

关于软土地层基坑支护的优化设计

季郑杰

安徽省地质矿产勘查局327地质队

摘要: 软土地层的基坑支护设计一直是一个比较难处理的工程问题, 本文从软土层参数的获取, 支护结构的设计等方面对软土地层的基坑支护设计方案提供了思路和建议。

关键词: 软土; 重力式挡墙; 十字板剪切试验

一、工程概况

拟建工程位于安徽省安庆市迎江区, 为一待建小区, 该小区为一层地下车库, 采用桩基础, 总建筑面积173207m²。基坑开挖深度最深为5.35m。基坑安全等级为二级。

二、工程和地质条件

场地工程地质条件根据勘察报告土层主要分以下几层:

①层杂填土②层粉砂③层淤泥质粉质黏土。

设计方案选择

本工程基坑深度虽然较浅最深为5.35m, 但是整个场地均分布有较厚的软土层, 最厚厚度为18.6m, 是影响基坑设计方案选择最主要的因素。由于软土具有触变性、流变性、高压压缩性和低强度等特性, 对荷载影响敏感, 承载力很低, 根据勘察报告显示③层淤泥质粉质黏土呈流塑状, 其土层参数重度 $\gamma=17.5\text{kN/m}^3$, 粘聚力 $C=7.4\text{kPa}$, 内摩擦角 $=5.1^\circ$, 所以综合以上情况结合建设方对工程造价和工期的要求, 考虑各种基坑支护方式, 最终本工程选择了水泥土搅拌桩重力式挡墙结合坑内土加固的支护方案。搅拌桩的支护方案和其他支护体系相比有如下的优点:

(1) 造价较低, 根据相关资料和工程实例显示在同等条件下使用水泥土搅拌桩的支护型式的造价相当于地下连续墙的1/4, 钻孔灌注桩的1/3。造价优势较大。

(2) 隔水防渗性能较好, 且水泥土搅拌桩的支护结构既可以作为止水帷幕又可以作为支护结构使用, 也节省了单独做止水帷幕的造价。

(3) 施工工期较短, 目前使用的桩机每天成桩长度约为300m以上, 能有效缩短工期。

(4) 基坑变形较小, 由于坑内坑外的土体都进行了加固, 增强了土体的力学性质, 且水泥土搅拌桩作为止水帷幕最大程度减小了地下水对基坑的影响, 所以基坑稳定性较好, 且施工无震动, 对周边建筑影响也较小。

三、支护方案设计和优化

根据勘察报告提供的参数采用理正深基坑支护结构设计软件对基坑支护方案进行了计算, 对于1-1剖面, 基坑深度4.65m, 桩长按20m计算, 结果显示基坑整体稳定性安全系数为1.11, 结果不满足规范要求。计算结果明显不符合当地工程经验。由于地质条件是影响基坑的稳定性最主要因素, 经过分析可以确定以上问题主要由③层淤泥质粉质黏土的岩土力学参数取值过低导致。由于软土具有触变性, 当原状土受到震动和扰动时土体的强度会大幅度降低, ③层淤泥质粉质黏土在钻探取样和运输的过程中有可能会受到扰动从而导致其抗剪强度降低, 为了准确的确定软土的抗剪强度, 采用原位测试的实验方法能排除各种外界因素对取样试验的影响, 所以我方要求建设方进行十字板剪切试验, 确定软土层的准确抗剪强度参数, 本项目试验方在场地布置了6个试验孔, 最大试验深度12m, 通过现场十字板剪切试验, 测得了原应力条件下软土的不排水抗剪强度 C_u 值。在基坑支护设计中一般使用土体的抗剪强度指标为粘聚力 C 和内摩擦角 ϕ 值, 十字板剪切试验的数据成果无法直接在基坑设计中使用, 必须对十字板剪切强度指标进行回归分析, 这里采用《港口工程地基规范》(JTS 147-1-2010)中的

计算方法进行数据处理。具体计算方法如下:

$$\mu_z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \quad \mu_{c_u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{u_i}$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n z_i c_{u_i} - n \mu_z \mu_{c_u}}{\sum_{i=1}^n (z_i - \mu_z)^2} \quad b = \mu_{c_u} - a \mu_z$$

已知十字板高度 $H=100\text{mm}$, 十字板直径 $D=50\text{mm}$, $\gamma'=7.5\text{kN/m}^3$, 和 C_u 值代入以上公式得出土的不排水抗剪强度指标 C 、 ϕ 值如下表:

表1 土层 C 、 ϕ 计算结果

点号	1	2	3	4	5	6
C (kPa)	11.6	8.6	15.6	11.9	21.3	19.1
ϕ (度)	13.5	17.7	17	15.7	7.2	12

根据《岩土工程勘察规范》GB50021-2001(2009年版)最终可得抗剪强度指标 C 、 ϕ 的标准值分别为 $C=10.67\text{kPa}$, $\phi=10.63^\circ$ 。

四、方案验算和对比

最终本项目软土的抗剪强度参数采用 $C=10.0$, $\phi=8.0$ 进行基坑支护设计计算。为了验证参数的选取是否合理, 本项目分别采用理正深基坑支护结构设计软件和同济启明星深基坑支护结构设计软件对基坑进行了计算, 对计算剖面设计桩长14m, 水泥土搅拌桩7排, 坑内加固土宽度3.7m, 深度4m, 两个软件的计算结果如下图

表2 计算结果统计表

	位移 (mm)	弯矩 (KNm)	整体稳定	抗倾覆
启明星8.2	16.4	569.5	1.33	1.39
理正7.0PB5	13.85	631.4	1.33	1.49

两个软件的计算结果均满足规范要求。本项目根据规范要求进行了变形监测, 变形监测结果显示该剖面最终坡顶水平位移为15.9mm, 本项目启明星的计算结果更接近实际。通过变形监测的成果和软件的计算结果也验证了通过十字板剪切试验取得的试验成果通过回归计算求出的粘聚力 C 和内摩擦角 ϕ 值具有实用价值符合本工程实际情况, 本项目通过优化设计最终形成的设计方案满足规范要求, 做到了安全合理和经济。

五、结论

1、对于软土层较厚的基坑, 水泥土搅拌桩重力式挡墙经济安全稳定兼顾止水功效是一种比较合理的支护型式。

2、对具有较厚软土层的基坑可采用十字板剪切试验等现场试验手段对勘察报告中的土层参数进行验证, 十字板剪切试验取得的土层抗剪强度值可采用相关规范中的换算公式换算成基坑设计中使用的 C 、 ϕ 值, 换算结果具有参考性, 折减后可用于设计计算。对软土砂土等土层的勘察取样建议结合荷载试验、十字板剪切试验旁压试验等现场试验把外界因素对土样的影响降到最小, 确保土层参数的准确性。

参考文献

[1] 常士骝, 张苏民. 工程地质手册(第四版) [M]. 中国建筑工业出版社, 2007. 2.