

# 河南永城某商住楼基坑支护方案的设计及应用效果

马公伟, 官庆华, 祁发福, 马 驰

(徐州基桩工程公司, 江苏 徐州 221000)

**摘 要:**河南永城市东城区是一个新建城区, 高层建筑日益增多, 但该市缺少基坑支护设计实例资料。介绍了某商住楼基坑排桩+深搅桩的支护结构方案及其设计计算过程, 总结了其支护效果, 为该市基坑方案设计提供了一个成功范例。

**关键词:** 基坑支护; 支护结构; 钻孔灌注桩; 深层搅拌桩; 河南永城

**中图分类号:** TU473.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)08-0051-03

**Design of Excavation Retaining Scheme for a Business-living Building and the Application Effect/MA Gong-wei, GUAN Qing-hua, QI Fa-fu, MA Chi (Xuzhou Foundation Pile Engineering Company, Xuzhou Jiangsu 221000, China)**

**Abstract:** The paper introduced retaining structure scheme with row-pile + deep mixing pile and the design calculation process and summed up the retaining effect, which provides a successful example of excavation scheme for Yongcheng of Henan.

**Key words:** excavation retaining; retaining structure; bored grouting pile; deep mixing pile; Yongcheng of Henan

## 0 引言

基坑支护设计必须满足安全性、经济性与可行性这3个基本要求, 通常设计时要遵循的基本原则是: 在满足安全要求与可行的前提下, 控制基坑支护系统的总投资最少。由于每个基坑所处的地质条件、周边环境以及所需的开挖深度和面积、施工季节与暴露时间长短等不同, 故每个基坑的支护方案亦不同。此外, 基坑支护设计具有一定的地区经验性, 这就要求设计时借鉴本地区的成功范例, 因地制宜, 充分利用基坑的平面形状和拟建地下室结构, 使基坑支护设计既安全又节省费用。可见, 对于一个具体的基坑工程来说, 其支护结构选型十分重要。

河南省永城市东城区属新建城区, 随着城市建设的快速发展, 市区高层建筑日益增多, 因此, 高层建筑的基坑支护方案问题已引起相关人员的重视。由于该市缺少基坑支护实例资料, 为了探讨和总结该市基坑支护的经验, 笔者利用亲身实践资料撰写此文, 以期起到抛砖引玉的作用。

## 1 工程概况

河南省永城市某商住楼坐落在永城市东城区东风大道北侧。设计地下1层, 地上12层, 建筑物总高度为42.8 m, 总建筑面积约8800 m<sup>2</sup>, 设计标高±0.00相当于黄海高程31.80 m, 场区自然地面为黄

海高程30.80 m, 主体为框架剪力墙结构, 筏板基础, 地基采用CFG桩复合地基处理方式。地下室埋深4.75 m, 考虑基础下的10 cm素混凝土、10 cm碎石垫层厚度, 实际基坑开挖深度为4.95 m。该工程基坑支护方案由我公司设计并组织施工, 2007年3月开工, 2007年5月竣工。

## 2 现场地质条件

### 2.1 水文地质条件

该工程场地原为坑塘填筑而成的农田耕地, 根据勘察单位提供的地质报告, 场区地下水位埋深1.2~1.8 m, 受大气降水影响, 随季节而变化, 地下水无侵蚀性。

### 2.2 工程地质条件

场区地层自上而下可分为:

①填土层, 灰黑色, 松散状, 极不均匀, 层厚5.0~6.8 m不等, 上部以腐植土、淤泥为主, 下部以粘土为主, 流~软塑状;

②粉土层, 灰黄色, 中密, 局部稍密状, 夹薄层粉质粘土, 一般厚度为9.8 m;

③粉质粘土层, 灰黄色, 可塑状, 一般厚度4.2~5.3 m, 局部缺失, 夹粉砂层透镜体;

④粉质粘土层, 黄褐色, 可塑, 未揭穿。

各土层物理力学指标见表1。

收稿日期: 2009-02-02; 改回日期: 2009-04-27

作者简介: 马公伟(1959-), 男(汉族), 江苏徐州人, 徐州基桩工程公司高级工程师、一级注册建造师, 从事岩土工程施工技术和管理工作, 江苏省徐州市泉山区夹河街36号舜禾公寓2单元1302室, 320302590718161@163.com。

表1 各土层物理力学指标表

层号	岩土名称	天然含水量	天然湿密度	孔隙比	饱和度	土粒相对密度	重度 $\gamma$	固结快剪	
		W/%	$\rho/(g \cdot cm^{-3})$	$e$	/%	$G$	$\gamma/(kN \cdot m^{-3})$	$c/kPa$	$\varphi/(^{\circ})$
①	填土	31.6	1.89	0.879	96	2.72	18.0	5.0	15.0
②	粉土	29.9	1.89	0.851	94	2.70	18.0	16.8	25.2
③	粉质粘土	33.5	1.90	0.920	99	2.73	19.9	27.6	19.0
④	粉质粘土	35.1	1.87	0.971	98	2.72	20.0	39.0	17.8

### 3 支护结构方案的确定与设计计算

#### 3.1 支护结构选型

该工程基坑周边环境十分局限:南边为东风大道,相距其地下管线只有4.5 m;西边为雕塑景观,相距约6 m;东靠新建6层住宅楼,相距5.5 m,且其地基处理简单;北侧也为6层住宅楼,相距10 m。由于场地局限,加上施工需要预留一定的作业空间,放坡和土钉墙方案不可行。为确保周边建筑物安全,经反复比较并征求业主和专家的意见,决定采用

密排钻孔灌注桩+深层搅拌桩支护方案。设计钻孔桩的直径为700 mm,中心间距为1000 mm,根据理论分析,上部约6 m填土的强度太低,嵌固力度不够理想,只好靠增加桩身的插入深度来达到预定的设计效果。为此设计中明确规定支护桩必须打入粉土层一定长度,只有保证支护桩的入土深度,才能保证支护结构抗倾覆、抗滑移的要求,也只有如此,坑底桩前土体不会产生隆起、变形和滑动等。钻孔桩、深层搅拌桩布置见图1。

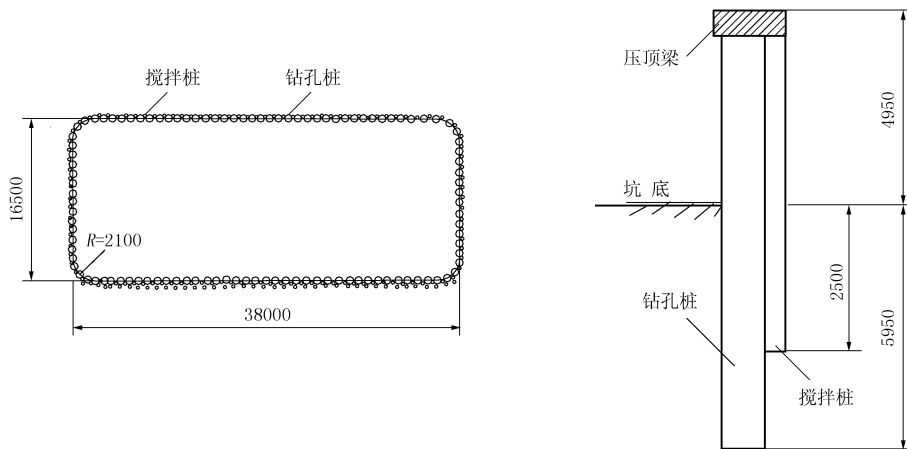


图1 钻孔桩布置图

#### 3.2 深层搅拌桩止水帷幕

根据地质报告资料,地下水在1.2 m范围变化。为防止基坑开挖后地下水影响施工、坑底管涌等不良现象的发生,决定在桩后布置 $\varnothing 500$  mm水泥搅拌桩,要求相临两桩紧密咬合,形成一道可靠的挡土止水帷幕。为确保东风大道人行道下水管线安全,基坑南边纵向增加为双排深层搅拌桩。深层搅拌桩要求插入基坑底以下不少于2.5 m。为了保证深层搅拌桩的垂直度,施工中采取了严格的铅垂控制措施。后期开挖证实,实际施工达到了预定的效果,帷幕没有出现流泥、漏水的现象。

#### 3.3 充分利用有利因素优化设计

地下室基坑开挖是一个空间问题,如何利用好宽16.5 m、长38 m的矩形平面是一个关系到结构可靠、造价低廉的大问题。本工程我们有意使基坑

四大角支护桩呈圆弧形( $R=2100$  mm)排列,并在桩顶浇筑一条宽1.3 m、高0.4 m的压顶环形圈梁,使钻孔灌注桩、搅拌桩与压梁紧紧连接在一起,确保压顶梁与桩顶合成一体,使排桩顶部形成一个十分刚强的平面体系,大大改善了排桩的整体受力条件,提高了整体受力效果,免除了设置横向、纵向支撑的常规做法。敞开的基坑条件,还大大便利了土方开挖和机械施工。

另外,把底板浇筑顶到支护桩桩前,极为有利地防止土体滑移,增加了施工过程中的安全度,而且围护桩的计算模式可以按上端自由下端嵌固的侧向受力构件设计。

#### 3.4 支护桩的设计计算

##### 3.4.1 插入深度计算

实际挖土深度为4.95 m,并考虑水压力影响。

①填土层: $c = 5 \text{ kPa}$ 、 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ 、 $\varphi = 15^\circ$ , 层厚 5.9 m; ②粉土层: $c = 16.8 \text{ kPa}$ 、 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ 、 $\varphi = 25.2^\circ$ 。

假定桩进入粉土层为  $X_m$ , 则主动土压、水压与被动土压对桩底  $e$  点取力矩平衡, 见图 2。

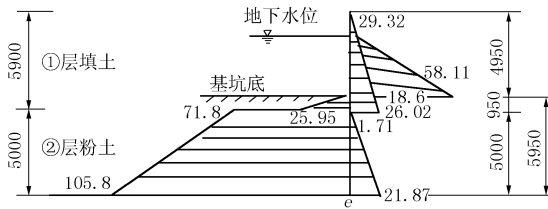


图 2 主动土压(水压)与被动土压分布图

考虑支护桩仅为短期内挡土之用, 取安全系数  $K = 1.2$  (经验值), 从而解得平衡方程:  $K \sum M_{ea,总} = \sum M_{Ep}$ , 得  $X = 5 \text{ m}$  (即桩入粉土层长度为 5 m)。

### 3.4.2 抗滑移验算

根据抗滑安全公式可得抗滑安全系数:

$$K_s = (\gamma DN_q + cN_c) / [\gamma(H + D) + q]$$

式中:  $D$ ——桩入坑底土深度,  $D = 0.95 + 5 = 5.95 \text{ m}$ ;  $H$ ——基坑开挖深度,  $H = 4.95 \text{ m}$ ;  $\gamma$ ——坑底及桩侧土重度,  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ ;  $c$ ——坑体土体粘聚力,  $c = 5 \text{ kPa}$ ;  $\varphi$ ——坑体土体内摩擦角,  $\varphi = 15^\circ$ ;  $q$ ——地面堆载,  $q = 0$ ;  $N_q, N_c$ ——地基承载力系数。

计算得:  $K_s = 2.43 > 1.2$ 。

验算结果: 桩前土体抗滑移完全符合设计要求, 且偏于安全。

### 3.4.3 桩身构造

根据笔者多年基坑设计经验, 在满足基坑安全的前提下, 力求最经济, 本工程钻孔灌注桩的桩径选为 700 mm, 桩身混凝土强度为 C20, 桩长 10.9 m, 钢筋笼通长配筋, 笼长 10.8 m, 主筋为 10 $\phi$ 16, 加劲筋为  $\phi$ 12@2000, 箍筋为  $\phi$ 8@200, 钢筋笼保护层厚度 5 cm。

压顶梁截面尺寸为 400 mm  $\times$  1300 mm, 主筋为 8 $\phi$ 16, 箍筋为  $\phi$ 8@300。

## 4 基坑监测及效果

采取了上述一系列有效措施后, 支护结构上端与压顶圈梁锚固成整体, 下端被粉土层嵌固, 成为一

个刚度相当强劲的空间构架。施工压圈梁后, 在其上做了 8 个控制点, 监测其水平位移情况。基坑采取分 2 层开挖的办法, 在基坑开挖至坑底后经实测, 沿长边桩顶(压顶圈)最大水平位移 5 cm, 平均 2.6 cm; 基坑侧壁无渗漏、周边建筑物无下沉现象, 达到了预计的设计效果。

## 5 工程造价及技术经济指标

该支护方案的总计费用为 42.5 万元, 设计总支护长度为  $(38 + 16.5) \times 2 = 109 \text{ m}$ , 平均每延米的支护费用为 3899 元。与其他地区相似基坑工程比较, 该工程造价适中。

## 6 体会

本工程基坑支护设计中采用了小直径排桩挡土 + 深层搅拌桩止水的方案, 取得了良好的效果。经过本工程施工, 得出如下体会。

(1) 小直径排桩 + 深层搅拌桩基坑支护方案适用于建筑密集、场地狭小的地区, 尤其对周边建筑物不允许有明显沉降时更为适宜。

(2) 深层搅拌桩作为止水帷幕是一种比较廉价的措施, 可根据实际情况布置一排或两排, 止水效果较好, 只要该区地质条件符合要求, 就可推广。

(3) 基坑设计要充分利用建筑物的平面形状, 改善空间受力条件, 可以提高支护结构的整体刚度, 对降低费用、方便施工大有好处。

(4) 施工实例表明, 该方案是安全、经济和可行的, 从而为该区提供了一个成功的范例。

## 参考文献:

[1] JGJ 120-99, 建筑基坑支护技术规范[S].  
 [2] 刘建航, 侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.  
 [3] 龚晓南. 基坑工程实例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.  
 [4] 马公伟, 袁有田, 张作雷, 等. 特殊土钉墙在徐州某基坑支护工程中的应用[J]. 岩土工程界, 2004, (7).  
 [5] 张忠亭, 丁小学. 钻孔灌注桩设计与施工[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.