

# 静压法桩基施工在烟台滨海平原地区的应用实践

张云峰<sup>1</sup>, 华斌<sup>2</sup>

(1. 山东省地质测绘院, 山东 济南 250033; 2. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

**摘要:**静压法桩基施工前景广阔,但在烟台滨海平原地区应用较少。结合烟台市安泰创业园综合楼工程,从工程地质条件入手,论证了静压法桩基施工适宜于烟台滨海平原地区,重点介绍了该工程静压法桩基施工工艺。

**关键词:**桩基;静压法;烟台滨海平原地区

**中图分类号:**TU473.1<sup>†</sup>3 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)02-0019-03

随着人们环保意识的不断增强,桩基工程向低公害方向发展,施工时噪声高、震动大和泥浆污染等工法在城镇的住宅群及公共建筑等施工中受到很大限制,而静压法桩基施工因能克服上述对环境的不利影响而蓬勃发展。目前,静力压桩在全国多个省份都有应用,但应用较多的还是温州、武汉、上海、南京、广州及珠江三角洲地区等南方地区,在烟台滨海平原地区的应用还比较少。本文从一个工程实例入手,探讨静压法桩基施工在烟台滨海平原地区的应用,旨在抛砖引玉,为在烟台滨海平原地区引进、推广该种工艺提供借鉴。

## 1 工程概况

烟台市安泰创业园综合楼位于烟台开发区长江路南侧、天山路东侧,占地面积 9755.5 m<sup>2</sup>,主楼高 52 m,主楼及所有建筑设计均采用高强预应力混凝土管桩做基础。桩型为 PHC-A(AB)500(600)-

100(110),总量约 5700 m。其中:Ø500 mm 桩 132 根,约 2300 m;Ø600 mm 桩 203 根,约 3400 m。基础轴线南北长 90.30 m,东西宽 62.20 m,基坑拟开挖深度 ±0.00 m 向下 5.60~6.05 m,南北两侧拟采用粉喷桩支护及止水,东、西两面具备开挖放坡条件。

## 2 场地工程地质概况

根据勘察结果和场区第四系地层的沉积环境,场地内埋藏的地层有人工填土层,第四系全新统冲积海积(表层伴有风成)层,海积泻湖相沉积层,海陆交互相沉积层和冲洪积层。场区基底岩性为下元古界变质岩。各岩土层物理力学指标统计见表 1,试验成果统计见表 2、3。

## 3 静压法桩基施工对该场地的适宜性分析

静力压桩是依靠设备自身重力克服桩阻力,将桩沉至设计标高的。在沉桩前应对土层的性质作

表 1 各土层物理力学指标统计表

层号	岩土名称	密度 /(g·cm <sup>-3</sup> )	天然含水 量 w/%	天然重度 γ /(kN·m <sup>-3</sup> )	孔隙 比 e	饱和度 S <sub>r</sub> /%	液限 w <sub>L</sub> /%	塑限 w <sub>p</sub> /%	塑性指 数 I <sub>p</sub>	液性指 数 I <sub>L</sub>	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 φ/(°)	压缩系数 a <sub>1-2</sub> /MPa <sup>-1</sup>	压缩模量 E <sub>s1-2</sub> /MPa
③	淤泥质粉土	2.69	38.9	19.3	0.789	88~97	21.8	13.4	8.4				0.33	5.23
⑤	粉质粘土	2.70	24.0	20.0	0.676	95	28.0	16.8	11.2	0.64	52	10.6	0.24	6.94
⑥	粘土	2.74	38.3	18.9	1.007	100	44.3	25.0	19.3	0.69			0.22	7.13

表 2 各土层静力触探成果统计表

层号	地层名称	锥尖阻力 q <sub>c</sub> /MPa				侧壁阻力 f <sub>s</sub> /kPa			
		统计个数	范围值	平均值	建议值	统计个数	范围值	平均值	建议值
②	细砂	12	5.0~6.0	5.39	5.21	12	30~45	39	35
② <sub>A</sub>	细砂	12	2.2~3.5	2.73	2.48	12	19~25	22	20
③	淤泥质粉土	12	0.6~0.7	0.64	0.61	12	4~10	7	6
④	中砂	10	5.0~8.5	7.52	6.46	10	10~85	48	31
⑤	粉质粘土	12	1.2~1.4	1.26	1.19	12	18~25	20	19
⑥	粘土	8	1.8~2.2	1.974	1.90	8	30~50	39	34

收稿日期:2006-10-12

作者简介:张云峰(1974-),男(汉族),陕西渭南人,山东省地质测绘院副院长、高级工程师、注册岩土工程师,水文地质与工程地质专业,从事地质工程方面的技术和管理的工作,山东省济南市梁府小区一区 11 号,(0531)88619906,yfeng\_zhang@163.com。

表3 各土层标准贯入试验成果统计表

层号	岩土名称	数据个数	平均值	标准差	变异系数	推荐值
①	素填土	1	5.0	0.00	0.00	5.0
②	细砂	10	11.9	1.28	0.11	11.2
② <sub>A</sub>	细砂	9	7.4	1.33	0.18	6.6
③	淤泥质粉土	13	2.3	1.17	0.51	1.7
④	中砂	3	17.2	4.75	0.28	10.0
⑤	粉质粘土	7	5.9	1.31	0.22	4.9
⑥	粘土	5	7.9	1.67	0.21	6.4
⑦	强风化云母片岩	1	37.1	0.00	0.00	37.1

认真研究。从理论上分析,一般高压缩性粘土层或砂性较轻的软粘土层,静压法沉桩的成功率较高。这类土层的物理力学指标,可供参考的数值如下:含水量  $w$  大于塑限  $w_p$ ;天然重度  $\gamma_0 < 1.8 \text{ kN/m}^3$ ;内摩擦角  $\varphi < 20^\circ$ ;压缩系数  $a_{1-2} > 0.03 \text{ MPa}^{-1}$ ;塑性指数  $I_p > 10$ ;标准贯入击数  $N < 10$ ;静力触探比贯入阻力  $P_s < 10 \text{ MPa}$ 。当土中夹有砂层时,需根据这层砂土的厚度、相对密度、上下土层的力学性质、桩的结构、强度、型式及压桩机的能力等综合分析判断。

由表1~3各主要岩土层的物理力学性质、双桥静力触探统计资料、标准贯入试验分层统计资料可以看出,地层中的淤泥质粉土、粉质粘土、粘土含水量均大于塑限,测到数据的内摩擦角  $\varphi < 20^\circ$ ,压缩系数  $a_{1-2} \gg 0.03 \text{ MPa}^{-1}$ ,塑性指数均大于10,标准贯入试验击数除砂层外均小于10,静力触探锥尖阻力也都小于10 MPa,与现有静力压桩工程的理论上适用条件相吻合,静力桩工程在该场地的应用具有可行性。

## 4 静力压桩施工情况

### 4.1 施工准备

施工现场较为平坦,考虑到送桩的深度过大和可能产生的挤土效应,对场地进行了2 m深的基坑开挖。开挖后局部贴近地下水位,为施工方便,将施工场地进行了二次平整,留出应有的作业面,四周比最外边的桩位点放出5.0~7.0 m,并对局部超挖部位进行回填、压实。施工场地设临时运桩便道,与主干道形成循环通路。甲方提供了电源,功率和距离都符合施工要求。

由于桩为商品桩,全部桩由车辆运至现场,综合考虑拟建工程的位置、施工路线等因素,设置了专门的管桩堆放区。桩运输时应将桩身垫平,保护好桩身质量;桩堆放时执行下列规定:

- (1) 堆放场地必须平整、坚实;
- (2) 垫木与吊点应保持在同一横断面上,各层

垫木应上下对齐;

(3) 堆放时不同类型桩分开放置,层数不超过7层。

### 4.2 施工中所用机具、设备及仪器(见表4)

表4 主要施工机具一览表

序号	机械或设备名称	规格型号	数量	备注
1	全液压静力压桩机	YZY800型	1台	压桩
2	经纬仪	J2	2台	放线
3	水准仪	NA2	1台	送桩标高监测
4	电焊机	BX1-300	2台	一般焊接
5	送桩器	5 m	1支	接桩
6	二氧化碳保护焊机	NBC-500KR	1套	桩接口焊接

### 4.3 施工顺序

根据地基土的特征和桩位布置,打桩顺序为先施工  $\varnothing 600 \text{ mm}$  桩后再施工  $\varnothing 500 \text{ mm}$  桩。同一场地桩基施工顺序为从基坑边缘向中间防挤沟方向逐排压桩,同时推进的方向逐排改变。施工顺序平面示意图见图1。

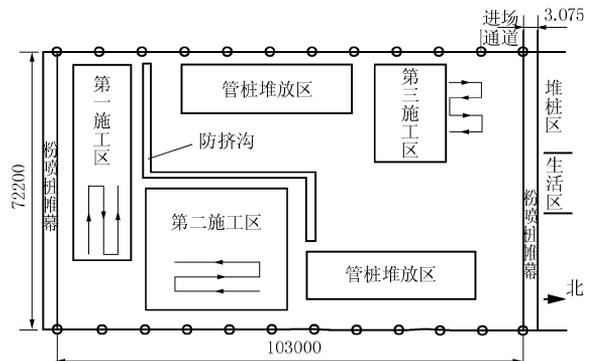


图1 施工顺序平面示意图

### 4.4 施工工艺要点

(1) 测放控制网。根据甲方提供的水准、高程点,在施工场地外设置半永久性的桩位控制点和水准点。桩位控制网点作矩形方格网控制,设置在打桩区域的主要轴线上,本次施工共设置控制点4个。测量控制点设置后,四周加设醒目的围栏保护标志。由于沉桩挤土等因素的影响,打桩场地可能发生位移和土体隆起,为保证控制点的准确性,控制点离开边缘距离为30 m,且经常进行校核,打桩初期每10天复查一次,打桩高峰时每星期复查一次,并认真做好记录。

(2) 测放桩位。根据控制网点和设计图纸的尺寸确定桩位,用小木桩并在顶端钉上小圆钉表示桩中心,小木桩顶端露出地面不超过50 mm。以小圆钉为中心套样桩箍,然后在样桩箍的外侧撒石灰,以示桩位标记。桩位一经测放后,设绳栏保护标志,不

允许人员及车辆随意进入。

(3) 复查桩位。桩位由测量专业技术人员测放, 在施工前, 必须经过质检员复测并经甲方及监理复核、签字后方可进行压桩施工。压桩前施工班组对桩位再进行复核, 无误后方可施压。

(4) 桩机就位。在桩机就位时, 按照操作仪表调正、调平桩机, 然后根据施工前测放的桩位用定位板或石灰把和桩同形的圆周划出, 移动桩机至桩位, 将桩钳口中心对准这个圆周, 再次调正调平桩机, 使桩机准确就位, 保证桩插入垂直度偏差  $\geq 0.5\%$  及平面位置偏差  $< 20\text{ mm}$ 。

(5) 静压沉桩。在检查桩位正确后, 指挥员指挥桩机移向桩位, 桩机上桩工用线锤对准桩位, 引导指挥员指挥桩机司机精确对准桩位。桩工在管桩上捆好钢丝绳, 指挥员指挥吊车司机吊管桩进入桩机夹具, 桩机调平, 管桩在离地面  $50\text{ cm}$  时, 桩机夹具夹紧管桩, 管桩开始对中, 此时桩机反复移动, 在管桩和桩位标志物对准后夹具放松, 管桩插入土中。随即用 2 台经纬仪交叉成  $90^\circ$ , 架在能看清桩的全长地方, 观察桩的垂直度, 确保误差在  $0.5\%$  以内, 指挥员指挥桩机进行反复多次调整, 调整时桩机的船不能动(如果船动, 立刻重新用极坐标检查桩位的准确性), 然后开始沉桩  $1.7\text{ m}$ , 再用极坐标检查桩位, 如果不正确, 拔出管桩, 填孔, 重新放桩位。反之继续沉桩, 沉桩时桩机司机记录每个行程油压缸读数。正常情况下, 每 3 天带资料同设计方沟通一下情况, 碰到特殊情况, 立即向设计、监理汇报, 以便及时处理。

(6) 压桩过程中, 我们充分发挥全液压静力压桩机的优势, 即快、中、慢三速合理调节, 加快沉桩速度, 当地层较软弱时, 桩侧摩阻力、桩端阻力均较小, 采用快速法沉桩; 当地层变为一般粘性土、粉土时, 用中速法; 当地层为难以沉桩的老粘土和风化岩硬壳时, 则采用慢速法, 速度降低, 但压入力却大大提高, 这样可以帮助穿透该硬层。这样 3 种速度相辅相成, 极大地提高了施工效率。

压桩过程中, 一根桩要保持连续施压(包括送桩)完毕, 不得人为中途停压。

(7) 接桩。接桩时先保证同心度, 使上、下节桩中心偏差  $\geq 5\text{ mm}$ , 然后再用 2 台经纬仪测量桩的垂直度, 保证节点弯曲矢高不得大于桩长的  $1\%$ , 且不大于  $20\text{ mm}$ 。焊接桩时, 分层均匀地将套箍对焊的焊缝填满, 为加快施工速度, 减少接桩时间, 设置了 2~3 名焊工同时施焊, 焊接材料采用  $\text{CO}_2$  保护焊,

焊接前将焊口表面污物、泥水及锈蚀清除干净, 焊缝要连续饱满、高出母材  $1\sim 2\text{ mm}$ , 焊接完毕后停歇  $2\sim 5\text{ min}$ 。

(8) 送桩。本工程使用专用的钢质送桩器进行送桩, 在其侧面标出尺寸线, 以便准确观察送桩深度。送桩前复查水准控制点, 由专人仔细计算送桩深度并经 2 人以上相互核实。每班施工后, 另一班重新设定送桩器标志, 并将原标志涂抹掉。

(9) 停压标准。本工程以标高和压力值双控:

① 桩顶达到设计标高, 且压力值满足设计要求;

② 桩顶高于设计标高, 压力值已达到设计要求, 经分析到达目的层的;

③ 桩顶达到设计标高, 但压力值未达到设计压力要求, 应继续施压至设计压力标准, 并立即通知设计单位。

(10) 截桩。对压力值满足设计要求, 桩头高于设计标高的管桩, 在经过设计方和监理方的认可, 等待基坑开挖到设计深度后, 使用专门的截桩器进行截桩。

#### 4.5 施工中可能出现问题的预防

##### 4.5.1 防止土体挤压措施

根据本工程现场情况及邻近建筑物情况, 主要考虑沉桩过程挤土对粉喷桩支护帷幕的影响, 正确安排压桩顺序, 从靠近粉喷桩一侧开始施工, 逐排改变顺序, 同时控制压桩速率, 使平均速率保持在  $1\text{ m/min}$ , 有效地消散土体应力; 同时在施工场地中部设置防挤沟, 防挤沟宽  $1\text{ m}$ 、深  $2\text{ m}$ , 在工程施工结束时, 场地土体最大抬高位移  $30\text{ mm}$ , 没有造成不良的环境影响。

##### 4.5.2 遇障碍物处理措施

我们在桩基施工前, 有的放矢地施工一些探孔, 结合工程勘察资料, 基本掌握了地层特点。所遇到的障碍物都在  $3\text{ m}$  以浅, 在压桩施工时, 用特制钢桩尖先行刺探, 压破障碍物, 然后再进行静压桩施工, 效果较好。

#### 5 静力压桩工程质量检验

先对桩位进行了检查, 所施工桩基最大偏差  $30\text{ mm}$ , 符合规范要求。在经过休止期后, 质检部门抽查了 34 根桩, 对其进行了完整性检测, 除 11 号桩在  $4\text{ m}$  处有轻微缺陷外, 其余桩基全部完整。同时进行了 3 根桩的静载试验, 所测极限承载力分别为  $4260(\text{Ø}500\text{ mm 桩})$ 、 $5247(\text{Ø}500\text{ mm 桩})$ 、 $6240$

(下转第 24 页)

处理。注浆施工过程中的质量控制措施主要有:

(1) 确定注浆顺序后,各注浆孔分次序注浆施工;

(2) 注浆节长为 0.5 m,按单位水泥注入量 100 ~ 150 kg/m 分节控制,使地层各层位均能达到均匀注入的效果;

(3) 严格控制注浆压力,使压力的变化在允许的范围;

(4) 孔口周边串浆经封堵或间歇注浆无效时,及时用清水清洗未灌注的孔段,待浆液凝固后再按工艺要求进行续灌;

(5) 严格控制浆液水灰比及其搅拌时间,使浆液具有较好的流动性。

## 6 加固效果

根据《建筑地基处理技术规范》(DBJ 15-38-2005)静压注浆法中的注浆质量检验方法,结合施工现场的实际条件,本次注浆加固的质量检测方法采用地基加固前后沉降观测法,即地基注浆加固前在加固处理范围内的相应部位、机械设备承台等设立监测点,并对各监测点进行首次的沉降观测,注浆加固施工期间及完工后,再次对上述监测点进行沉

降观测。利用各监测点注浆前后的沉降数据进行对比、分析,确认地基经注浆加固后是否稳定。

根据本装置硫磺车间 P5603 ~ P5006 泵区等 8 处地基 2750 m<sup>2</sup> 注浆加固范围,预先设置的 249 处监测点沉降观测结果,地基注浆加固工程完工 30 天后,其沉降或上升变化量已达到稳定。地基的附加沉降或上升量达到预期的目的。

另外,据使用该装置的职工反映,上述地基未经注浆加固前,检修设备、管线时,若拆开设备放置一天再组装,均出现设备、管线组装时对位困难的情况,但地基注浆加固后,拆开的设备、管线放置 1 周后再组装也未出现上述组装困难的现象。这说明地基的注浆加固效果是显著的。

## 7 结语

(1) 注浆加固施工过程中,造成地基的附加沉降及上升,均未影响各化工设备、管线的正常运行。

(2) 本装置的地基经注浆加固后,已达到不再沉降的稳定目的。

(3) 本工程施工方案中的注浆孔深、钻孔倾角、浆液水灰比、注浆压力、浆液注入量控制等技术参数是合理、可靠的。

(上接第 18 页)

(4) 各种间接勘察手段所获取的资料应与传统的勘察方法(如钻探、原位测试、岩土试验等)、施工检测、施工监测成果进行对比、验证。建立相对应的经验关系,从而建立定量分析、判定标准,确保工程勘察质量。

(5) 在工程勘察中,要不断提高工程勘察技术人员业务水平和综合能力,使其提供的工程建设中的第一手资料具有真实客观性,以确保工程勘察的质量。

(上接第 21 页)

( $\varnothing$ 600 m 桩) kN,承载力达到设计要求,施工桩基工程质量良好。

## 6 结语

本工程是烟台地区的第一个静压预应力管桩项目,它的成功实施,论证了静压法施工工艺在烟台滨海平原地区的可行性,有助于积累静压法桩基施工在烟台地区的施工经验,为该种工艺在烟台滨海平原地区的进一步应用奠定了基础。

## 参考文献:

- [1] GB 50021-20001,岩土工程勘察规范[S].
- [2] 常士骝,等.工程地质手册(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社,1990.
- [3] 郑西客运专线黄土科研项目进入攻坚阶段[J].铁道标准设计,2005,(3).
- [4] 戴一鸣.探讨解决岩土工程勘察中存在的技术问题[J].福建建设科技,2005,(1).
- [5] 彭柏兴.岩土工程勘察常见问题剖析[J].城市勘测,2004,(5).

## 参考文献:

- [1] JGJ 79-2002,建筑地基处理技术规范[S].
- [2] 胡中雄.土力学与环境土工学[M].上海:同济大学出版社,1997.
- [3] DBJ 14-032-2004,山东省建筑工程施工工艺规程[S].
- [4] JGJ 106-2003,建筑桩基检测技术规范[S].
- [5] JGJ 94-94,建筑桩基技术规范[S].
- [6] 蒋选.建筑地基基础工程质量验收规范培训讲座[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [7] 段新胜,顾湘.桩基工程[M].武汉:中国地质大学出版社,1998.