

软土基坑支护^{*}

冯耀东

(广东工业大学建筑设计研究院结构所, 广东 广州510090)

摘要: 根据国家及地方相关规范以及场地地质勘察资料, 设计了开挖深度为 5.70 m 的淤泥质基坑的钻孔灌注桩支护, 坑壁止水问题由桩间旋喷水泥浆解决。具体计算了桩的基坑的内外侧最大弯矩, 最大剪力, 桩的配筋, 桩顶位移, 以及基坑的整体抗滑稳定性和抗倾覆稳定性。目前基础施工已顺利完工, 表明本设计已取得成功, 并且较好地实现了安全与经济指标的统一。

关键词: 淤泥质基坑; 钻孔灌注桩; 支护

中图分类号: U412 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) S1-0193-04

深基坑支护设计与施工城市基本建设工程中的重要问题, 也是岩土力学中比较复杂和困难的问题。随着我国高层建筑的高速发展, 地下空间的充分利用, 目前基坑深度已深达二三十米, 由于支护工程失误导致经济上的重大损失和建筑工期重大延误的事故时有发生。因此, 如何保证深基坑支护工程既安全可靠又经济合理, 是城市建设中的迫切课题。本文根据国家及地方相关规范以及场地地质勘察资料, 设计了开挖深度为 5.70 m 的淤泥质基坑的钻孔灌注桩支护, 桩间采用旋喷中摆喷水泥浆止水, 具体计算了桩的基坑德内外侧最大弯矩, 最大剪力, 桩的配筋, 桩顶位移, 以及基坑的整体抗滑稳定性和抗倾覆稳定性。目前基础施工已顺利完工, 表明本设计已取得成功, 并且较好地实现了安全与经济指标的统一^[1-6]。

1 工程概况

本工程为地上 16 层, 地下 1 层的框架结构住宅楼, 地下室地面标高为 -5.00 m, 长 65.00 m, 宽 29.00 m。基坑实际开挖深度约为 5.70 m。工程地质地层由上至下分布依次为:

(1) 人工填土: 场区内人工堆积为杂填土, 杂色, 灰色, 湿, 松散状, 由粉质粘土, 砖, 混凝土块等组成, 厚度为 0.50~3.00 m;

(2) 海陆混合堆积淤泥: 灰黑色, 饱和, 流塑状, 粘性好, 含较多腐殖质粉细砂, 下含较多贝壳, 顶面埋深 0.50~3.00 m, 厚度为 9.50~19.80 m, 含水量 $W=75.79\%$, 重度 $\gamma=14.60 \text{ kN/m}^3$, 粘聚力 $C=6.30 \text{ kN/m}^2$, 内摩擦角 $\phi=6.0^\circ$;

(3) 强风化岩带: 顶面埋深 10.80~22.60 m, 岩芯呈半岩半土状, 属极软岩;

(4) 中风化岩: 顶面埋深 11.80~28.60 m, 岩芯呈长一短柱状, 多属极软岩, 局部软岩, 锤击声哑, 裂隙发育;

(5) 微风化岩: 顶面埋深 17.20~30.30 m, 岩芯呈长一短柱状, 属较软岩, 锤击声不脆。

水文地质状况: 勘察期间场地地下水埋深介于 0.20~0.50 m 之间。由土层分布分析, 人工填土中储藏一定量上层滞水, 堆积淤泥层属隔水层, 地下水主要补给来源是降水。地下水对混凝土无侵蚀性, 基坑坑底位于地下水位之下。因此, 基坑支护方案需考虑排水和止水。

2 基坑支护结构的选型

根据建筑工程要求, 本基坑实际开挖深度约为 5.70 m, 由场地地质资料及周边建筑的情况和现有施工条件, 经过详尽的支护方案论证, 包括单排和双排钻孔灌注桩, 地下连续墙, 人工挖孔桩, 水泥土墙及土钉墙等常用方案的综合分析, 本基坑支护方案采用桩径 1.00 m, 桩距 1.10 m 的单排密排钻孔灌注桩, 且桩间采用旋喷水泥浆止水。

3 计算分析

实现基坑支护工程既安全可靠又经济合理目标的关键是进行科学计算分析。根据地质勘察资料及场地周边建筑物情况, 本工程将基坑坑壁划分为三个区段。按照国家建设部《建筑基坑支护技术规程》(1), 广东省标准《建筑基坑支护工程技术规

* 收稿日期: 2005-04-02

作者简介: 冯耀东 (1969 年生), 男, 工程师; E-mail: ydfeng@163.com

程》(2), 广东省标准《建筑地基基础设计规范》(3), 广州市标准《广州地区建筑基坑支护技术规定》及有关著作, 三个区段的基坑支护设计分别如下:

3.1 I 区段
(1) 土层参数 (3 层土)。
根据地质勘察报告, 各土层参数选取如表 1。

表 1 土层参数
Tah 1 Parameters of the layers of soil

层号	土类名称	层厚 (m)	重度 (kN/m ³)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	被动土压力最大值 (kPa)
1	杂填土	2.00	20.0	10.00	15.00	10000.000
2	淤泥	16.60	14.6	6.30	6.00	10000.000
3	中风化岩	19.50	21.5	250.00	40.00	10000.000

各土层的水压力, 主动土压力, 被动土压力调整系数及基坑坑壁重要性系数均取为 1.000。

分段数为 1, 长度为 22.2 m。配筋方案如表 3。

表 3 配筋方案
Tah 3 Used the reinforcement of the piles

选筋类型	级别	钢筋实配值	实配 (计算) 面积 (mm ² 或 mm ² /m ²)
纵筋	HRB335	16D20	5027 (4172)
箍筋	HPB235	d8 @200	251 (—1277)
加强箍筋	HRB335	D14 @2000	154

(2) 结构计算。
场地地质勘察资料显示, 钻孔灌注桩嵌固深度至少须取为 18.90 m。桩顶标高定义为 0.00 m。混凝土强度取为 C25, 冠梁宽度和高度分别取为 1.00 m 和 0.80 m, 水平测向刚度为 9.956 MN/m。

(3) 稳定性验算。
基坑整体抗滑稳定性验算采用瑞典条分法, 土条宽度取为 0.40 m。计算结果: 圆弧划裂面半径为 $R = 27.92\text{ m}$, 圆心坐标 (m) 为 (—0.03, 11.85), 整体稳定安全系数 $K_z = 10.22$ 。

用增量法计算桩的内力, 弯矩折减系数为 0.85, 剪力折减系数为 1.00, 荷载分项系数为 1.25。结果如表 2。

表 2 桩的内力
Tah 2 Internal forces of piles

内力类型	内力 计算值	内力 设计值	内力 实用值
基坑内侧最大弯矩 (kN·m)	269.56	286.41	286.41
基坑外侧最大弯矩 (kN·m)	268.22	284.98	284.98
最大剪力 (kN)	168.30	210.37	210.37

基坑抗倾覆稳定性系数 $K_s = \frac{M_p}{M_a} = 1.42 >$

1.20, 满足规范要求。其中, M_p 是被动土压力及锚杆力对桩底的弯矩, 这里的锚杆力由等值梁法求得; M_a 是主动土压力对桩底的弯矩。

桩顶位移为 9.26 cm。
根据内力计算结果选择桩的截面参数及配筋: 桩均匀配筋, 混凝土保护层厚度为 20 mm, 配筋

3.2 II 区段
(1) 土层参数 (3 层土)。
根据地质勘察报告, 各土层参数选取如表 4。

表 4 土层参数
Tah 4 Parameters of the layers of soil

层号	土类名称	层厚 (m)	重度 (kN/m ³)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	被动土压力最大值 (kPa)
1	杂填土	2.70	20.0	10.00	15.00	10000.000
2	淤泥	18.70	14.6	6.30	6.00	10000.000
3	中风化岩	9.50	21.5	250.00	40.00	10000.000

各土层的水压力, 主动土压力, 被动土压力调整系数及基坑册壁重要性系数均取为 1.000。

1.00 m 和 0.80 m, 水平测向刚度为 9.956 MN/m。

(2) 结构计算。
钻孔灌注桩嵌固深度为 21.70 m, 庄顶标高为 0.00 m 混凝土强度为 C25, 冠梁宽度和高度分别为

用增量法计算桩的内力, 弯矩折减系数为 0.85, 剪力折减系数为 1.00, 荷载分项系数为 1.25。结果如表 5。

表 5 桩的内力

Tab. 5 Internal forces of piles

内力类型	内力 计算值	内力 设计值	内力 实用值
基坑内侧最大弯矩(kN m)	293 22	311. 55	311. 55
基坑外侧最大弯矩(kN m)	282 57	300 23	300 23
最大剪力 (kN)	178 38	222 98	228 98

桩顶位移为 8. 72 cm。

根据内力计算结果选择桩的截面参数及配筋：桩均匀配筋，混凝土保护层厚度为 20 mm，配筋分段数为 1，长度为 25. 20 m。配筋方案如表 6。

表 6 配筋方案

Tab. 6 Used the reinforment of the piles

选筋类型	级别	钢筋实配值	实配 (计算) 面积 (mm ² 或 mm ² / m ²)
纵筋	HRB335	16D20	5027 (4172)
箍筋	HPB235	d8 @200	251 (- 1277)
加强箍筋	HRB335	D14 @2000	154

表 7 土层参数

Tah 7 Parameters of the layers of soil

层号	土类名称	层厚 (m)	重度 (kN/m ³)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	被动土压力最大值 (kPa)
1	杂填土	1. 20	20 0	10 00	15. 00	10000 000
2	淤泥	9. 80	14 6	6 30	6 00	10000 000
3	中风化岩	5. 20	21 5	250 00	40 00	10000 000

各土层的水压力，主动土压力，被动土压力调整系数及基坑册壁重要性系数均取为 1. 000。

(2) 结构计算。

钻孔灌注桩嵌固深度为 16. 50 m，庄顶标高为 0. 00 m 混凝土强度为 C25，冠梁宽度和高度分别为 1. 00 m 和 0. 80 m，水平测向刚度为 9. 956 MN/ m。

用增量法计算桩的内力，弯矩折减系数为 0. 85，剪力折减系数为 1. 00，荷载分项系数为 1. 25。结果如表 8。

表 8 桩的内力

Tab. 8 Internal forces of piles

内力类型	内力 计算值	内力 设计值	内力 实用值
基坑内侧最大弯矩(kN m)	273 85	290 97	290 97
基坑外侧最大弯矩(kN m)	271 73	288 71	288 71
最大剪力 (kN)	1698 59	211. 99	211. 99

桩顶位移为 8. 17cm。

根据内力计算结果选择桩的截面参数及配筋：桩均匀配筋，混凝土保护层厚度为 20 mm，配筋

(3) 稳定性验算。

基坑整体抗滑稳定性验算采用瑞典条分法，土条宽度取为 0. 40 m。计算结果：圆弧划裂面半径为 $R = 27. 92\text{ m}$ ，圆心坐标 (m) 为 (- 0. 35, 13. 88)，整体稳定安全系数 $K_s = 10. 03$ 。

基坑抗倾覆稳定性系数 $K_s = \frac{M_p}{M_a} = 1. 52 >$

1. 20，满足规范要求。其中， M_p 是被动土压力及锚杆力对桩底的弯矩，这里的锚杆力由等值梁法求得； M_a 是主动土压力对桩底的弯矩。

3. 3 III区段

(1) 土层参数 (3 层土)。

根据地质勘察报告，各土层参数选取如表 7。

分段数为 1，长度为 22. 20 m。配筋方案如表 9。

表 9 配筋方案

Tab. 9 Used the reinforment of the piles

选筋类型	级别	钢筋实配值	实配 (计算) 面积 (mm ² 或 mm ² / m ²)
纵筋	HRB335	16D20	5027 (4172)
箍筋	HPB235	d8 @200	251 (- 1277)
加强箍筋	HRB335	D14 @2000	154

(3) 稳定性验算。

基坑整体抗滑稳定性验算采用瑞典条分法，土条宽度取为 0. 40 m。计算结果：圆弧划裂面半径为 $R = 27. 92\text{ m}$ ，圆心坐标 (m) 为 (- 0. 03, 11. 85)，整体稳定安全系数 $K_s = 10. 22$ 。

基坑抗倾覆稳定性系数 $K_s = \frac{M_p}{M_a} = 1. 42 >$

1. 20，满足规范要求。其中， M_p 是被动土压力及锚杆力对桩底的弯矩，这里的锚杆力由等值梁法求得； M_a 是主动土压力对桩底的弯矩。

4 结 语

本基坑支护方案是经双排钻孔灌注桩，地下连续墙，单排桩加坑底内钻孔桩加固等多个方案比较遴选产生。现场施工情况表明，本方案是成功的，它给业主节省了大量投资。这一成功经验值得类似工程借鉴。

参考文献：

[1] 国家建设部. 建筑基坑支护技术规程, JGJ120—99[S] .

[2] 广东省标准. 建筑基坑支护工程技术规程, GBJ/ 15—20—97[S] .
[3] 广东省标准. 建筑地基基础设计规范, DBJ/ 15—31—2003[S] .
[4] 广州市标准. 广州地区建筑基坑支护技术规定, GJB02—98[S] .
[5] 陈希哲. 土力学地基基础[M] . 北京: 清华大学出版社, 2000.
[6] 余志成, 施文华. 深基坑支护设计与施工[M] . 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.

Retaining and Protecting for The Soft Soil Foundation Excavation

FENG Yao dong

(Structural Institute of Architectural Design and Research of University
of Guang Dong Industry, Guangzhou 510090, China)

Abstract: Acoording to the related standards of China and locality , and the material of the geological prospecting of the site, retaining and protecting for the foundation excavation of silt which is 5. 70 feet deep with drill—pour—piles is designed. The problem of the water—seal for the foundation excavation wall is solved with revolve—spurt cement mortar between the piles. The maximum bending moment and shear for the inter outer of foundation excavation, and used the reinfoment quantity of the piles and the displacements of pile top, and the integral stability of the resist slide and the resist overturn for foundation excavation are computed. Now the construction of the foundation was completed successfully. It was showed that this design is succeed. And the safety and economy indexes are unanimity well.

Key words: foundation excavation of silt; drill pour piles; retaining and protecting