

# 针对具体地质情况选择桩机的实践

林振华

(福建六建建工集团公司,福建福州 350009)

**摘要:**结合工程实例,讨论了在大口径钻孔灌注桩施工中,如何针对具体地质情况选择不同的桩机的问题,从而提高施工效率。

**关键词:**冲(钻)孔灌注桩;地质情况;冲击钻机;工程钻机

**中图分类号:**P634.3<sup>+</sup>1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2006)10-0042-04

**Practice on Pile-driving Machine Choice by Different Geological Conditions/LIN Zhen-hua** (6<sup>th</sup> Company of Fujian Construction Engineering Group, Fuzhou Fujian 350009, China)

**Abstract:** Discussion was made with engineering cases on how to choose pile-driving machine in large diameter bored cast-in-place pile construction in different geological conditions, so as to increase construction efficiency.

**Key words:** percussive bored cast-in-place pile; geological condition; percussive drill; construction drill

## 1 问题的提出

在福州地区的房屋建筑桩基工程施工方面,以往有过的经验是:需穿越的卵石层或碎石层只有3~4 m左右,在持力层上覆盖的强风化层仅2~3 m,同时省定额部门定价的原则也是按这一常规来制定的,从而直接制约了投标控制价。随着建筑物高度越来越高,单桩承载力要求也越来越大,从而必须向越来越深的岩土层中选取符合高层建筑所需的高承载力的持力层,因此施工的难度也越来越大,要求桩机设备性能越来越先进,同时单价也越来越高。然而由于人们认识的不到位,定价的不合理,造成了低单价中标,形成了一个被动局面:低单价的常规桩机设备无法施工,先进大型设备能施工但单价高又与中标价相差太大难以接受。基于以上情况,笔者在以下工程实例中,对如何选择经济适用桩机进行了探讨。

## 2 工程概况及地质情况

福州某工程主楼,地上35层,地下2层,主楼结构体系为框架-核心筒结构,单柱最大轴力荷重为55000 kN。

主楼桩基为冲(钻)孔灌注桩,桩径1300 mm,桩长约60 m。满樁桩,桩距3.6 m,共130根。持力层为中风化层,单桩承载力为13000 kN,为福州市房屋建筑工程中单桩承载力使用最大的。施工难度在于需钻透约13 m的卵石层和约20 m的强风化岩

层,这在福州地区以往的工业与民用建筑施工中从未有过。

主要岩土层平均厚度为:杂填土层2.42 m,淤泥12.8 m,粉质粘土7.5 m,卵石12.4 m,强风化岩20.1 m,进入中风化岩0.5 m。

有一定难度的岩土层描述如下:

卵石⑥:灰、灰黄色,饱和,中密,含5~20 mm砾石30%~35%,次圆次棱角状,含50%~60%的卵石,直径多为30~80 mm,大者150 mm,成分主要为花岗岩及凝灰熔岩类,以粘性土及砂粒充填;

散体状强风化花岗(斑)岩⑧:灰黄色,花岗(斑状)结构,散体状,大部分长石类矿物已风化呈土状,岩心手捻可散;

散体状强风化辉绿岩⑧<sub>1</sub>:灰绿色,辉绿结构,散体状,岩心手捻可散;

碎块状强风化花岗(斑)岩⑨:灰黄色,花岗(斑状)结构,碎裂~碎块状,部分长石类矿物已风化呈土状,局部岩心呈碎块状,锤击可散;

碎块状强风化辉绿岩⑨<sub>1</sub>:灰绿色,辉绿结构,碎块状构造,岩心手折可断;

中风化花岗(斑)岩⑩:褐灰、灰黄色,花岗(斑状)结构,块状构造,岩石较坚硬,裂隙较发育;

中风化辉绿岩⑩<sub>1</sub>:灰绿色,辉绿结构,块状构造,裂面风化痕迹较明显。

场地处于福州王庄-新店断裂东侧,场地中有数条发育的辉绿岩脉,花岗岩与辉绿岩交互在一起,

收稿日期:2006-04-26

作者简介:林振华(1959-),男(汉族),福建人,福建六建建工集团公司工程师,建筑机械和工民建专业,从事桩基施工管理工作,福建省福州市台江区曙光路6号,(0591)83921704,13705919013,cfjzlinzhenhua59@163.com。

往往同一个桩孔内可出现 2 种以上的岩性,由于岩质不均、强度差别很大,给钻孔施工带来非常不利的影 响,易造成桩孔的倾斜。

岩石饱和抗压强度试验报告(需要穿越的岩层)见表 1。

表 1 需要穿越岩层岩石饱和抗压强度试验成果表

岩性	风化程度	取样深度/m	饱和抗压强度/MPa			
			1	2	3	平均值
辉绿岩	强风化	36.60~37.45	3.0	3.3	2.8	3.0
花岗岩	强~中风化	44.30~45.70	21.4	24.2	24.3	23.3
花岗岩	强~中风化	55.50~55.90	19.7	22.7	23.7	22.0
花岗岩	强~中风化	45.30~45.90	17.8	18.8	18.8	18.5
花岗岩	中风化	54.10~54.50	35.2	42.8	33.2	37.1

### 3 各种桩机成孔试验

#### 3.1 冲钻工艺基本参数的初步估算

##### 3.1.1 根据《实用桩基工程手册》计算办法

钢丝绳冲击钻头质量:

$$W = (P/g)L$$

式中: $P$ ——底刃线压力,砂卵砾石软岩  $P = 80 \sim 100$  N/m,漂石或大卵石硬岩  $P = 100 \sim 120$  N/m,取 120 N/m; $g$ ——重力加速度,取  $9.8 \text{ m/s}^2$ ;  $L$ ——底刃总长,  $L = 2 \times 1.3 + 4 \times 0.55 = 4.8$  m。

则:  $W = 120 \times 4.8 / 9.8 = 58.77$  kg。

反循环成孔施工工艺,在硬岩层中采用滚刀钻头的钻压:

$$P = 0.1q_t aL$$

式中: $q_t$ ——面积比压,MPa,一般取  $q_t > 2\sigma_s$ ;  $\sigma_s$ ——岩石单轴抗压强度,取  $(23.3 + 20.0 + 18.5) / 3 = 20.6$  MPa; $a$ ——刀刃宽度,滚刀刃宽度 = 0.5 cm;  $L$ ——同时接触岩石工作面的刀刃总长,采用 7 个滚刀,每个滚刀长度 20 cm,中间有 2 道槽,每道槽 1.5 cm,则刀刃总长 =  $20 - 2 \times 1.5 = 18$  cm。

则:  $P = 0.1 \times 2 \times 20.6 \times 0.5 \times 18 = 37.1$  kN。

钻压取 40 kN。

##### 3.1.2 根据《桩基工程手册》计算办法

牙轮钻头钻压要求:一般要求每厘米钻头直径上钻压  $\leq 300 \sim 500$  N,即  $130 \times 500 = 65000$  N = 65 kN。

冲击钻头的质量要求:一般按其冲孔直径每 100 mm 取 100 ~ 140 kg 为宜,即  $1300 \times 140 / 100 = 1820$  kg。

##### 3.1.3 根据《建筑施工手册》计算办法

钻进基岩中加压为 15 ~ 25 kN。

冲击钻头的质量要求:一般按其冲孔直径每

100 mm 取 100 ~ 140 kg 为宜,即  $1300 \times 140 / 100 = 1820$  kg。

##### 3.1.4 根据《钻探工程技术》计算办法

在中硬以下基岩、风化基岩地层,钻压取 20 ~ 40 kN。

##### 3.1.5 福州地区常用桩机性能(见表 2)

表 2 几种桩机性能汇总表

桩机型号	最大冲 钻孔直 径/m	冲(钻) 孔深 度/m	转盘最 大扭矩 /(kN·m)	主卷扬 单绳提 升力/kN	钻具 质量 /t	钻塔额 定负荷 /kN
GPS-15	1.5	50	18	30		180
GPS-20	2.0	80	30	30		180
ZZ-4	2.0	60		80	3	
简易冲击钻机	1.8	60		50	3	

##### 3.1.6 参数取值

综合上述计算结果和桩机性能允许的荷载,初步取定:冲孔桩机的冲击钻头质量取 3 t,钻孔桩机的钻压取 40 kN。

#### 3.2 各种桩机实际冲(钻)孔过程中存在的问题及工效

##### 3.2.1 单独由简易冲击钻机(俗称“广东冲”)施工

采用 3 t 左右的十字冲击钻头和 3PN 型泥浆泵,冲击一段时间,提起冲击钻头,下泥浆泵软管到孔底,进行正循环清渣,如此循环反复。

存在的问题是:在卵石层和强风化花岗岩中,进尺十分缓慢。其原因主要是由于此清渣办法是依靠泥浆的流动和浮力来托着岩屑从护筒口流出,因此需要泥浆具有一定的密度以产生足够的浮力,还需把岩渣破碎到一定程度,以利于被泥浆托起并带出。但是泥浆密度过大会增大浮力,从而降低冲击钻头的冲击效果。同时此种桩机提升冲击钻头卷扬机是由人工操作的,工作频率低。

这样的工效无法满足工期的要求,试验结果是一根桩需用约 45 天才能完成。

##### 3.2.2 单独由 ZZ-4 型冲击钻机施工

采用 3 t 左右的十字冲击钻头和掏渣筒,冲击一段时间,提起冲击钻头,下掏渣筒清渣。

存在的问题:一是在淤泥层冲击成孔过程中,如果未造好孔壁就下掏渣筒掏渣,极易造成塌孔;二是在强风化岩层冲击过程中,冲击钻头磨损严重,造成孔径逐步缩小,需要经常地提起钻头进行修理,并要控制好钻头修补后的尺寸,以防修补后钻头再下孔冲击时被卡住。

由于提升冲击钻头的卷扬机是机动的,工作频率比简易冲击钻机的工作频率高,试验结果是一根

桩需用约30天才能完成。

### 3.2.3 单独由GPS-15型工程钻机施工

采用一般的锥形钻头,正循环清渣。

存在的问题:一是在卵石层中钻进时,钻机跳动剧烈,进尺极其缓慢;二是在强风化层钻进时,钻进困难,且所钻的桩孔不垂直,可能是钻杆刚度不够,只好顺着裂隙钻进,或是在软硬相互交叉地层中偏向软的。

此类桩机不适用。

### 3.2.4 单独由GPS-20型工程钻机施工

牙轮钻头(在钻头筒体内放置4t的配重)、反循环清渣。

存在的问题:一是在淤泥层钻进时,不能发挥作用且容易造成塌孔;二是在卵石层中钻进时,由于钻杆的内径还不够大,钻头底部的泥浆回流吸口经常被卵石堵塞;三是在强风化及中风化岩层中钻进时,由于钻压不足,钻机跳动明显。

试验结果一根桩需用约25天才能完成。

### 3.2.5 确定桩机施工方案

通过以上几种桩机试成孔的试验对比,按技术工艺可行、相对低的成本、相对短的工期3个因素,以充分发挥各种桩机的优势,即针对不同地层用不同的、易钻进该层的桩机来施工。

冲孔桩机的十字冲击钻头:冲击型刀具给孔底岩石以直接的垂直方向冲击;用冲击法破碎含有较大的卵石层、漂砾石层中施工成孔效率高。冲击土层时的冲击挤压作用形成的孔壁较为坚固。所以卵石层及以上土层选用冲击钻机施工,从ZZ-4型冲击钻机与简易冲击钻机二种桩机对比,ZZ-4型冲击钻机具有工作频率高、进尺快的优势,故选用ZZ-4型冲击钻机。

钻孔桩机的牙轮钻头,冲击-剪切型刀具的作用,不仅有垂直方向和水平方向的冲击,还有牙轮滚动时齿刃向下冲击的速度对岩石的作用,用牙轮钻头钻进强风化岩层和微风化岩层成孔效率高。所以强风化岩层及微风化岩层选用工程钻机配牙轮钻头施工,从GPS-15型工程钻机与GPS-20型工程钻机对比,GPS-15型工程钻机扭矩明显不足,GPS-20型工程钻机扭矩相对强些,所以选用GPS-20型工程钻机且适当地加大钻压。

## 4 工程桩施工

由于工期紧,采取了只要场地允许就尽可能多安排桩机进场施工,共安排6台ZZ-4型冲击钻机

和6台GPS-20型工程钻机同时施工,泥浆池全部设置到外围的裙房场地上,桩机在不同桩位上的移位和安装钢筋笼都采用50t履带起重机吊运和安装,混凝土输送采用混凝土搅拌车直接送至桩位上的混凝土料斗上。

### 4.1 桩位放样及复核

首次放样采用极坐标方法,一次性将所有的桩位全部定好。当桩机进入场地准备施工时,还需要再次复核桩位轴线的尺寸,此时场地上已布满桩机等机械设备,若用坐标法复核必然会被桩机等机械设备阻挡视线,而无法进行,为了解决这个问题,采用高空借点、方向线交汇法来进行桩位复核的工作。

### 4.2 桩位护筒

为保证桩位的准确性,采用人工挖孔桩的办法进行人工挖孔、装模板浇混凝土护壁。为确保桩位的稳定性,护壁深度宜超过由碎砖渣回填的那一部分杂填土深度,使混凝土护壁坐落在粘土性杂填土上面,从而避免冲击钻头冲击在碎砖渣层时,碎砖渣松动引起混凝土护壁底处漏浆或塌孔,导致整个混凝土护壁的塌陷或倾斜。

### 4.3 成孔施工

卵石层以上土层(主要是杂填土、淤泥、粉质粘土等土层)采用ZZ-4型冲击钻机施工,掏渣筒掏渣的工艺。特别在淤泥层冲击成孔过程中,严格控制进尺速度,用短行程冲击成孔,以造壁和固壁为主,防止塌孔。

卵石层采用ZZ-4型冲击钻机施工,掏渣筒掏渣工艺。在卵石层用长行程冲击成孔,以加快卵石的破碎速度。

强风化岩层、微风化岩层采用GPS-20型工程钻机配牙轮钻头,根据试成孔的经验,在最底节钻杆下端(钻杆与牙轮钻头筒体连接的那一节钻杆)加设4t的配重,增加钻压、减少钻杆的跳动。砂石泵反循环清渣工艺。

ZZ-4型冲击钻机施工至强风化岩层顶面时,由50t履带起重机将其吊位到别的桩位继续从地面到卵石层底的冲击工作。然后由GPS-20型工程钻机从强风化岩面开始钻进直至桩底标高。

## 5 实施结果

(1)由于采取了发挥每种桩机擅长不同的地层的措施,以及不同桩机之间进行有效的搭接,把每根桩占用施工工期的有效时间压缩为15天左右,实现了预期目标。

(2)单桩竖向抗压静载试验,实测结果单桩竖向极限承载力均达到或超过设计的要求值 24000 kN。

(3)基桩低应变动力检测,抽 40 根基桩进行桩身完整性实测,其中 38 根为 I 类桩、2 根为 II 类桩。

(4)桩身取心结果,钻心法检测 6 根桩,检测结果是:桩身完整性项目,4 根为 I 类桩、2 根为 II 类桩;桩身抗压强度代表值均超过设计值;桩底沉渣情况,4 根桩底无沉渣,2 根桩底沉渣分别为 2 cm 和 5 cm。

## 6 结论和建议

在桩机选择方面,如何以最优的办法解决好技术和经济两个方面的问题,笔者认为,首先要正确地认识工程桩正式施工之前的试验桩的目的,试验桩应该是为设计人员提供验证理论的计算结果,同时也为工程桩的施工提供指导依据;其二,不要一味地要求用最先进的、大型的桩机设备,应该以经济适用为原则;其三,要客观地、实事求是地用发展的观点来考虑问题,施工技术难度的增加必然要增加经济的投入,即单价也应该随施工技术难度的增加而相应调整,从而确保工程的顺利进行。

由于该主楼的桩基是满堂桩,若其中有的桩达不到设计要求,再进行补桩也无位置可补,因此为了保证每根桩承载力都能达到设计要求,最为关键的是桩尖要进入设计所要求的持力层深度。虽然工程

设计时有了设计所需的《岩土工程勘察报告》,但因钻孔数量有限,不能准确地反映每根桩的实际情况。我们进一步采取了桩施工之前在每根桩位上预先用钻机探明持力层的岩面深度,并建立标本样品,来确定该桩的施工深度。

这样做应该可以说是万无一失了,然而还是存在问题:在预先钻探所确定的桩深处由砂石泵的反循环取出的渣样,与标本样品不符,有的是岩性不一,有的是风化程度不一。估计原因有 3 个:一是本身持力层由 2 种岩性构成的,即在花岗岩中有辉绿岩的岩脉存在;二是预先钻探的钻杆发生偏钻,钻出桩径范围;三是桩位处刚好处于岩层的裂隙处。

故笔者建议:大吨位大口径的桩每根都要进行施工前的预钻探,以便较为准确地确定所施工桩深度是否达到设计所要求的持力层深度。

各种手册提供的桩机参数选择,如钻压、冲击钻头质量的公式,相互之间出入较大,且失去指导意义。从本工程实践的结果来看,冲击钻头的质量选用 3 t,比理论计算多了 1.2 t;牙轮钻头的钻压最后调整为 80 kN,比理论计算多了 40 kN。这样选择冲击钻头质量和牙轮钻头的钻压,在后续的 2 个相类似的桩基工程实践中得到证实,是适用的。

选择钻孔桩机时,关键是要考虑桩机的转盘扭矩;而选择冲击桩机时,重要的是要考虑桩机的冲击能量。

(上接第 41 页)

吹 2~3 min 清孔利于下锚索。

(4)做好锚索的防腐相关工作。

(5)对个别孔位塌孔卡钻严重或反复透孔下锚仍遇阻地段,可以采用灌浆护壁,更为严重的可掺加水玻璃,间断灌浆。

(6)如有条件,在第(3)条所述复杂地层情况下最好采用跟管钻进方法。

## 6 结语

采用上述复合支护方案和监测手段施工过程中及施工验收后直至目前该边坡已经投入使用半年

多,各项量测指标均达到安全要求,表面变形较小,没有发生局部滑坡现象。事实证明,延吉盆地的边坡施工及滑坡处理采用该方案是正确的。

## 参考文献:

- [1] 苏自约,闫莫名,徐祯祥. 岩土锚固技术与工程应用[M]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [2] 程良奎,范景伦,等. 岩土锚固[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [3] 编写委员会. 岩土工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1994.
- [4] 冯顺剑,松散体高边坡施工监控量测与治理[J]. 山西建筑,2006,(12).