

# 大唐国际东营一期 49.5 MW 风电场工程桩 基施工及其原体试验

李吉林<sup>1</sup>, 张旭虎<sup>2</sup>

(1. 山东电力工程咨询院有限公司, 山东 济南 250100; 2. 河北省环境地质勘察院, 河北 石家庄 050021)

**摘要:**大唐国际东营风电一期工程拟建风电场场区位于东营市东部沿海区域, 拟建场地上覆第四系地层, 结构松散, 厚度较大, 工程性质较差, 地基强度较低, 不能满足重要建(构)筑物对其强度及变形的要求, 且场地内的饱和粉土及砂土在地震影响烈度达Ⅶ度时将可能产生液化现象, 因此需进行地基处理。根据现场岩土条件, 拟采用预应力高强混凝土管桩(PHC), 需进行桩基原体试验。主要介绍了桩基原体试验施工过程、检测方法及试验成果等。

**关键词:**桩基; 原体试验; 预应力高强混凝土管桩

中图分类号: TU473.1<sup>+</sup>3 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2010)09-0040-06

**Pile Foundation Construction of 49.5MW Wind Farm Project for Dongying First Phase of Datang International and Prototype Testing**/LI Ji-lin<sup>1</sup>, ZHANG Xu-hu<sup>2</sup> (1. Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute Co., Ltd., Jinan Shandong 250100, China; 2. Environmental Geology Exploration Institute of Hebei Province, Shijiazhuang Hebei 050021, China)

**Abstract:** Dongying wind power first phase project of Datang International was planed in the position of the coastal area east of Dongying City, the overlying quaternary strata is thick and loose with poor engineering property and low-intensity ground, can not satisfy the requirement of strength and deformation for the important building (structure), the saturated silt and sand clay may produce liquefied natural phenomenon in the Ⅶ degrees of earthquake intensity. According to the site geotechnical conditions, the foundation treatment was planed with pre-stressed high-strength concrete pipe pile (PHC), and the prototype testing was needed. The paper introduced the construction course of prototype testing for pile foundation, detection method and test results.

**Key words:** pile foundation; prototype testing; pre-stressed high-strength concrete pipe pile

## 1 工程概况

大唐国际东营风电一期工程装机容量为 49.5 MW, 拟建风电场场区位于东营市东部沿海区域, 防浪堤西侧约 4 km, 吹填北围堰以北至明源闸间 2.5 km, 占地约 7 km<sup>2</sup>。拟安装 33 台单机容量为 1500 kW 的风力发电机组。拟建场地上覆第四系地层结构松散, 工程性质较差, 地基强度较低, 由于其厚度较大, 不能满足重要建(构)筑物对其强度及变形的要求, 且场地内的饱和粉土及砂土在地震影响烈度达Ⅶ度时将可能产生液化现象, 因此需进行地基处理。根据现场岩土条件, 拟采用预应力高强混凝土管桩(PHC), 需进行桩基原体试验<sup>[1]</sup>。

根据设计要求, 本工程布置 1 组试桩。试桩的反力由锚桩提供, 每根试桩使用 4 根锚桩提供反力。为重复利用锚桩, 节省费用, 3 根试桩集中布置, 共采用 8 根锚桩。试桩和锚桩采用 PHC-AB500

(100)-28a 预应力高强混凝土管桩<sup>[2]</sup>。

本次桩基试验桩位平面布置如图 1 所示。

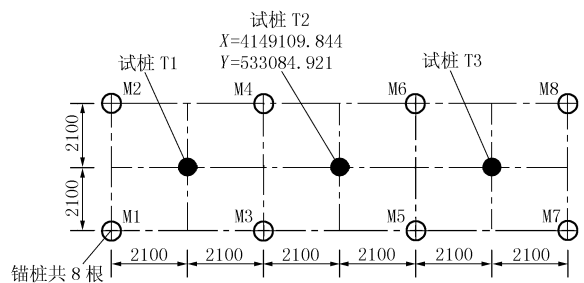


图 1 试桩平面图

## 2 地质条件

### 2.1 地形地貌

拟建场址区地形较平坦, 地貌成因类型为海积平原, 地貌类型为海滩。地面高程为 1.77 ~ 5.31 m。

收稿日期: 2010-03-23; 修回日期: 2010-06-06

作者简介: 李吉林(1977-), 男(汉族), 安徽人, 山东电力工程咨询院有限公司工程师, 工程地质专业, 硕士, 从事基础处理工作, 山东省济南市华龙路 1665 号电力咨询大厦 1415 室, feclj@163.com。

## 2.2 地层结构

拟建场址区勘测深度内揭露地层主要为第四系全新统海陆相交互沉积层( $Q_4^{mc}$ ),局部地表分布有第四系人工填土层( $Q_4^{ml}$ )。岩性为素填土、粉土、淤泥质粉质粘土、粉质粘土和粉砂。

## 3 基桩的设计与施工

根据设计要求,预应力高强混凝土管桩试桩施工应遵照《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-94)、《电力工程地基处理技术规程》(DL/T 5024-2005)及《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476-1999)的有关规定进行。本次试桩沉桩选用 D50 筒式柴油锤,采用重锤轻打的方法,同时应采取措施以减少锤击数,避免桩头打碎<sup>[3]</sup>。

### 3.1 试桩设计

试桩及锚桩均选自国家标准图集预应力混凝土管桩(03SG409),并采用相同的桩型及桩长,采用 PHC-AB500(100)-28a 预应力高强混凝土管桩。桩端全断面进入⑨层粉土 3.0~5.0 m,属于端承摩擦桩。

锚桩打到设计标高后进行筒内配筋后浇 C40 混凝土,每根锚桩筒内配 10 根  $\varnothing 28$  锚筋,锚筋单根长 7.12 m,伸出桩头 1.12 m,钢筋制安完毕后浇筑混凝土,混凝土内掺早强剂及膨胀剂,并严禁进水。C40 混凝土配合比见表 1。

表 1 C40 混凝土配合比表

材料名称	水泥	砂	石子	早强剂	膨胀剂	水
规格	42.5 级	中砂	5~20	RY-06B		自来水
材料用量 /( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	458	734	995	10.1	29	191
坍落度/cm	21.5					

### 3.2 施工要求

预应力混凝土管桩施工要求为:

(1) 施工前,将管桩堆放场地进行平整、压实,管桩堆放时底层桩在距桩端  $0.2L$  ( $L$  为桩长) 处加垫木,由于现场较开阔,管桩堆放层数为一层;

(2) 设备进场前,修建临时进场道路,临时道路路宽  $>6\text{ m}$ ,弯道曲率半径  $>12\text{ m}$ ;

(3) 打桩过程中,利用经纬仪从两侧校正桩的垂直度,使桩保持垂直,避免桩身倾斜,控制桩垂直度偏差不超过 0.5%,打桩时,使桩锤、桩垫和桩身在一条直线上,不偏心锤击,桩垫损坏时应及时更换,使得桩头保持完整;

(4) 接桩时,上下桩节垂直,桩节之间不留空

隙,上下桩节的中心偏差均控制在小于 2 mm;

(5) 接桩采用二氧化碳气体保护焊,焊接前将端板上的剖口进行除锈,露出金属光泽;

(6) 试桩的沉桩记录:沉桩过程中,有专人记录每米锤击数、总击数、最后 10 击的贯入度,打桩机及锤型号、规格、锤跳高度、打桩历时及打桩异常情况等等。

### 3.3 成桩过程分析

沉桩采用 D50 柴油锤进行,试桩和锚桩桩长为 28.0 m,入土深度为 27.5 m。

根据钻孔柱状图,从 22.40 m 进入⑨粉土层,因此,统计各桩桩端进入 22.00 m 之后的每米锤击数、总锤击数及占沉桩总锤击数的比例为:

试桩 T1 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 29~175 击之间,总锤击数为 633 击,约占沉桩总锤击数的 53.69%;

试桩 T2 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 37~167 击之间,总锤击数为 639 击,约占沉桩总锤击数的 58.62%;

试桩 T3 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 36~184 击之间,总锤击数为 756 击,约占沉桩总锤击数的 61.87%;

锚桩 M1 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 38~168 击之间,总锤击数为 645 击,约占沉桩总锤击数的 57.33%;

锚桩 M2 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 37~171 击之间,总锤击数为 621 击,约占沉桩总锤击数的 56.30%;

锚桩 M3 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 29~162 击之间,总锤击数为 619 击,约占沉桩总锤击数的 59.58%;

锚桩 M4 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 36~172 击之间,总锤击数为 638 击,约占沉桩总锤击数的 54.95%;

锚桩 M5 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 26~152 击之间,总锤击数为 522 击,约占沉桩总锤击数的 58.72%;

锚桩 M6 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 28~175 击之间,总锤击数为 568 击,约占沉桩总锤击数的 54.46%;

锚桩 M7 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 31~158 击之间,总锤击数为 593 击,约占沉桩总锤击数的 57.85%;

锚桩 M8 桩端进入 22.0 m 后,每米锤击数在 35

~192击之间,总锤击数为658击,约占沉桩总锤击数的57.27%。

由于进入⑨粉土层较深,锤击数较高,桩头及桩身容易损坏,工程桩制桩时应该严格控制桩身质量,防止沉桩时桩头或桩身打坏,造成沉桩困难。此外,工程桩施工时,由于群桩施工,造成土的挤密效应,可能会产生沉桩困难,应考虑选用大一级桩锤进行沉桩的辅助措施。

停锤标准以标高控制为主、贯入度控制为辅,尽量控制打桩贯入度在3~5 mm/击。

进入持力层⑨粉土层约5.1 m,最后三阵平均贯入度为3.7~5.3 cm/10击。⑨粉土层密度为中密~密实。试桩、锚桩施打情况见表2。

表2 试桩、锚桩施打情况一览表

桩号	桩长/m	桩端入土深度/m	桩端持力层	总锤击数/击	最终贯入度/[cm·(10击) <sup>-1</sup> ]	最后3阵平均贯入度/[cm·(10击) <sup>-1</sup> ]
T1	28.0	27.5	⑨粉土	1179	5	5.3
T2	28.0	27.5	⑨粉土	1090	4	4.3
T3	28.0	27.5	⑨粉土	1222	3	3.7
M1	28.0	27.5	⑨粉土	1125	5	5.3
M2	28.0	27.5	⑨粉土	1103	4	5.0
M3	28.0	27.5	⑨粉土	1039	4	5.0
M4	28.0	27.5	⑨粉土	1161	4	4.3
M5	28.0	27.5	⑨粉土	889	5	5.3
M6	28.0	27.5	⑨粉土	1043	4	5.0
M7	28.0	27.5	⑨粉土	1025	5	5.3
M8	28.0	27.5 </td <td>⑨粉土</td> <td>1149</td> <td>3</td> <td>4.0</td>	⑨粉土	1149	3	4.0

打桩时在锤与桩帽及桩帽与桩之间均加设硬木、硬纸板等弹性衬垫,以加强对桩头的保护。桩端进入持力层⑨粉土层较大,锤击数较高。桩头均保护良好。

## 4 基桩原体试验

### 4.1 单桩竖向静载荷试验

#### 4.1.1 试验方法

##### 4.1.1.1 试验装置

竖向静载荷试验在管桩沉桩完成并休止15天,单桩竖向静载荷试验采用锚桩提供反力,试验主要装置由一根7000 mm×680 mm×1200 mm钢梁作主梁,两根6000 mm×450 mm×800 mm钢梁作副梁,及压板、拉杆和固定螺栓等附件组成。

反力由4根锚桩提供,用2台6300 kN千斤顶提供顶力,电动油泵及0.5 MPa精密压力表测定与控制加、卸载量。

在试桩顶下距桩顶0.5倍桩径的桩周4个方向

安设位移百分表测量桩顶沉降量,每根锚桩上垂直架设机械百分表,测量锚桩上拔量。

基准桩为4根钢管,打入土中,基准梁为30槽钢。试验装置见图2。

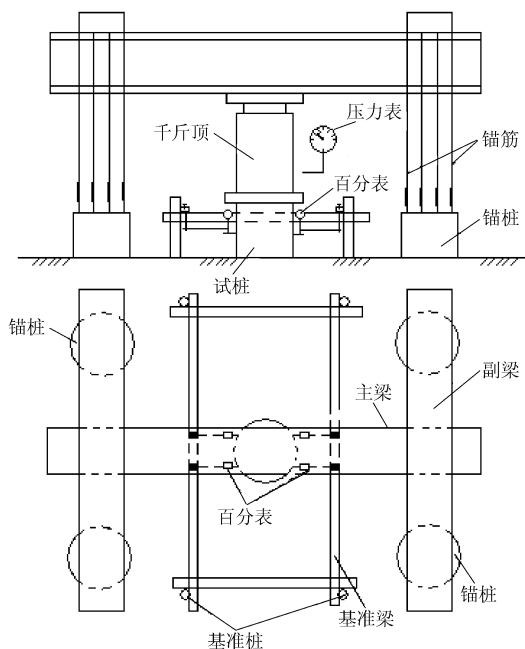


图2 竖向静载试验装置示意图

##### 4.1.1.2 荷载施加

试验按《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003)中第4款单桩竖向抗压静载试验进行,采用慢速维持荷载法,试验荷载分级施加,每一级荷载下沉量达到稳定标准后再加下一级荷载,直至试桩破坏。每级荷载增量为预估极限承载力的1/10,第一级按2倍分级荷载加荷。每级荷载施加后第一小时内第5、10、15、30、45、60 min观测一次读数,然后每30 min测读一次,直至沉降达到稳定标准。然后施加下一级荷载,直至满足试验中止加载条件。

##### 4.1.1.3 沉降稳定标准

每一小时的沉降不超过0.1 mm,并连续出现2次(由1.5 h内连续3次观测值计算),认为已达到相对稳定,可加下一级荷载。

##### 4.1.1.4 终止加载条件

当出现下列情况之一时,即可终止加载:

(1)某级荷载作用下,桩顶沉降量为前一级荷载作用下沉降量的5倍;

(2)某级荷载作用下,桩顶沉降量大于前一级荷载作用下沉降量的2倍,且经24 h尚未达到相对稳定标准;

(3)已达到锚桩的最大抗拔力时。

##### 4.1.1.5 卸载与卸载沉降观测

卸载时,每级荷载维持 1 h,按第 15、30、60 min 测读桩顶沉降量后,即可卸下一级荷载。卸荷至零后,应测读桩顶残余沉降量,维持时间为 3 h,测读时间为第 15、30 min,以后每隔 30 min 测读一次。

4.1.1.6 单桩竖向抗压极限承载力  $Q$  的综合确定

(1) 根据沉降随荷载变化的特征确定。对于陡降型  $Q-s$  曲线,取其发生明显陡降的起始点对应的荷载值。

(2) 根据沉降随时间变化的特征确定。取  $s-lgt$  曲线尾部出现明显向下弯曲的前一级荷载值。

(3) 在某级荷载作用下,桩顶沉降量大于前一级荷载作用下沉降量的 2 倍,且经 24 h 尚未达到相对稳定标准,取前一级荷载值。

(4) 对于缓变型  $Q-s$  曲线可根据沉降量确定。宜取  $s=40$  mm 对应的荷载值;当桩长  $>40$  m 时,宜考虑桩身弹性压缩量;对直径  $\geq 800$  mm 的桩,可取  $s=0.05D$  ( $D$  为桩端直径) 对应的荷载值。

4.1.1.7 单桩竖向抗压极限承载力统计值的确定应符合下列规定

(1) 参加统计的试桩结果,当满足其极差不超过平均值的 30% 时,取其平均值为单桩竖向抗压极限承载力;

(2) 当极差超过平均值的 30% 时,应分析其极差过大的原因,结合工程具体情况综合确定,必要时可增加试桩数量;

(3) 对桩数为 3 根或 3 根以下的柱下承台,或工程桩抽检数量少于 3 根,应取低值。

单位工程同一条件下的单桩竖向抗压承载力特征值  $R_a$  应按单桩竖向抗压极限承载力统计值的一半取值。

4.1.2 试验成果

试桩 T1、T2、T3 的加荷等级详见表 3。

表 3 加荷等级表

序号	试桩加载荷载/kN		
	T1	T2	T3
1	800	800	1000
2	1200	1200	1500
3	1600	1600	2000
4	2000	2000	2500
5	2400	2400	3000
6	2800	2800	3500
7	3200	3200	4000
8	3600	3600	4500
9	4000	4000	
10	4400		
11	4800		

试桩各级荷载作用下的沉降量汇总见表 4。

表 4 试桩沉降量汇总表

T1		T2		T3	
荷载/kN	桩顶沉降/mm	荷载/kN	桩顶沉降/mm	荷载/kN	桩顶沉降/mm
800	1.24	800	1.90	1000	2.03
1200	1.99	1200	2.75	1500	3.63
1600	2.94	1600	4.01	2000	5.66
2000	4.55	2000	5.75	2500	8.29
2400	6.47	2400	8.05	3000	11.47
2800	9.22	2800	11.32	3500	15.33
3200	12.63	3200	14.91	4000	32.74
3600	17.01	3600	19.26	4500	113.04
4000	22.38	4000	90.12	3000	112.34
4400	28.44			2000	107.91
4800	83.66			1000	102.05
				0	92.84

4.1.3 试验结果分析

4.1.3.1 试验结果

试验资料主要数据见表 5。

表 5 试验资料统计表

试桩号	最大加载量/kN	总沉降量/mm	终止加载原因
T1	4800	83.66	桩头破碎
T2	4000	90.12	桩头破碎
T3	4500	113.04	桩顶总沉降量已超过 80 mm

4.1.3.2 单桩竖向抗压极限承载力的确定

根据各试桩竖向静荷载试验结果,按《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003) 中第 4.4.2 条的取值要求,将各试桩确定的单桩极限承载力列于表 6。

表 6 试桩竖向抗压极限承载力及竖向承载力特征值

试桩编号	桩长/m	入土深度/m	桩端持力层	竖向静载极限承载力/kN	单桩竖向极限承载力平均值/kN	单桩竖向承载力特征值/kN
T1	28.0	27.5	⑨粉土	4000		
T2	28.0	27.5	⑨粉土	3600	3700	1850
T3	28.0	27.5	⑨粉土	3500		

根据上表所列结果,场地的单桩竖向极限承载力;最大值为 4000 kN,最小值为 3500 kN,平均值为 3700 kN,极差值为 500 kN,极差小于平均值的 30%,根据《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003) 中第 4.4.3 条的要求,确定试桩单桩竖向极限承载力  $Q_u = 3700$  kN<sup>[4]</sup>。

根据《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003) 中第 4.4.4 条的要求,单桩竖向承载力特征值  $R_a = 1850$  kN。

4.2 单桩水平静载试验

#### 4.2.1 试验方法

##### 4.2.1.1 试验装置

试验按《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106 - 2003)中第6款单桩水平静载试验进行。试验采用单向多次循环加载法,由锚桩提供反力,由千斤顶施加水平推力,压力传感器控制推力,试验装置见图3。桩的水平位移由位移传感器和自动记录仪进行数据采集。

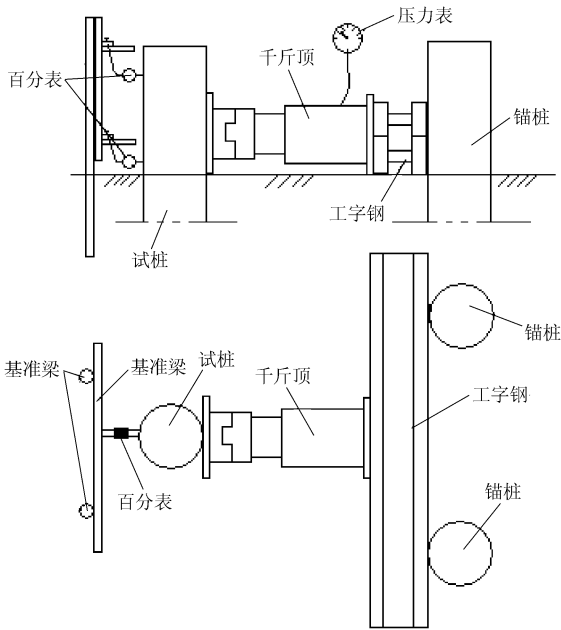


图3 水平静载试验装置示意图

##### 4.2.1.2 加荷等级

每级荷载施加后4 min测读水平位移,然后卸荷至零,2 min后测读残余水平位移量,至此完成一个加载循环。每级荷载完成5个循环。水平静载试验加荷等级见表7。

表7 水平静载试验加荷等级

级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
荷载/kN	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	...

##### 4.2.1.3 水平静载试验终止加载条件

- (1) 桩身折断;
- (2) 桩身水平位移超过40 mm。

##### 4.2.1.4 单桩的水平临界荷载综合确定方法

(1) 取  $H_0 - t - y_0$  曲线出现拐点的前一级水平荷载值;

(2) 取  $H_0 - \frac{\Delta y_0}{\Delta H_0}$  曲线上第一拐点对应的水平荷载值。

##### 4.2.1.5 单桩的水平极限承载力综合确定方法

(1) 取  $H_0 - t - y_0$  曲线产生明显陡降的前一级;

(2) 取  $H_0 - \frac{\Delta y_0}{\Delta H_0}$  曲线上第二拐点对应的水平荷载值;

(3) 取桩身折断或受力钢筋屈服时的前一级水平荷载值。

##### 4.2.1.6 单桩水平极限承载力和水平临界荷载统计值的确定应符合下列规定

(1) 参加统计的试桩结果,当满足其极差不超过平均值的30%时,取其平均值;

(2) 当极差超过平均值的30%时,应分析其极差过大的原因,结合工程具体情况综合确定,必要时可增加试桩数量;

(3) 对桩数为3根或3根以下的柱下承台,或工程桩抽检数量少于3根,应取低值。

#### 4.2.2 试验成果分析

根据各试桩水平静载荷试验结果,按《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106 - 2003)中第6.4.3条和第6.4.4条的取值要求,将各试桩确定的单桩水平临界荷载和水平极限荷载列于表8。

表8 单桩水平临界荷载和极限荷载表

试桩编号	水平临界荷载 $H_{cr}$ /kN	水平临界荷载对应的位移 /mm	水平极限荷载 $H_u$ /kN	水平极限荷载对应的位移 /mm	水平位移6 mm对应的水平荷载 $H$ /kN	水平位移10 mm对应的水平荷载 $H$ /kN
T1	36	3.89	72	20.10	45	54
T2	45	4.42	81	14.81	54	72
T3	45	3.56	90	12.34	63	81

根据上表所列结果,场地的单桩水平临界荷载:最大值为45 kN,最小值为36 kN,平均值为42 kN,极差值为9 kN,极差小于平均值的30%,根据《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106 - 2003)中第6.4.5条的要求,确定试桩单桩水平临界荷载  $H_{cr} = 42$  kN;场地的单桩水平极限荷载:最大值为90 kN,最小值为72 kN,平均值为81 kN,极差值为18 kN,极差小于平均值的30%,根据《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106 - 2003)中第6.4.5条的要求,确定试桩单桩水平极限荷载  $H_u = 81$  kN。

所以确定单桩水平临界荷载和极限荷载值为:

单桩水平临界荷载  $H_{cr}$  为42 kN;

单桩水平极限荷载  $H_u$  为81 kN。

## 5 基桩施工建议

### 5.1 基桩的施工

(1) 根据基桩施工结果,采用筒式D50柴油锤

进行沉桩是可行的,总锤击数在889~1222击之间。试桩全断面进入持力层⑨粉土层深度为5.10 m,进入⑨粉土层后的锤击数约占沉桩总锤击数的53.69~61.87%。

(2)试桩停锤标准以标高控制为主、贯入度控制为辅。试桩进入持力层⑨粉土层约5.10 m,最后三阵平均贯入度为3.7~5.3 cm/10击。

(3)试桩由于进入持力层较深,锤击数较高,桩头及桩身容易打坏,工程桩制桩时应该严格控制以下几点,防止沉桩时桩头或桩身打坏造成沉桩困难。

①控制桩身混凝土质量,达到试桩桩身混凝土设计强度;

②加强工程桩的养护,严格控制桩的养护龄期,严禁施打没有达到养护龄期的桩;

③施工时应加强对桩头的保护,以免桩头破碎。

(4)此外,工程桩施工时,由于群桩施工造成土的挤密效应使土层局部变得更加密实,可能会出现沉桩困难。设计需考虑工程桩施工发生沉桩困难时,采用大一级型号的桩锤进行沉桩或采取引孔的辅助措施。

## 5.2 工程桩停锤标准的确定

根据本次试桩结果,建议工程桩根据持力层不同密实程度,进入持力层深度3.0~5.0 m。施工时停锤标准实行桩顶设计标高和桩身贯入度双控原则。以标高控制为主、贯入度控制为辅。如采用筒式D50柴油锤或相同量级的桩锤进行施工,贯入度控制在3~5 cm/10击为宜。工程桩施工时如采用其他型号的桩锤,停锤标准应该根据施工前的试打确定。

## 5.3 桩端持力层评价

根据本次试桩结果,桩端全断面进入⑨粉土层约5.10 m,试桩最后三阵平均贯入度为3.7~5.3 cm/10击,从竖向静载试验及高应变试验的结果可见,选用⑨粉土层作为桩端持力层是可行的。

工程桩施工中如遇透镜体较厚的地段,PHC管桩需穿透局部分布的粉砂透镜体,若出现沉桩困难时,可采用引孔助沉措施<sup>[5]</sup>。

## 5.4 单桩竖向承载力

根据试验结果,确定单桩竖向极限承载力及单桩竖向承载力值。

场地的单桩竖向极限承载力:最大值为4000 kN,最小值为3500 kN,平均值为3700 kN,极差值为500 kN,极差小于平均值的30%,根据《建筑基桩检

测技术规范》(JGJ 106-2003)中第4.4.3条的要求,确定试桩单桩竖向极限承载力 $Q_u = 3700$  kN。

根据《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003)中第4.4.4条的要求,单桩竖向承载力特征值 $R_u = 1850$  kN。

## 5.5 单桩水平承载力

根据试验结果,确定单桩水平临界荷载、极限荷载。

场地的单桩水平临界荷载:最大值为45 kN,最小值为36 kN,平均值为42 kN,极差值为9 kN,极差小于平均值的30%,根据《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003)中第6.4.5条的要求,确定试桩单桩水平临界荷载 $H_{cr} = 42$  kN;场地的单桩水平极限荷载:最大值为90 kN,最小值为72 kN,平均值为81 kN,极差值为18 kN,极差小于平均值的30%,根据《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003)中第6.4.5条的要求,确定试桩单桩水平极限荷载 $H_u = 81$  kN。

所以确定单桩水平临界荷载和极限荷载值为:

单桩水平临界荷载 $H_{cr}$ 为42 kN。

单桩水平极限荷载 $H_u$ 为81 kN。

根据水平力设计时,注意需根据有关规范对水平力进行地震液化折减。

## 6 结论

大唐国际东营风电一期工程拟建风电场场区位于东营市东部沿海区域,拟建场地工程性质较差,地基强度较低,不能满足重要建(构)筑物对其强度及变形的要求,通过采用预应力高强混凝土管桩(PHC)进行桩基原体试验,对桩基施工过程及试验成果进行分析,为工程桩施工提供可靠数据和经验,达到了试验的目的。

## 参考文献:

- [1] 叶真华,唐世栋,苏玉杰. 桩基存在对基坑坑底变形性状的作用分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):45-48.
- [2] 蒋建平,高广运,汪明武. 基于试验的群桩基础承载性状研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(6):1-5.
- [3] 宋小军,姚慧敏. 天津地区淤泥类土对桩基质量的影响规律及防治方法[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(12):1-4.
- [4] 徐新跃. 确定桩基极限承载力的随机-模糊方法[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(5):6-8.
- [5] 施建勇. 地基基础理论及应用[M]. 江苏南京:河海大学出版社,2002.26-38.