

人工挖孔桩基础工程质量问题分析与处理

Treatment for the accident of hand- dug cast- in- situ pile foundation

王 敏

(福州市建筑设计院, 福州, 350001)

文 摘 论述某商住楼人工挖孔桩基础工程, 经检测发现桩基工程存在承载力不足和桩身质量问题。根据桩基工程检测、钻探和施工资料, 综合分析事故原因, 提出基础的补救措施, 并取得良好的使用效果。

关键词 人工挖孔桩, 静载试验, 动测, 沉降

中图法分类号 TU 473

作者简介 王 敏, 男, 1972 年生, 1992 年毕业于上海同济大学, 现工作于福州市建筑设计院, 为福州大学土木工程系在职研究生。

Wang Min

(Fuzhou architectural designing institute, Fuzhou, 350001)

Abstract In this paper, a practical project with hand- dug cast in- situ pile foundation is introduced. The results of pile static load test and dynamic test showed the insufficiency of pile vertical bearing capacity and the shaft defect problem. Based on the test, geological conditions and construction material, remedial measures were adopted after comprehensively analysing the accident causes. In treating the problem, pile- soil interaction was taken into account. The good effects of use and economy were gained.

Key words hand- dug cast- in- situ pile, pile static load test, dynamic pile test, settlement.

图 1, 有关土层指标见表 1。

1 前 言

人工挖孔桩目前已广泛应用于工业与民用建筑基础。大直径人工挖孔桩具有工艺简单、施工期短、孔底虚土能清除干净、施工质量可靠、无噪音等诸多优点^[1]。由于该桩型直径大, 特别是可以通过端部做成扩大头, 获得更高的承载力, 满足一桩一柱的结构设计^[2], 避免了采用桩基时群桩所带来的相互影响而产生承载力降低及承台传力的复杂性, 以及施工中造成的挤土现象。人工挖孔桩的主要问题是当地下水存在时产生流砂, 引起塌孔, 给施工带来困难。福州地区属于原始沉积的淤泥和粘性土层以及多种土壤交互层组成的土层结构, 挖孔桩在粘性土或多种土中都可应用, 尤其在福州山沿边坡地带更为合适。

2 工程概况

拟建场地位于福州屏山麓, 兴建六幢九层框架住宅小区, 本工程为其中的一幢, 建筑面积为 3300m²。场地为一平缓的山坡地, 根据钻探资料揭示, 场地土层自上而下分布为, 第一层: 杂填土, 稍松, 稍湿, 堆填时间超过 30 年, 平均厚 1.77m; 第二层: 残坡积砂质粘性土, 稍湿, 可塑, 以砂质粘性土为主, 部分孔未揭穿, 最大控制厚度 13.00m; 第三层: 强风化花岗岩, 稍湿, 密实, 原岩结构可见, 系粗料花岗岩风化而成的, 本层未揭穿, 钻探控制厚度 4.00m。场地地下水稳定水位为 2.60~ 3.90m, 系孔隙潜水类型。其典型地质剖面如

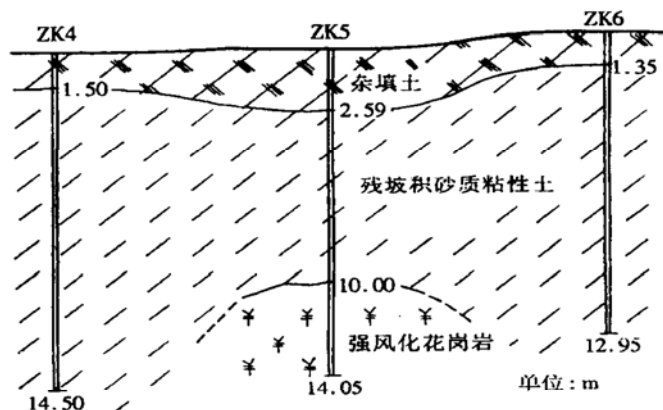


图 1 地质剖面图

Fig. 1 Geological section

3 桩基础设计及桩基工程检测

3.1 基础选择

根据场地地质情况, 表层填土层厚度差异较大, 局部存在面积大、深度较深的软弱层, 经过基础方案比较, 采用人工挖孔桩基础单桩单柱。人工挖孔桩的桩端持力层选择强风化花岗岩层, 桩直径为 0.9m 和 1.0m 两种, 桩端扩大头直径为 1.5~ 2.3m, 桩长 12.5~ 18m, 桩身砼强度等级为 C20, 人工挖孔桩剖面及构造图详图 2。

3.1 桩基工程检测

(1) 单桩静载试验

考虑场地土分布及施工情况, 我们抽选三根工程桩

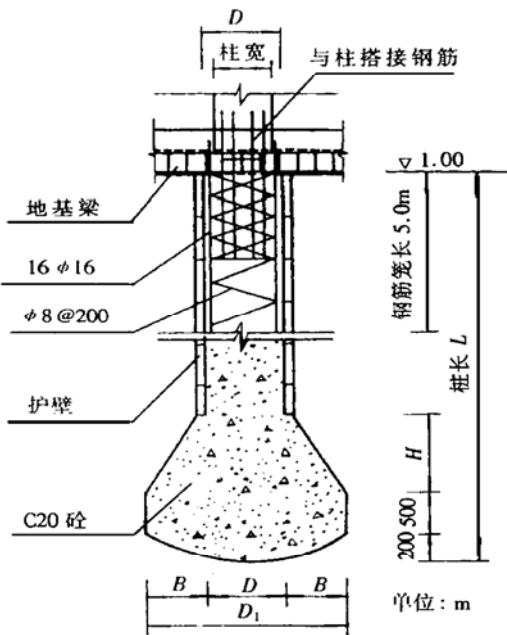


图 2 桩身剖面及构造

Fig. 2 Pile profile and details

进行单桩静载试验,试桩桩位平面图见图 3,其特征 $Q-S$ 曲线见图 4,其中# 4, # 21 桩未达到设计要求,判定其极限承载力标准值分别为 2520kN 和 2380kN; # 16 桩满足设计要求,其极限承载力标准值达到 3400kN。

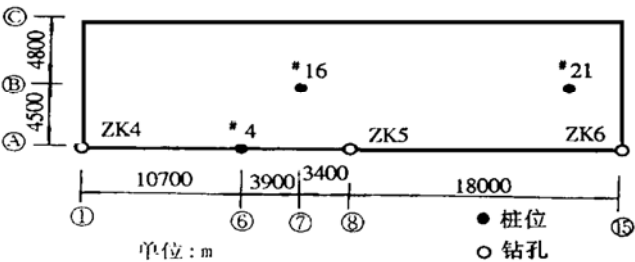


图 3 试桩桩位平面图

Fig. 3 Plan of piles

(2) 桩身完整性检测试验

桩身完整性检测采用小应变应力波反射波法和机械阻抗法相结合,根据应力波理论和反射波特征及导纳曲线综合分析,确定桩身完整性。三根静载试验桩的静载及动测结果见表 2。

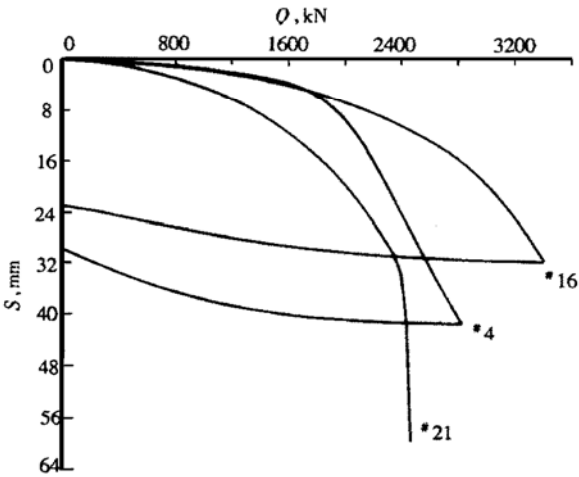


图 4 $Q-S$ 曲线

Fig. 4 Load-settlement curves

3.3 事故分析

该工程由于桩基础在工程检测时发现部分桩未能达到设计要求,从各种资料综合分析,找出事故原因,主要存在以下几个方面的问题。

(1)从静载试验 $Q-S$ 线上看, # 16 桩曲线平缓,为典型的大直径人工挖孔桩的曲线,该桩承载力达到设计要求,动测曲线表明该桩为完整桩; # 4 桩在荷载加至 2800kN 时,虽然达到稳定,但沉降量超过要求,从曲线上与 # 16 桩比较,有异常现象; # 21 桩在荷载加至 2720kN 时,沉降量骤增,荷载无法稳定, $Q-S$ 曲线为陡降形,动测结果判断其桩身存在缺陷。

表 1 地基土物理力学指标

Table 1 Physical and mechanical properties of foundation soil

土层名称	天然容重 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	压缩系数 α_{1-2} (MPa ⁻¹)	压缩模量 E_s (MPa)	内聚力 c (kPa)	内摩擦角 φ (°)	地基承载力标准值 f_k (kPa)
杂填土							80~ 100
残坡积砂质粘性土	18.26	0.780	0.354	5.024	26.5	26.93	200~ 250
强风化花岗岩							500

表 2 试桩静载及动测成果表

Table 2 Summary of pile test results

桩号	桩径 (mm)	扩大头直径 D_1 (mm)	施工桩长 L (m)	单桩试验达到的 最大加载值(kN)	最大沉降量 (mm)	单桩竖向抗压极限 承载力设计标准值(kN)	试验单桩竖向抗压 极限承载力标准值(kN)	桩身质量
4	900	2000	12.0	2800	41.76	2800	2520	桩身完整
16	1000	2300	12.3	3400	32.19	3400	3400	桩身完整
21	1000	2300	12.0	2720	> 73.23	3400	2380	6.0m 附近断裂

(2) 对照钻探资料, #16 桩位于 ZK#5 孔附近, 强风化层埋置浅, 土层较好, 桩尖进入强风化层; 而 #4 桩位于 ZK4- ZK5 连线之间, 强风化层较深; #21 桩位于 ZK#6 孔附近, 强风化层埋置深未揭露, 土层不如 #4 桩和 #16 桩。从施工记录上看, #4 桩持力层未按设计要求进入强化层 1.0m 或大于 1.0m 的要求, #21 桩持力层未达到强风化层。

强风化岩是良好的桩端持力层, 但强风化的粗粒花岗岩浸水后易软化^[1]; 残积土对水也是非常敏感, 其力学强度会明显下降^[3,4], 施工中遇到孔底出水, 往往排不干水, 浮土也清不干净, 扩底尺寸达不到设计要求。该工程桩基施工当时为雨季, 地下水量较大, 而施工单位在终孔时未能对孔底残渣、浮土、积水进行有效处理, 这些因素都会引起单桩承载力降低。

4 基础加固处理措施及效果

4.1 基础加固处理措施

经过挖孔桩的工程检测, 桩承载力达不到设计要求(共试桩 3 根, 其中 2 根不合格), 需要补救。根据勘察资料试桩结果、上部结构荷载、结构体系、桩基施工情况(包括施工记录)、工程造价以及施工条件等方面进行综合分析, 该工程基础加固处理措施采用人工挖孔桩与条形基础共同组成复合基础的方案。

这一加固方案具体做法如下: 据挖孔桩单桩竖向抗压极限承载力标准值 Q_{uk} 及上部结构内力分析, 通过房屋框架之间地梁形成纵横向带形基础, 详图 5。利用地基土表层杂填土, 经过预先压实, 通过桩与条基共同作用, 解决了人工挖孔桩承载力达不到设计要求的问题, 又可调整因荷载不均匀、桩基承载力差异、地基土厚度不均匀等因素引起的不均匀沉降。条形基础的面积由计算确定(见后)。为防止建筑物在施工期间及使用过程中产生不均匀沉降, 设计时考虑了补救措施, 在人工挖孔桩附近预留钢筋砼锚杆桩孔洞, 要求建筑物施工期及竣工使用期做好沉降观测, 一旦建筑物出现较大不均匀沉降时, 应立即进行锚杆桩施工。另外在条基下面做厚 400mm 3:7 河卵砂垫层, 这样, 条形基础底压力通过垫层传递给地基土, 保证了桩土共同受力的效果。

4.2 复合基础的设计

这里仅对条形基础长度和宽度的确定进行计算, 地梁内力、基础板内力计算略。

条基埋置深度为 1.0m, 地基承载力标准值 $f_k = 86\text{kPa}$ (杂填土), 挖孔桩直径为 $D = 1.0\text{m}$; 根据分析结果, #4, #21 桩实际承载力标准值分别仅达到设计标准值的 90% 和 70%, 平均为 80%, 基础设计时考虑条形基础承担总荷载的 20%, 挖孔桩承担总荷载的

80%。现以图 5 中 C 轴基础计算为例: C 轴总荷载 $\sum N_i = 17388\text{kN}$; 挖孔桩根数 $n = 13$ 根; 设条形基础宽度为 A ; 条形基础长度 $L = (1 + 3.4 + 4.3 + 2.6 + 4.3 + 3.4) \times 2 = 38\text{m}$ 。由平衡条件: $20\% \sum N_i = (LA - n\pi D^2/4)(f_k - 1 \times 20)$, 求得: $A = 1.66\text{m}$ 。

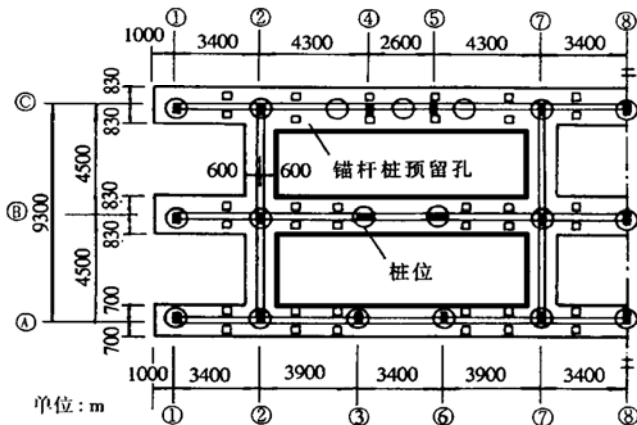


图 5 桩位及条基平面图

Fig. 5 Plan of piles and strip foundation

4.3 加固效果

该工程加强了施工期间以及竣工后的沉降观测, 以检验基础加固的效果。通过沉降观测, 竣工使用至今, 建筑物沉降量只有 17~21mm, 沉降较均匀, 房屋使用情况良好。

5 几点体会

(1) 静载、动测试验对挖孔桩的检测是可行的, 静载试验要结合地质资料、施工记录以及设计要求有目的来抽选试桩, 使得对场地土的情况能更全面地了解。

(2) 对于人工挖孔桩单桩承载力达设计要求时, 应根据地质情况、试桩结果、桩基础施工情况、上部结构内力大小等方面综合分析, 基础加固方案可采取条形基础与人工挖孔桩共同组成复合基础方案。为防止房屋出现不均匀沉降, 可预留锚杆静压桩孔洞, 以备今后压桩。

(3) 人工挖孔桩施工过程中, 应加强施工管理, 特别是桩要进入设计持力层, 终孔时应对孔底残渣、积水等进行有效处理。

参考文献

- 1 龚昌基. 人工挖孔桩设计中的几个问题. 福建建筑(软土地基与基础工程专辑). 1996(总第 51 期): 39.
- 2 《岩土工程手册》编写委员会. 岩土工程手册. 北京: 中国建筑工业出版社. 1994. 588~595.
- 3 余斯复. 大直径人工挖孔桩应用问题探讨. 福建建筑(软土地基与基础工程专辑). 1996(总第 51 期): 64.
- 4 王祯俊等. 福州地区人工挖孔桩设计探讨. 福建建筑(软土地基与基础工程专辑). 1996(总第 51 期): 66.