

# 超长预应力管桩施工实践

丁旭亭

(浙江省岩土基础公司,浙江 宁波 315040)

**摘要:**根据《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476-1999)、浙江省建筑标准《设计结构标准图集》(2002 浙 G22)的规定,预应力管桩摩擦桩的长径比 $\geq 100$ ,当用于端承桩或摩擦端承桩且须穿过一定厚度较硬土层时,其长径比 $\geq 80$ 。理想·伊萨卡管桩工程最长的设计桩长60 m,桩径为550及600 mm,采用4节15 m的桩连接,长径比超过100,属于超长预应力管桩且地基土层主要为粉土与砂土。通过杭州理想·伊萨卡管桩工程实例,对砂层、粉土层中超长预应力管桩的施工工艺的制定进行了有益的探索。

**关键词:**超长预应力管桩;试成桩;管桩质量检验;焊接接桩;成桩工艺

**中图分类号:**TU473.1<sup>+</sup>3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)04-0051-04

**Construction Practice of Super-long Pre-stressed Tubular Pile/DING Xu-ting** (Zhejiang Provincial Geo-engineering Foundation Company, Ningbo Zhejiang 315040, China)

**Abstract:** Based on "Pre-tensioned Pre-stressed Concrete Tubular Pile" (GB 13476-1999) and "Design Structure Standard Alta" (2002 Zhejiang G22), the length-diameter ratio of frictional pre-stressed tube pile should less than 100, and the length-diameter ratio of end bearing pile or frictional end bearing pile should less than 80 while getting through a certain thickness in hard soil. The paper introduced an engineering case of super-long pre-stressed tubular pile in silty and sandy soil with the longest design pile length of 60m, diameter of 550mm and 600mm, connected by 4 piles of 15m, the length-diameter ratio was more than 100. Beneficial exploration was made on construction of super-long pre-stressed tube pile in sand and silt layer based on this case in Hangzhou City.

**Key words:** super-long pre-stressed tubular pile; testing pile; tubular pile inspection; welding pile; pile construction technology

## 1 预应力管桩的应用及现状

预应力管桩施工是通过压桩机的压桩机构以压桩机自重和桩架的配重作反力或桩锤的锤击而将预应力管桩压入土中的一种沉桩工艺。它具有无污染、施工文明、场地整洁;施工过程劳动强度低,操作自动化程度高;施工速度快、工效高、工期短;管桩在工厂制作,质量较可靠;施工成本较低等特点。预应力管桩近几年来已被广泛应用在东南沿海地区的多层、小高层,20~35层高层民用建筑、大跨度厂房、电厂、钢铁厂、码头、软土加固等基础工程中。目前,预应力管桩已在我省建筑工程中得到大量使用,已是我省桩基发展的主要桩型之一。

一般预应力管桩设计不超过3个节头,4节桩。根据《先张法预应力混凝土管桩》(GB 13476-1999)、浙江省建筑标准《设计结构标准图集》(2002 浙 G22)的规定,预应力管桩摩擦桩的长径比 $\geq 100$ ,当用于端承桩或摩擦端承桩且须穿过一定厚度较硬土层时,其长径比 $\geq 80$ 。根据地层及设计荷载的实

际情况,有些项目的预应力管桩设计长径比会超过上述规定,对这些预应力管桩,我们称之为超长预应力管桩。当地层中遇到砂层、粉土层时,超长预应力管桩沉桩就比较困难,强行施打时,经常出现桩身结构难以满足设计承载力要求的现象。此时,常用的预应力管桩施工工艺往往不能满足施工质量要求。因此对长径比 $> 100$ 的摩擦桩(端承桩或摩擦端承桩长径比 $> 80$ )的超长预应力管桩的施工有必要进行实践探索,提出切实可行的施工控制措施。

超长预应力管桩与普通预应力管桩相比,成桩难度更大,主要表现在以下几个方面。

(1) 由于管桩过长,桩身垂直度不容易控制,造成桩身倾斜及桩位偏移。

(2) 桩身过长,施工至设计标高时锤击数比较多,极易造成桩头破裂与桩身电焊接头损伤,对桩身造成损坏。

(3) 经常需要穿越粉土与砂土层,沉桩难度大。

(4) 沉桩挤土效应更明显。

收稿日期:2008-11-09

作者简介:丁旭亭(1970-),男(汉族),浙江宁波人,浙江省岩土基础公司总工程师、高级工程师,探矿工程专业,从事岩土工程设计与施工工作,浙江省宁波市江东区宁穿路448弄16号,ding0810@163.com。

## 2 理想·伊萨卡管桩工程概况

由杭州理想置业有限公司投资开发的理想·伊萨卡大型住宅小区位于杭州市城东下沙。该小区由1~13号楼共计13幢高层、小高层住宅组成。该项目桩基采用预应力管桩、钻孔桩。钻孔桩桩径为800~1000 mm。预应力管桩2344根,分4种类型,详见表1。

表1 预应力管桩一览表

序号	桩型	桩数 /根	桩长 /m	设计单桩承 载力/kN
1	PHC-AB600(100)	339	54~60	1850
2	PHC-AB550(100)	1150	54~60	1650
3	PC-A500(100)	76	12	
4	PC-A400(75)	779	11	

注:总桩数2344根,其中超长预应力管桩1489根。

理想·伊萨卡管桩工程最长的设计桩长60 m,桩径为550及600 mm,采用4节15 m的桩连接,长径比超过100,属于超长预应力管桩且地基土层主要为粉土与砂土。

根据《岩土工程勘察报告》,本工程场地地层自上而下分布如下:①素填土,层厚0.6~3.5 m;②砂质粉土,层厚0~3.5 m;③砂质粉土夹粉砂,层厚1.0~11.6 m;④淤泥质粉质粘土,层厚1.2~6.3 m;⑤砂质粉土,层厚0.9~5.0 m;⑥淤泥质粉质粘土,层厚16.0~26.0 m;⑦粉质粘土,层厚2.4~13.0 m;⑧粉质粘土夹砂,层厚1.1~8.5 m;⑨粉细砂、砾砂,揭穿层厚9.0 m。

## 3 施工工艺的改进与确定

由于超长预应力管桩与普通预应力管桩相比,对工程质量的控制要求更高,按照一般施工工艺进行超长预应力管桩施工,技术经济各项指标都难达到要求。为此项目部安排4根桩进行了试成桩,并对试成桩进行了低应变动测及静荷载测试,以便分析、改进成桩工艺。

### 3.1 试成桩

试成桩情况:2根PHC-AB600(100)管桩,施工桩长为59 m,总锤击数分别为2650、2552击;2根PHC-AB550(100)管桩,施工桩长为60 m,总锤击数分别为2666、3064击。

经低应变动测,4根试桩中PHC-AB600(100)及PHC-AB550(100)管桩各有1根为Ⅰ类桩,其余为Ⅱ类桩。用红外线探头放进管桩内观察桩身,发现2根Ⅱ类桩桩身质量问题主要表现为:管桩节头附近破碎或出现裂缝。经静荷载测试,有3根管桩

竖向抗压承载力符合设计要求,总锤击数为3064击的管桩桩身压碎,竖向抗压承载力未达设计要求。

### 3.2 工艺改进

根据试成桩及动、静测情况,项目部通过向有关专家请教,并查阅了大量的相关资料,对管桩结构及施工工艺提出改进建议。

(1)根据管桩受力情况在弯矩较大处用增加管桩壁厚的桩,以增加管桩的锤击打能力,保证桩身质量;

(2)加强对管桩的桩型选择及进场管桩的质量控制。

(3)对工艺方法做出调整,采取打桩前先在每节管桩端部2 m处钻超孔隙水压力释放孔等相应措施。

针对改进的措施,建设单位召集特邀专家及相关单位的总工程师,举行专家论证会,经专家论证确定本法可行。

### 3.3 组织实施

(1)经过专家论证会讨论后,决定桩身4节管桩中上部两节管桩换用厚壁管桩;原PHC-AB550(100)管桩换为PHC-AB550(125),原PHC-AB600(100)管桩换为PHC-AB600(130)。经充分论证和试验后,本工程在1478根桩中采用了厚壁管桩,共使用2956节。

(2)上部两节管桩在桩端2 m范围内掺加钢纤维,以增加管桩的抗锤击能力,实际使用1478根桩,共2956节。

(3)对生产厂家提出更高的质量要求,对每天进场的管桩由专人进行严格的检查,不合格或有缺陷的产品一律退货。

### 3.4 超长预应力管桩的施工工艺及技术要求

#### 3.4.1 试成桩

在正式开工前,选择一个具有代表性的位置安排一根或几根试验桩,以达到以下目的:

(1)核对地质资料的准确性,以利施工方案的进一步完善;

(2)通过试验桩的施工,检验所选设备是否适宜;

(3)通过试验桩的施工,检验所采用的施工工艺的可行性;

(4)确定成桩工艺流程和技术细节及技术参数;

(5)确定施工的质量控制要点。

#### 3.4.2 施工顺序

施工前制定科学、合理的施工顺序,同一幢楼先施工深的桩位,由中间向两边施工,所有桩必需跳打一个桩位以上。

#### 3.4.3 供桩

根据试成桩情况确定日具体沉桩数。

#### 3.4.4 定位放样

打桩前应布置测量控制网、水准基点,按平面放线定位。设置的控制点和水准点的数量不少于3个,并应设在受打桩影响范围之外,所有轴线均在其延伸线上打入标记桩,施工时每天复测该日作业轴线位置。

#### 3.4.5 超孔隙水压力释放孔

施工前每节管桩受锤击的那一端,在距离管桩端部2 m处用冲击电锤钻一个直径22~24 mm的小孔。锤击过程中能及时释放地层中由于挤土引起的超孔隙水压力,利于保证管桩质量,利于管桩贯入。

#### 3.4.6 桩机就位

桩机设备进场后,进行安装调试,然后移机至起点桩位就位,桩架安装就位后应垂直平稳。打桩前,应用2台经纬仪对打桩机进行垂直度调正,使导杆垂直。每节桩打桩期间都需进行校核检查,随时保持导杆的垂直度。

#### 3.4.7 管桩质量检验

预应力管桩应有出厂合格证,对运抵现场的管桩应会同监理人员进行复核。桩的外观质量应符合要求,桩表面平整坚实,不得有裂缝。每根桩在施打前应对桩进行检验,不合格的桩不得入土。

#### 3.4.8 插桩就位

插桩就位位置及垂直度是保证沉桩质量的关键,尤其是对于超长管桩,垂直度控制更是施工中的一个重点。吊桩时,要严格遵守安全技术操作规程,防止打桩机倾斜、钢丝绳从桩上脱落、桩和打桩机导管撞击及其他人身事故的发生。插桩后,应调正桩锤、桩帽、桩垫及打桩机导杆,使之与打入方向成一直线,可使用经纬仪测定就位准确性及垂直度。经纬仪应设置在不受打桩机移动及打桩作业影响的位置,并经常与打桩机导杆成直角的移动。

#### 3.4.9 检查桩头质量

在打桩前对管桩桩头位置的砿及端板质量,仔细复查一次,若发现有缺陷的,更换管桩。

#### 3.4.10 打桩入土

适当调整锤重、油门,做到重锤轻击,通过每幢楼施工过程中的经验积累把油门调整到最佳挡位。

增加桩帽内的垫层厚度,经常检查、及时更换。根据施工经验,第一节桩在桩锤自重作用下即可压入土中,即使施打,也可能经常发生不跳锤,总锤击数很少,因此,在确认桩的中心位置及垂直度无误后,徐徐将锤放上桩顶,直至桩自沉到某一深度不动为止。在开始锤击作业时,应先进行缓慢的间断试打,直至桩打入地层一定深度为止。在桩的垂直度得到正确调正后,即可正常施打。打桩初期如桩发生偏斜,可将桩拉起修正或拔起再重打。重打时,可能仍会向原打入方向偏斜,此时可使用坚固的导材按所定方向导正。

#### 3.4.11 焊接接桩

接桩时要确保上下桩的轴线在同一直线上,其错开量和间隙应保证在允许误差内。接桩采用电焊焊接,焊条采用E43型。接桩时,下节桩的地面预留高度一般为50~80 cm,上下段桩的中心偏差 $\geq 5$  mm。上下端板应除污、除锈,端口出现金属光泽,方可焊接。焊接应分层、对称、均匀、连续施焊,根部必须焊透,焊接道数不得小于二道,每道焊接头应超前引弧,注意焊接的始端和终端的焊口处理,表面加强焊缝高度宜为1~2 mm,力求平滑。焊接后应进行外观检查,焊缝不得有凹痕、咬边、裂缝、夹渣等表面缺陷,发现缺陷时应返修,但同一焊缝返修次数不得超过2次。焊接结束后应自然冷却10 min后方可施打。

#### 3.4.12 成桩困难处理

由于超长管桩周身会产生比普通管桩更大的摩阻力,桩越长,摩阻力越大,成桩会变得更加困难。打桩过程中如发现贯入度很小,成桩困难时,不能强行施打,查明原因并作相应处理后再进行施打。如果只是因为摩阻力的增大引起贯入度很小时,可以在桩周身适当浇点水,增加润滑,以利成桩。如果成桩仍然不顺,可以会同设计等有关部门进行协商,对桩尖进行改进,提高桩尖切入土体的能力,确保成桩顺利。

#### 3.4.13 送桩

送桩前,将桩杆的下端套在桩顶上,上端置于桩帽下,起替打作用。根据工程情况确定送桩杆长度,保证送桩施工时锤、送桩杆和桩身三者的轴线在同一直线上,减小偏心影响。桩帽下端设置硬木桩垫,要求厚薄均匀,与桩顶全断面接触,以免桩顶受力不均匀而发生桩顶破损现象。

#### 3.4.14 监测与预防措施

管桩施工对周围有明显的挤土效应,为了防止

施工对周边建筑物与地下管线的影响,在沉桩区周围挖防震沟,设置深层土体位移监测点,每天进行监测,发现异常情况,及时采取如下措施进行处理:

(1)立即停止打桩作业;

(2)在异常部位设计施工应力释放孔,孔间距根据位移变化综合考虑,孔的深度一般为桩长的2/3;

(3)对日成桩数量进行调整,在不影响总工期的前提下,减少日成桩数;

(4)向设计部门建议采用开口型桩尖,减小挤土效应。

#### 3.4.15 施工工艺流程图

超长预应力管桩施工工艺流程见图1。

### 4 工程完成情况

理想·伊萨卡管桩工程完工后,静荷载试验桩数30根,竖向抗压单桩承载力均符合设计要求:PHC-AB600(100)型桩设计单桩承载力1850 kN,试验单桩极限承载力3700 kN;PHC-AB550(100)型桩设计单桩承载力1650 kN,试验单桩极限承载力3300 kN。低应变检测桩数493根,桩身质量均符合要求,其中Ⅰ类桩468根,占95%,Ⅱ类桩25根,占5%,无Ⅲ类桩。桩位偏位最大尺寸与桩身倾斜度未超过规范允许范围,桩基施工引起的挤土对周边建筑物未造成影响。本工程经验收合格并交付。

### 5 存在问题

超长预应力管桩的施工难点在于既要在粉土、砂层等难贯入的地层中顺利贯入管桩,又要保证桩

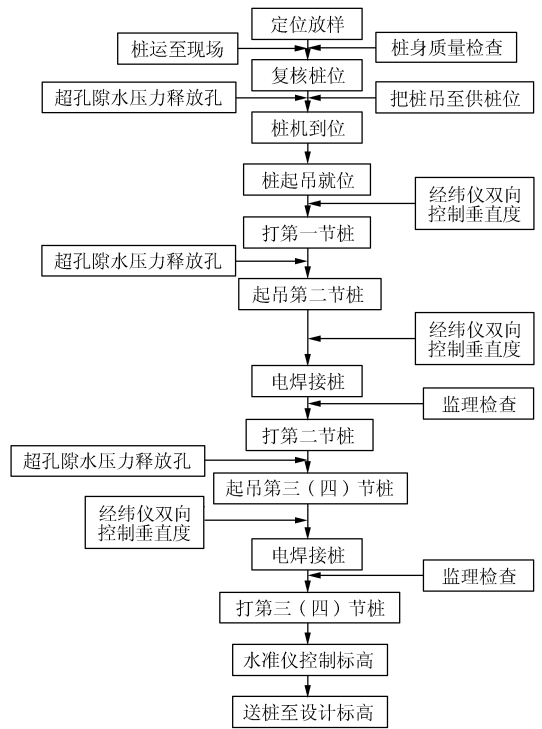


图1 超长预应力管桩施工工艺流程图

身质量,理想·伊萨卡管桩工程施工中,少部分桩锤击数超过3000击,容易造成桩身损坏。因此,在砂层、粉土中顺利贯入管桩,保证桩身质量的前提下,通过改进施工工艺,如何降低总锤击数值得进一步探索。

#### 参考文献:

- [1] GB 50021-2001,岩土工程勘察规范[S].
- [2] JGJ 94-2008,建筑桩基技术规范[S].
- [3] GB 13476-1999,先张法预应力混凝土管桩[S].
- [4] 2002浙G22,设计结构标准图集[S].

## 《岩心钻探规程》修编工作近期启动

本刊讯 岩心钻探技术涉及地矿、冶金、煤炭、有色、核工业、化工、建材等各工业部门,是资源勘查最主要、最直接的技术手段,具有不可替代的重要作用。钻探规程是钻探施工中必须遵循的准则,是实现探矿工程现代化管理的重要基础。进行岩心钻探规程修编,提出适合我国岩心钻探工作要求,同时与国际先进水平基本一致的技术规程具有重要意义。根据中国地质调查局[2009]05-01-01号工作任务书要求,勘探技术研究所承担了《地质调查技术标准研制修订与升级—岩心钻探规程》修编工作。

我国现行地质岩心钻探规程编制于上世纪80年代,一些内容已经与地质岩心钻探技术最新成果的发展不相适应,同时在环境和生态保护等方面几乎未有涉及,已经明显严重

影响到地质调查和资源勘探工作。近一年来,规程修编工作组广泛收集了国内外相关标准资料,结合国内钻探生产实践,组织专业人员进行了反复讨论。新规程修编工作尝试将地质勘查行业的国情特点和国外先进金刚石岩心钻探技术有机结合,加强具有我国特色的创新性成果,如深孔复杂地层综合钻探、高原缺水地区快速钻探、液动冲击回转钻探技术的研究总结,吸纳新型全液压钻机、新型泥浆材料、长寿命金刚石钻头、环境和生态保护等方面最新成果,都科学合理地体现在新的规程规范中。

钻探规程修编工作由著名钻探技术专家王达教授主持,赵国隆、萧亚民、陈星庆、汤松然等资深钻探技术专家参加。

(孙建华 供稿)