进度和质量,因此有必要对其成因、特性、分布规律进行详细勘察,以便采用正确的处理方法,保障工程的顺利进行^[1]。原位测试技术能够在现场保持岩土体天然结构、天然应力状态等条件下测试岩土体工程力学性质指标,弥补了室内土工试验的局限性。因此,综合运用原位测试技术,并将测试结果与室内试验结果对比分析,使勘探资料得以相互验证与补充,可为设计和施工提供全面、准确的岩土参数。郭红梅等^[2]认为需要充分利用各种勘察手段,并对所得的成果进行综合分析。为弥补室内试验的原位性和尺寸效应等方面的不足,应注重开展原位测试工作。蔡国军等^[3]以连盐高速孔压静力触探(CPTU)试验场地为例,提出 CPTU 测试确定前期固结压力的方法。祝刘文等^[4]通过对比分析 CPTU 数据与其他原位测试技术如标准贯入试验、十字板剪切试验、波速测试试验数据之间的相关关系,就可以利用各种原位测试手段的优点对土层的物理力学性质进行更全面的分析。和室内固结试验相比,CPTU 具有可靠、省时、经济和连续的优点。由于孔压值对土层变化非常敏感,因而有助于准确划分土层类别,极大提高了测试精度,在软土地区工程建设中得到了日益广泛的研究和应用^[5-8]。李志宏^[9]认为在软土地区勘察除了要采用钻探技术进行勘察之外,还要结合一定数量的十字板剪切等原

位测试,并将原位测试与室内试验相结合,可以节省工程投资,缩短勘察周期。徐绪程^[10]认为十字板剪切强度最能真实地反映土在原位时的强度,且统计时变异系数小于 0.3,建议设计时对稳定性验算强度指标采用十字板剪切强度。

1 工程概况

江苏华电句容发电厂一期工程由中国华电集团及江苏电力发展股份有限公司合资建设,规划容量为 4 台 1 000 MW 级燃煤发电机组,一期工程建设 2 台 1 000 MW 级超临界燃煤机组,后续工程将根据电力市场需求进行扩建,继续建设大型高效环保的燃煤发电机组。本工程的建设定位于满足华东电网和江苏省用电需求。厂址位于句容市下蜀镇桥头村长江南岸的农田中。厂区北侧临江侧和南侧分别有长江新、老大堤保护,东侧为建华管桩厂,西侧为部队农场。勘测场地现主要为农田,地形较为平坦,地面高程一般在 2.69~3.80 m 之间。场地内灌溉沟渠较多,水系发育,交通条件便利,地貌单元主要属河漫滩。在初步勘察以及详细勘察阶段,多个路段及站点均发现有软土地基的存在,应引起足够的重视。本次主要试验仪器有十字板剪切试验仪、孔压静力触探试验仪和地质雷达试验仪,孔压静力触探试验在工程场地沿纵向布置钻孔,且位于钻探孔和十字板剪切试验孔附近,以便于分析比较。

2 原位测试技术成果分析

2.1 CPTU 试验成果分析

本次试验采用河海大学岩土所引进的美国 Hogentogler 多功能数字式车载 CPTU 系统,配备了最新的功能测试探头。探头规格符合国际标准:锥角 60°,锥底截面积为 10 cm²,侧壁摩擦筒表面积 150 cm²,透水石厚度 5 mm,位于锥肩位置。本次选取孔 87 为例分析 CPTU 的试验成果。

图 1 为孔 87 不同深度处的孔压消散时间关系曲线,图中 8.07 m 处孔压呈随时间增长逐渐减小到静水压力的消减过程,消散时间较短,综合分析可知该深度土质属于粉土范畴,由于超孔压消散较快,说明含砂量相对较大,因此可进一步定性该土质为砂质粉土。10 m 以下其他深度土层的孔压却表现出随时间增长而由负超孔压上升到静水压力的异常消散曲线,究其原因这是由于 10 m 以下的土质为砂性土,且密实度较高,钻头在快速钻进过程中砂土产生剪胀效应,导致砂土体积增大,进而产生负超孔压。同时,探头饱和效果不好也会对消散过程产生影响。

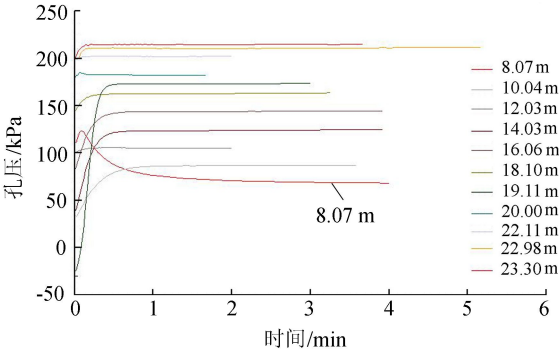


图 1 孔 87 不同孔深处孔压消散试验曲线

根据归一化消散曲线(图 2),查出 8.07 m 处土体孔压消散的 t_{50} 值为 $t_{50} = 18$ s。

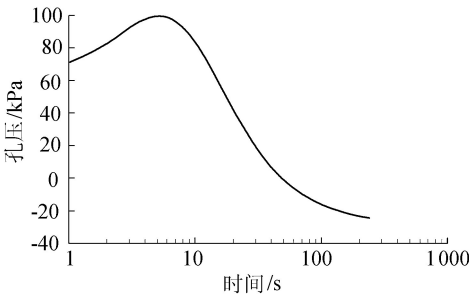


图 2 孔 87 孔压归一化消散曲线(孔深 8.07 m)

根据固结系数计算公式

$$C_h = \frac{T_{50} R^2}{t_{50} \sqrt{\frac{200}{I_r}}} \tag{1}$$

可以得到 $C_h = 4.88 \times 10^{-1} \text{ cm}^2/\text{s}$ 。

2.2 十字板剪切试验成果分析

为了与土层其他指标进行对比,试验孔布置在钻探孔或孔压静力触探孔附近。本次试验布置 7 个十字板试验孔。根据所测得数据,取平均值得出表 1。

表 1 抗剪强度及灵敏度平均值分层统计结果

土层序号	土层名称	原状土平均抗剪强度/kPa	扰动土平均抗剪强度/kPa	灵敏度平均值
②	粉质黏土	57.1	20.6	3.2
③	淤泥质粉质黏土	28.9	9.5	3.2
④	粉土夹粉质黏土	74.9	26	2.9

根据试验所得各土层的原状土抗剪强度 C_u 、扰动土抗剪强度 C'_u 、灵敏度 S_l ,第②层粉质黏土原状土抗剪强度 45.8 ~ 67.9 kPa,变化范围较小,反映土层性质较均匀;第③层淤泥质粉质黏土原状土抗剪强度 23.6 ~ 39.4 kPa,变化范围小,灵敏度 3.0 ~ 3.5,灵敏度偏小,分析认为该层土饱和,流塑,局部软塑,含云母,混腐殖物和少量螺壳等,局部夹少量薄层粉土或粉砂,具微层理,局部呈“千层饼”状,是由砂土搅动后强度下降不多引起的;第④粉土夹粉质黏土原状土抗剪强度 48.8 ~ 92.6 kPa,变化范围较大,反映土层性质不均匀,强度大的为粉土,强度小的为粉质黏土。

3 CPTU 估算不排水抗剪强度

目前工程上常用的测定不排水抗剪强度的方法有室内的直剪试验、三轴压缩试验、无侧限抗压强度试验以及现场原位测试(如十字板剪切试验、CPTU 试验)等,其中十字板剪切试验可直接测定饱和软黏土的不排水强度,而 CPTU 则是间接测试的方法,可采用经验方法估算不排水抗剪强度 C_u 值。

计算采用孔压校正的锥尖阻力估算:

$$C_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{KT}} \tag{2}$$

式中: N_{KT} 为经验半经验探头因数,一般可取 15 ~ 20,为保守起见,本次计算取 20; σ_{v0} 为上覆土层自重应力,kPa; q_t 为经孔压修正的锥尖阻力, $q_t = q_c + u_2(1 - a)$, a 取 0.8。

将计算结果与十字板剪切试验结果进行对比。选取深度 11 m 范围内土层对比分析不排水抗剪强度,并剔除 C_u 异常值,并分别将其余结果在同一试验深度处取平均值,见表 2。

根据表 2 可得各试验不排水抗剪强度 C_u 随深度 S 变化曲线,见图 3。

表2 不排水抗剪强度 C_u 平均值

测试深度/m	十字板剪切试验/kPa	CPTU 试验/kPa
3	25.8	18.4
4	22.0	18.0
5	21.6	15.4
6	25.9	23.0
7	21.7	24.0
8	29.2	25.1
9	44.0	33.7
10	50.3	56.5
11	64.6	78.2

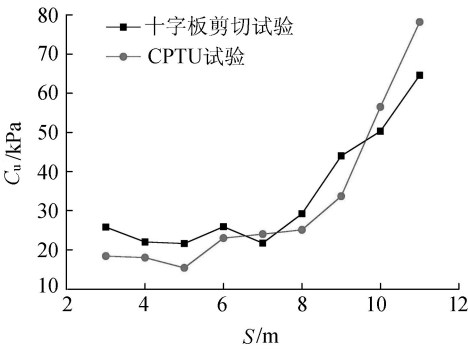


图3 不排水抗剪强度 C_u - S 曲线

从图3可以看出,CPTU 试验采用经验方法估算的不排水抗剪强度大致与十字板剪切试验所得结果一致。在工程勘察中采用两种技术之一即可得到不排水抗剪强度,可节约成本。当采用 CPTU 时建议采用经验公式法计算软土地基不排水抗剪强度,能够较为简便且真实、合理地反映软土地基的不排水抗剪强度,为工程设计提供较为准确的设计参数。

4 结 语

绘出静力触探锥尖阻力、侧壁摩阻力以及摩阻比随深度变化的曲线及孔压时间消散曲线,由孔压静力触探试验参数进行了土类划分,并结合孔压变化情况,判断出各土层含砂量大小,进一步判断出各土层土质情况。根据归一化消散曲线,可得出相应深度处土体孔压消散的 t_{50} 值及相应土体的固结系数和渗透系数。

根据十字板剪切试验数据,获得了句容某电厂软土地基各分层原状土与重塑土的不排水抗剪强度及灵敏度,同时可对土层做进一步的划分,为工程设计提供更为准确的土性参数。

根据对两种原位测试技术所得不排水抗剪强度进行对比分析,得出两者相关性较好的结论。在没有采用十字板剪切试验进行地基勘察的工程,可直接根据 CPTU 所得不排水抗剪强度进行设计计算。当同时采用这两种技术时,可根据自身所得抗剪强度,并将两者结果进行对比分析,相互验证,可在一

定程度上减小勘察时出现的操作误差与试验误差。针对句容地区某电厂软土不排水抗剪强度,建议采用经验公式法计算软土地基不排水抗剪强度,能够较为简便且真实、合理地反映软土地基的不排水抗剪强度,快捷而有效地为工程设计和施工提供可靠的参数。

参考文献:

[1] 白冰,肖宏彬. 软土工程若干理论与应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002:1-2.

[2] 郭红梅,马培贤. 北京地铁勘察的基本特点及工程地质问题分析[J]. 西部探矿工程,2008(12): 188-189.

[3] 蔡国军,刘松玉,童立元,等. 多功能孔压静力触探(CPTU)试验研究[J]. 工程勘察,2007(3):10-15.

[4] 祝刘文,杜宇. CPTU 数据与其它原位测试试验的相关性分析[J]. 水运工程,2013(7): 22-25.

[5] 张诚厚,施健,戴济群. 孔压静力触探试验的应用[J]. 岩土工程学报,1997(19): 50-57.

[6] 黄康理,张诚厚. 利用孔压静力触探(CPTU)测定宁波软黏土的固结系数[J]. 水利水运科学研究,1997(4): 358-365.

[7] 徐华. 孔压静力触探在上海地区的应用[J]. 岩土工程技术,1999,26(4):846-852.

[8] 姬付全,经绯,刘志彬,等. 孔压静力触探(CPTU)确定地基土压缩模量方法研究[J]. 工程地质学报,2011(6): 882-886.

[9] 李志宏. 原位测试手段在工程地质勘查中的综合应用[J]. 广东交通职业技术学院学报,2006(5):14-16.

[10] 徐绪程. 浅议软土勘察中关键指标的分析评价[J]. 中小企业管理与科技,2010(2):131.

(收稿日期:2014 - 10 - 07 编辑:骆超)

