

# 静压预应力管桩在复杂地质情况工程中的应用

黄与舟 (福建华闽建工开发有限公司 350003)

**[提 要]** 根据静压预应力管桩的特点和适用范围,通过该桩型在某工程中的应用,简要介绍了在多孤石复杂地质情况中应用该桩型所采用的一些方法。

**[关键词]** 预应力管桩;静压桩;施工;桩基选型

**Abstract:** Base on the characteristics and applied range of PHC pile, with the example of its application, some effective methods that used in the complicated geological conditions of rich single rocks are introduced.

**Key words:** PHC pile; silent piling; construction; selecting of pile type

## 1. 引言

由于各地地质情况的不同,某一种桩型的使用具有很强的地域性。福州地区建筑工程桩基类型十分丰富,已设计应用的有钢桩、预制钢筋砼方桩、冲钻孔灌注桩、锤击(静压)沉管灌注桩、人工挖孔灌注桩、静压锚杆桩、水泥搅拌桩等,近十年来静压沉管灌注桩成为多层建筑的主力桩型,预制钢筋砼方桩和冲钻孔灌注桩则成为高层建筑的主力桩型。

高强预应力管桩(PHC管桩)在同样是海相沉积软土地基的广东已经推广应用了十余年,并且早在1996年就被福建省建委列入新产品推广项目,但一直到近1~2年才在福州地区得到大规模的应用,除了当时管桩生产厂家少,价格长期居高不下外,缺乏足够的在福州多山多石复杂地质情况下的设计与施工经验是一个重要原因。此外,因为缺乏适用于我省实际工程情况的预应力管桩地方技术规程,实际工程中主要参照广东省地方标准《预应力混凝土管桩基础技术规程》DBJ/T 15-22-98,而该标准主要是针对广东省地质情况和打入式嵌岩桩情况的,已经滞后于目前大规模使用的静压工艺,如参照该规程中针对锤击打入施工工艺所规定的一些条款执行,势必限制该桩型在福州地区工程的应用。

本文通过静压预应力管桩在某复杂地质情况工程实例的应用,根据该桩型的特点和适用范围,简要介绍了在多孤石复杂地质情况中应用该桩型所采用的一些方法。

## 2. 工程实例

### 2.1 工程概况

该工程位于福州大梦山西南麓,西侧紧邻二环路,场地地势呈北高南低的阶梯状,高程变化在5.01~15.35米之间,是典型的山坡地形。该工程拟建6座7~9层多层住宅,具体位置如图1。根据地质勘察报告,较典型的地质情况如图2。地质分布状况为:(1)杂填土,层厚1.4~6.5米;(2)粉质粘土,层厚1.5~13.70米;(3)坡积含砾粗砂粉质粘土,层厚0.5~7.30米,部分钻孔缺失;(4)残积土,层厚1.50~16.40米,其中部分钻孔揭示含有中风化岩残留体(俗称孤石);(5)强风化层,层厚1.60~20.80米,上部为砂土状,下部为碎块状;(6)中风化层,

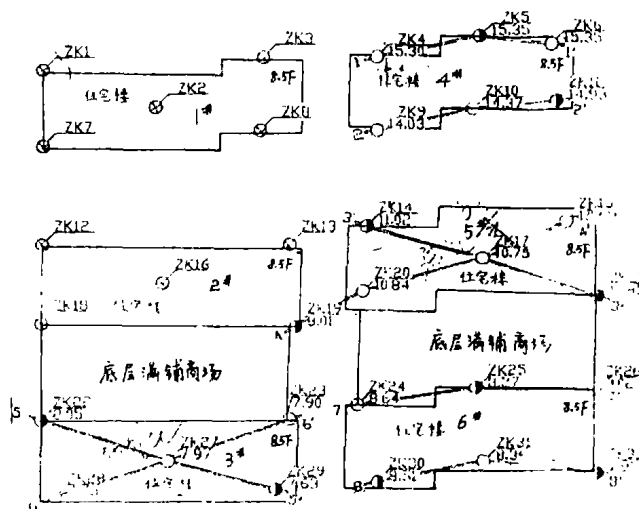


图1 工程勘探钻孔布置图

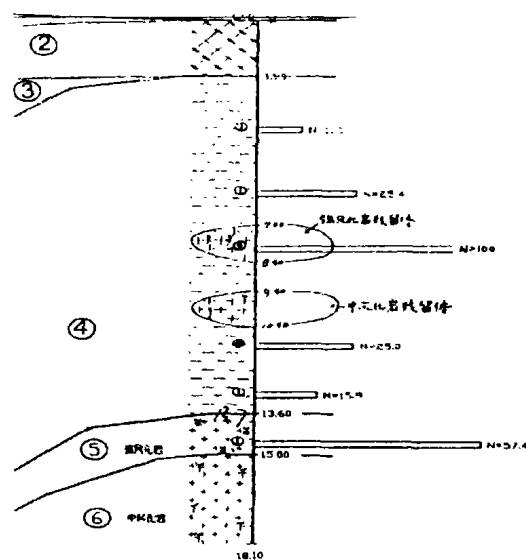


图2 典型地质剖面

岩性为花岗岩硬质层,本层未揭穿。地质勘察报告建议采用桩基,桩型建议采用人工挖孔扩底灌注桩或静压沉管灌注桩。

## 地基基础

### 2.2 桩型选择

#### 2.2.1 试桩结果

根据地质勘察报告建议和福州地区处理山坡地区地基的通常设计经验,考虑到山坡地大型机械行走不便,先行选用人工挖孔灌注桩,先试桩 10 根,以探明地质情况并验证施工可行性。

试桩结果不理想。其中有 8 根试桩出现流砂、涌水现象,使用了短模、钢套筒等措施均无法成孔达到设计标高;同时在 3 孔中发现有较大孤石,经试用风镐、爆破等手段均无法贯穿。经建设、设计、勘察等单位会审,判断流砂、涌水和孤石的主要成因如下:

(1) 由于第③层土层为砂质粘土(俗称砂包土),为饱和、可塑状态,粉粒含量 > 50 以上,粘性差,在地下承压水较大的情况下,易塌孔,形成流砂。

(2) 根据地质勘察报告分析强风化—中风化层面高程,显示强风化—中风化层明显形成两条“地下山脊”。出现孤石的地带可能是两“山脊”中的“山谷”,两条“山脊”的为西北—东南走向,在长期的地质沉积过程中,一些孤石从山顶滚落,停留在“山谷”中厚达 10 米左右的沉积土中,之后上面又覆盖了 5~10 米的沉积土,形成孤石层。估计地下水的走向为“山脊”——“山谷”。

鉴于以上情况,根据福州地区处理类似地质情况的人工挖孔桩的实例,可采用降水法、旋喷加固、高压注浆等众多方法,但成本和风险均较大,其中最为成熟的井点降水法,应用于本工程中的“山脊”——“山谷”地质情况也有较大的经济风险,没有成功的把握。于是决定放弃人工挖孔桩,选用其他桩型。

#### 2.2.2 桩型比较

由于该工程的特殊性,可选择的桩型较少,我们比较了各种桩型,如表 1。

表 1 各种桩型比较表

	PHC 管桩 (Φ500)	钢筋砼预制方桩 (450×450)	钻孔灌注桩 (Φ600)	人工挖孔灌注桩 (Φ800~Φ1600)	沉管灌注桩 (Φ500)
①工期	无需前期准备,工期最短	需进行制桩、砼养护期较长	每根成桩时间较长、灌注砼需养护达到强度	如需处理流砂、涌水等工期难以确定	灌注砼需养护达到强度
②桩身质量	工厂生产、直观、可靠	直观、需现场进行控制,较可靠	属隐蔽工程,需避免沉渣、塌孔、缩颈	属隐蔽工程,需避免流砂、涌水、塌孔等	属隐蔽工程,需控制浇筑砼质量和拔管速度等
③嵌岩或穿越孤石能力	有一定嵌岩能力,但一般无法贯穿孤石	嵌岩能力较 PHC 桩强,无法贯穿孤石	较强的嵌岩能力,可贯穿不大的孤石	较难	较难
④单桩承载力	较大	大	大	一般	一般
⑤综合经济造价(同时考虑桩基和承台)	一般	大于 PHC 管桩	最大	如需处理流砂、涌水,一般无法准确预计	大于 PHC 管桩
⑥对施工场地要求	需平整,可行走大型机械	需平整,可行走大型机械;制桩场地要求坚硬沉降小	一般	一般	需平整,可行走大型机械
⑦应用于本工程主要缺点	孤石	工期、孤石、场地	孤石、工程造价大	流砂、孤石等	孤石、造价、质量控制

在试桩前未考虑使用预应力管桩,主要是参考了广东的经验。在广东省标准《(预应力混凝土管桩基础技术规程) DBJ/T 15-22-98》中明确规定以下地质条件“不宜应用预应力管桩”:①孤石和障碍物多的地层;②有坚硬隔层的地区;③石灰岩地区;④从软塑层突变到特别坚硬层的地区。

本工程地质情况可以归属以上第①种地质情况,如严格遵循上述规程执行,确实不宜选用预应力管桩。但经过综合分析,在本工程中使用其他桩型并无更强的适用性。考虑到上述规定是针对锤击沉桩施工工艺的,采用静压沉桩法时,桩身不承受突然的锤击冲击力,裂桩概率较小,以上规定不一定

适用,经各家单位会审,广泛听取各方专家意见,决定试用静压预应力管桩,并在施工中采取了以下具体措施。

#### 2.3 施工中采取的处理措施

(1) 调整小区标高,对室内设计标高相同的 2、3、5、6 号楼区域,进行土方平衡、场地平整,以满足大型机械的行走施工需要;对场地限制,无法行走大型机械的 1、4 号楼改用钻孔灌注桩。2、3、5、6 号楼则采用静压法施工。采用静压预应力管桩时,如遇到孤石,部分桩选用较大的孤石作为持力层,将导致持力层不一致;因此为减少不均匀沉降,在单桩承载力的设计确定中,按端承桩设计,以桩身额定强度来控制单桩承载力设计值,桩身额定强度一般由管桩生产厂家提供,同时根据《建筑桩基技术规范》JGJ94-94 对软弱下卧层进行验算,控制总沉降量。

(2) 选用厚壁管桩(Φ500,壁厚 125mm,极限弯矩为 215 km·m);采用开口型桩尖,以增加桩的嵌岩能力,防止桩尖沿岩面滑动,造成桩身断裂;在压桩前均用钢送桩器探桩 6 米,探明地下障碍物;在施工时严格监控压力表读数,控制压桩速度和垂直度,如出现压力表读数和垂直度异常,及时停机处理。

(3) 施工中如在 < 8 米处遇到孤石,即把桩拔出;在原桩位两边补双桩以避开孤石;如仍是孤石,则该桩位改用人工挖孔灌注桩,并在承台施工中预留锚杆桩孔。

#### (4) 施工压桩终压力的确定。

考虑到桩的长短不一,有可能形成短桩,不可能采用统一的施工压桩力,需进行调整。根据多年工程实践表明,桩长 > 20 米且桩周土为粘性土的长桩,由于桩周土的固结,桩侧摩阻力恢复较快,提高较大,桩的极限承载力往往要高于压桩的最大终压力;而 < 10 米的短桩,由于桩周土的固结提供的摩

阻力较少,短桩的承载力往往低于压桩的最大终压力。在本工程中采用超载施压法,施工压桩力可采用有关文献资料中的经验公式:

A. 当桩长 ≥ 20m 时,  $R_t = (1.6 \sim 1.33) R$ ;

B. 当桩长 ≤ 10m 时,  $R_t = (2.3 \sim 2.5) R$ ;

C. 当桩长 ≥ 10m 且 ≤ 20m 时,  $R_t = (1.6 \sim 2.3) R$ ;

式中:  $R_t$  — 施工终压力值

$R$  — 单桩竖向承载力设计值

在本工程中施工终压力取为 4500kN ~ 5300kN

(下转第 29 页)

## ■ 建筑结构

但抗裂度  $\sigma_{ct} = 1.0772 > 1$ , 可能会开裂。如果再增加腋长、腋高, 效果并不明显, 而且影响建筑效果。由于该梁配筋由支座截面控制, 使反弯点适当向跨中移动。参照 YKL1 的预应力筋布置方式, 将短跨中的预应力筋改成直线形, 在没有增加截面的情况下使截面最危险点处的应力达到设计要求, 并保证了承载力需要, 还降低了摩擦损失。

### 4 小结

随着预应力的优点被大家逐步接受, 越来越多的大型工程在推广使用预应力结构。预应力筋的合理布置是一个值得探讨的问题。如果预应力筋布置合理, 能取得事半功倍的效果, 节省大量的资源, 降低工程造价, 增加竞争力, 促使预应力结构的进一步推广。

(上接第 11 页)

(5) 对某些边桩, 由于场地原因, 桩机行走不便的, 改用桩机的边桩器进行压桩, 或在今后改用锚杆静压桩。

### 2.4 桩基监测结果

该工程最终采用静压预应力管桩施工 4 栋, 设计总桩数 276 根, 最后施工静压预应力管桩 285 根, 人工挖孔桩的 3 根, 锚杆静压桩共 6 根。静载试验 6 根, 其中部分静荷载试验特征

曲线如图 3, 曲线中未发现明显拐点, 达到单桩承载力设计值; 动测 40 根, 37 根为 I 类桩, 3 根为 II 类桩, 基本满足了设计要求。4 栋建筑目前均已封顶, 沉降量满足设计要求。

### 3 结束语

我们通过具

### 参 考 文 献

- [1] 无粘结预应力混凝土结构技术规程 JGJ/T 92-93. 中国计划出版社, 1993
- [2] T. Y. Lin, N. H. Burns 预应力混凝土结构设计. 路湛沁等译. 中国铁道出版社, 1983
- [3] 吕志涛, 现代预应力设计. 中国建筑工业出版社, 1998
- [4] 陶学康. 后张预应力混凝土设计手册, 中国建筑工业出版社, 1996
- [5] 滕智明, 朱金铨. 混凝土结构及砌体结构, 中国建筑工业出版社, 1995

说明:

1 条中, 已经考虑了预应力束对梁产生的偏心弯矩影响, 其余各条均按要求更改

体工程实践, 得出静压预应力管桩在福州复杂地质情况下应用的一些体会:

由于采用了静压工艺, 预应力管桩的使用范围可以有所突破, 但对于复杂的地质情况, 仍然必须根据实际情况慎重对待。对于短桩的施工终压力的确定, 必须特别重视, 需根据经验公式适当放大。

一种新的桩型在一个地区的试用、推广以至大规模使用成为主力桩型, 往往需要近十年的时间。这不完全是受循规守旧思想的制约, 更主要的是由于一种新技术的应用要经过长期、大量的工程实践来证明其适用性、安全性、经济性以及具有较低的风险性, 如实践证明可行, 才能大面积推广应用。

### 参考文献

- [1] 黄雪梅, 静力压预应力桩在建筑工程中的应用[J], 华东交通大学学报, 2001. 9
- [2] 广东省地方标准, 预应力混凝土管桩基础技术规程, DBJ/T 15-22-98
- [3] 王离, 试论不宜应用预应力管桩的工程地质条件[J], 广州建筑, 1991. 1
- [4] 建筑桩基技术规范, JGJ94-94

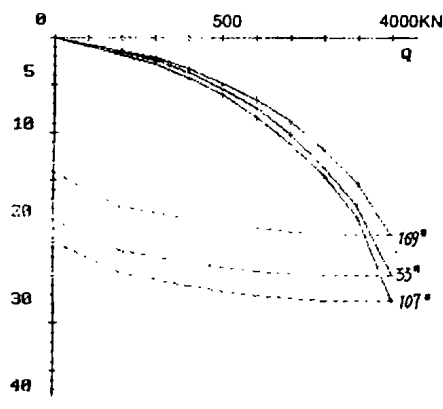


图 3 静荷载试验特征曲线

## 省建筑标准设计图集《硬聚氯乙烯推拉塑料门窗》通过技术评审

2003 年 2 月 24 日, 福建省建设厅组织召开了省建筑标准设计图集《硬聚氯乙烯推拉塑料门窗》技术评审会, 与会专家听取了编制组的汇报后, 经过认真审查与评议。形成如下评审意见:

①提供评审的技术资料基本齐全、正确, 符合评审要求; ②该《图集》以《PVC 塑料门》JGJ/T3017、《PVC 塑料窗》JGJ/T3018、《建筑结构荷载规范》GB50009-2001 等相关国家标准规范为编制依据, 在经过科学论证的基础上, 选定了推拉塑料门窗的力学计算模型, 根据我省风压值高的特点, 吸收了部分具有代表性的门窗设计、制造和安装技术编制而成; ③该《图集》在以下四个方面有所突破与创新: (a) 根据《建筑结构荷载规范》

GB50009-2001, 列出了“福建省基本风压分区表”和“各区域不同高度处的风荷载标准值表”。(b) 为保证玻璃的结构安全性, 给出了不同规格门窗玻璃抗风压标准值。(c) 为方便设计选用, 建立了门窗的不同系列、规格和式样与可承受最大风压值的对应关系, 并列表选用。(d) 为方便老年人、残疾人的使用, 把推拉塑料门的无障碍设计引入图集; ④该《图集》内容新、可操作性强、有地方特色, 可以指导塑料推拉门窗的设计选用、生产和安装, 对规范塑料门窗技术有重要作用, 其整体水平达到国内先进。建议增加塑料门窗品种, 优化设计, 满足建筑功能和技术经济要求。

(纪 周) [C20030206]