

文章编号: 1003-711X (2001) 04-0096-04

# 交替式锚杆静压桩的设计与施工<sup>\*</sup>

徐德良<sup>1</sup>, 龚任远<sup>2</sup>, 管雯<sup>2</sup>

(1. 哈尔滨工业大学 土木学院, 哈尔滨 150000; 2. 江苏省建筑设计研究院, 江苏 南京 210000)

**摘要:** 在多层公共建筑的设计中, 结合浅层土质情况, 采用锚杆静压短桩, 在施工上可与上部结构同步进行, 加快了施工进度, 同时还可以灵活运用小型机具, 方便了施工; 在结构设计上, 可充分利用浅层土的地耐力, 其综合经济效益较好。本文对此种桩的设计与施工进行了一些探讨。

**关键词:** 设计; 施工; 锚杆静压短桩

**中图分类号:** TU 473 TU 753 **文献标识码:** B

## 1 工程地质概况

本工程建筑面积  $8\,000\text{ m}^2$ , 地下一层, 地上七层, 局部为五层, 基本柱网为  $7.2\text{ m} \times 7.2\text{ m}$ , 是一座集商业、办公为一体的综合楼。大楼按七度抗震设防, 现浇钢筋混凝土框架结构。

本工程位于南京珠江路东端北侧东大影壁片区, 地貌属长江一级阶地。地基土分布特征如下: I、杂填土, 稍湿, 松散, 以建筑垃圾与生活垃圾为主, 厚  $0.2 \sim 0.7\text{ m}$ ; II、素填土, 灰褐~青灰色, 很湿~饱和, 软~流塑, 厚  $0.6 \sim 3.3\text{ m}$ , 顶板埋深  $0.2 \sim 1.7\text{ m}$ ,  $f_k = 100\text{ kPa}$ ; III、粉土, 灰黄色, 饱和, 流塑, 厚  $0 \sim 5.8\text{ m}$ ,  $f_k = 130\text{ kPa}$ ,  $\bar{P}_s = 5.2\text{ MPa}$ ,  $E_s = 9.6\text{ MPa}$ ; IV、粉砂, 青灰~深灰色, 饱和, 稍密~中密, 厚  $6.4 \sim 8.6\text{ m}$ ,  $f_k = 185\text{ kPa}$ ,  $\bar{P}_s = 6.6\text{ MPa}$ ,  $E_s = 12\text{ MPa}$ ; V、粉土~淤泥质粉土, 深灰~灰黑色, 饱和, 流塑, 厚  $3.2 \sim 8.2\text{ m}$ ,  $f_k = 95\text{ kPa}$ ,  $E_s = 4.6\text{ MPa}$ ; VI、淤泥质粉质粘土, 深灰~灰黑色, 饱和, 流塑, 厚  $5.8 \sim 7.8\text{ m}$ ,  $f_k = 15\text{ kPa}$ ; VII、粉质粘土, 深灰色, 饱和, 软~可塑, 未揭穿,  $f_k = 190\text{ kPa}$ 。场地地下水为孔隙潜水, 稳定水位埋深  $1.2 \sim 1.35\text{ m}$ , 经对场地砂土进行液化判别, 在地震设防烈度为七度时, 各土层均不产生液化。

## 2 基础方案选择

基础原设计采用  $0.45\text{ m} \times 0.45\text{ m}$  静压桩, 桩尖进入 VII 层土  $1.5\text{ m}$ , 要求单桩承载力标准值  $R_k = 800\text{ kN}$ 。除送桩外, 实际桩长大于  $22\text{ m}$ , 桩尖要穿越 IV 层粉砂, 并有效地进入 VII 层粉质

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2001-09-08

作者简介: 徐德良(1962-), 女, 江苏人, 讲师, 硕士生。

粘土相当困难, 必须先进行引孔, 且须全长范围内引孔。引孔距离长, 施工机具较大。因此, 不论从设计的合理性, 还是从施工的可操作性来讲, 在这幢建筑上采用上述静压桩是不适宜的。

经对现场勘察和对地基土质状况的分析, I、II层土较浅, 开挖地下室将被挖除, III、IV、VII层土质较好, 其间夹杂着V、VI层较为软弱, 若采用沉管灌注桩, 则很难穿过III、IV层土, 预制桩现场不允许。地下一层层高3.0m, IV层土底板距室外地坪约13.0m。这样, 承台底至IV层土底板仍有9m左右, 这区段土层为III、IV层土, 土质较好, 可作为桩的传力与持力层。因此, 笔者提出采用锚杆静压短桩作为桩基方案。这样, 既解决了施工场地狭小的问题, 避免了噪音、振动等污染, 同时又能充分利用浅层土的承载力。桩截面采用0.3m×0.3m, 桩长为6.5m, 持力层选在IV层土上, 桩尖至V层土表面有3m距离, 满足4d要求。在施工程序上可采用逆作法。传统的施工程序为: 桩—地基开挖—承台—上部结构, 而本工程则采用先开挖基坑, 然后施工承台及上部结构, 待上部结构施工到2~3层时, 利用已建结构自重将预制桩压入设计土层, 然后封桩, 将桩与承台锚固。此时, 上部结构仍可同步进行施工。由于承台已先期承担了2~3层的楼面荷载, 使得基础底面与土体保持紧密接触, 保证了桩与土能共同参与工作, 同时沉降, 提高了结构的安全度。

### 3 基础设计

本工程基础设计包括两部分: 1) 压桩前基础设计。此时相当于一般柱下独立基础; 2) 桩基础设计。此时桩承担上部结构的绝大部分荷载。需要说明的是: a、压桩前地基土在三层荷载作用下已完成大部分压缩变形和侧向变形, 这有利于桩侧摩阻力的发挥; b、由于上部结构施工到三层开始压桩, 此时独立基础沉降不可能达到该土层的极限沉降值, 桩端部又为粉砂层, 沉降很小, 故封桩后绝大部分后加荷载将由桩来承担, 并迅速将荷载传到下部土层中。本文以中柱为例, 说明桩的计算方法。这里考虑桩承担绝大部分柱上荷载。柱传下的轴力标准值为4400kN, 不考虑弯矩作用, 要求在第三层楼面混凝土浇筑完后开始压桩。承台平面、剖面图详见图1、图2。

#### 3.1 压桩前基础设计

结构施工完第四层楼面, 荷载为1~3层结构自重及施工活荷载, 此时轴向力设计值 $F=1790$  kN, 轴向力标准值 $F_k=1430$  kN, 承台为3.8m×3.8m×1.2m, 见图1、图2。承台自重为 $G=20\times1.2\times3.8\times3.8=3.8$  kN, 由规范算得地基承载力

$$f = f_k + \eta_r(b-3) + \eta_{r0}(d-0.5) = 130 + 1.1 \times 15(3.8-0.5) = 184 \text{ kPa}$$

1.  $f_k = 143$  kPa, 取地基承载力 $f = 184$  kPa

$$P = \frac{F+G}{A} = 177 \text{ kPa} < f$$

$$P_0 = \frac{F_k+G}{A} - r_0 d = 90 \text{ kPa}$$

式中:  $P$  为基础底面平均压力设计值;

$P_0$  为对应于荷载标准值时基底附加压力。

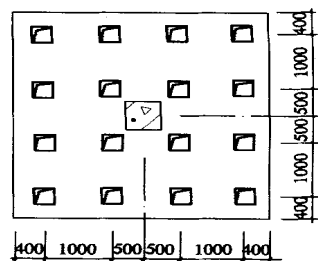


图1 承台平面图

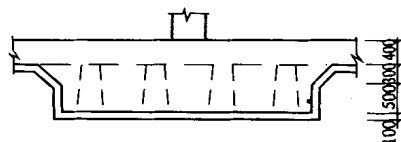


图2 承台剖面图

根据 GBJ 7-89 得此时柱之沉降  $S = \Psi_s \cdot S$

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{P_0}{E_{si}} (Z_i \bar{a}_i - Z_{i-1} \bar{a}_{i-1}) = 90 \times (0.1649 + 0.3381 + 0.0822) = 52.67 \text{ mm}$$

$$\bar{E}_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{E_{si}}}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{E_{si}}} = 10.3 \quad \text{由 GBJ 7-89 得 } \Psi_s = 0.59$$

$$S = \Psi_s S = 31 \text{ mm}$$

此沉降为第四层楼面完成之后之沉降。压桩时间为三层楼板完成时,此时稍稍放慢上部结构施工进度,待有 50% 桩压完后,封桩完成,结构到四层楼板,这样可控制建筑物沉降。

### 3.2 桩基础设计

#### a 桩设计

中柱承受的总荷重为 4 400 kN,桩长选为 6.5 m,此时桩尖距粉砂层底板有 3 m 左右的距离。单桩承载力

$$R_k = q_p A_p + \mu_p \sum_{i=1}^n q_{li} = 72 + 185 = 257 \text{ kN} \quad \text{选 } P_k = 250 \text{ kN}$$

$n = N / R_k = 18$  根,考虑到桩在起作用前,地基土已先期压实,承台已承担了超过三分之一的荷重,故可适当减少桩的根数,故取  $n = 16$  根,即桩承担了 90% 的荷重。

#### b 锚杆设计

锚杆是用来固定反力架以传递反力的地脚螺栓,因此锚杆必须有可靠的锚固和足够的强度。本工程预埋 4 个 M 32 锚杆,其强度验算:

$$K P_{\max} = n \pi \cdot \frac{d^2}{4} R_s$$

式中:  $K$  为安全系数,一般取 1.2;  $P_{\max}$  为最大压桩力;  $n$  为锚杆数;  $R_s$  为锚杆抗拉强度;  $d$  为锚杆直径。

$$K P_{\max} = 1.2 \times 514 = 617 \text{ kN}$$

$$n \cdot \frac{\pi}{4} d^2 \cdot R_s = 4 \pi \times \frac{32^2}{4} \times 24 = 771 \text{ kN} > K P_{\max}$$

锚固长度计算略。

## 4 压桩施工

本工程压桩采用桩长与压力双控制。设计要求桩长 6.5 m,压桩力为 520 kN。封桩时,要求将桩头与孔壁凿毛洗净后,用 C30 微膨胀早强混凝土浇筑。压桩从三层楼面浇完后开始,按原先计划,到四层楼面浇完,至少有一半以上桩压完并封孔,但因种种原因,到四层楼面浇完后,才压完了 1/3 桩,不得已,封桩后,只得将上部结构暂停施工,以控制沉降,并加快压桩进度,到压桩基本完工时,上部结构继续施工,这时,封剩余的桩孔。压桩时,从中柱向边柱推进;在同一个柱上,先压中间,后压边上,并对称施压。由于压桩前,地基土已承受了三层楼的荷重,土体已经压密,加之施工承台时基坑抽水,使得粉砂层更为密实。因此,压桩时往往上节柱好压,越到后来越难压,普遍的压桩力都在 650 kN 左右,有的已接近锚杆自身的承载力,此时我

们要求以压桩力控制。有几根桩仅达到 4.5 m 左右就已压到 700 kN。到最后有部分桩只有采用引孔,才能将桩压下足够长度。有一根桩在承台角区部位发现锚杆松动,并伴有混凝土局部开裂,说明锚杆锚固长度不够,且承台混凝土浇筑质量不好。本工程压桩前测得各柱的最大沉降为 25 mm,差异沉降为 7 mm,压桩完直至完工,最大沉降为 30 mm,沉降差异为 5 mm,房屋竣工后又进行了十个月的沉降观测,观测的累计总沉降为 35 mm,沉降差异为 5 mm,平均月沉降小于 0.05 mm,沉降基本得到控制。

## 5 结语

本工程采用逆作施工工序,充分利用浅层土的特性,采用锚杆静压短桩作为工程桩,并适当考虑桩土共同作用。这在人口稠密的市区建造多层建筑提出了另一个设计方法。但对于桩土共同作用中,桩与承台在受力过程中各分担多少份额为宜尚需研究。同时,在整个工程的施工组织,基础施工的时间及施工的顺序上,都必须加强监控与管理,这样才能收到较为满意的效果。

## 参考文献:

- [1] GBJ7-89 建筑地基基础设计规范[S].
- [2] YBJ-91 锚杆静压桩技术规程[S].
- [3] 龚维明,吕志涛.短桩—承台—土共同作用的设计与施工[J].建筑结构,1995(6):15-20.

## Research on Design and Construction of the Short Pile with Anchor Pole Driven by Static Pressing

XU De-liang<sup>1</sup>, GONG Ren-yuan<sup>2</sup>, GUAN Wen<sup>2</sup>

(1. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 2. Jiangsu Academy of Building Designing, Nanjing 210000, China)

**Abstract:** In the low-rise structure designing, the short pile with anchor pole driven by static pressing is taken according to the shallow layer of soil on site in this paper. The pile work can be implemented parallelly with the construction of upper structure by small pile driving equipment, so this approach can shorten the period of the construction and facilitate the construction. The approach can make full use of the bearing capacity of the shallow layer of soil and give good comprehensive economic effect. This paper discusses the design approach and construction method of this kind of pile.

**Key words:** designing; construction; the short pile with anchor pole