

## 在富含水地层挖孔灌注桩 的施工实例

广东省中山市某人工挖孔桩基础,总桩数17根,部分位置处于斜坡上。后因桩超深(桩径 $\Phi$  000~ $\Phi$  800 mm,实际桩长23.7~30.5 m),用机械将山坡挖成为阶梯状,每级高差约2.8 m。

由于机械设备移动不便、造价较高等原因,其桩身未采用水下混凝土灌注而使用导管灌注混凝土。

该场地的地下水丰富,一般的桩开挖前均先抽水1~4 h,其中14、15、16号桩处于泉源附近,涌水量均大于3 m<sup>3</sup>/h。由于无法彻底抽干地下水,桩身混凝土的实际水灰比无法保证,浮浆也会较厚,若不采取有效措施,很可能发生桩身混凝土强度降低或混凝土离析等事故,为此采取以下措施。

### 1 施工原则

(1) 为确保桩身混凝土灌注质量,将原混凝土强度提高一个等级。

(2) 为减少地下水对混凝土造成的不利影响,采用商品混凝土。由于商品混凝土每车装载量大(达4~6 m<sup>3</sup>),且用输送泵灌注混凝土比人工用斗车运输快,可保证大量连续灌注,可最大限度地减少因地下水而造成桩身混凝土缺陷。施工中抽水、灌注、拔管、振捣都要坚持快的原则。桩身混凝土质量检测也证明,缺陷基本发生在施工停歇造成的施工缝部位和桩泉眼部位。

### 2 施工方法

(1) 采用 $\Phi$ 200 mm导管灌注混凝土。其他设备为漏斗、潜水泵、大功率振动棒等。

(2) 清理护壁、孔底泥石及积水,并用稻草、粘土堵塞护壁小孔,减少地下水流出。

(3) 灌注桩身混凝土前应抽水,尽量抽干桩孔内的地下水,再清理干净桩底砂石、泥土等,然后将导管连接至离桩底2 m处。最上面的漏斗则固定在护壁顶,护壁顶放两根枕木支承。

(4) 准备工作就绪后,若与混凝土运到间隔较长时间,则灌注混凝土前还要再清理桩底,潜水泵放置在桩孔内,随时准备抽水。

(5) 灌注混凝土前要计算混凝土量,每灌1~2 m高即振捣混凝土,放潜水泵抽水,此时还应下人观察,以便准确判断振捣棒和潜水泵的放置高度,顺便将拆除的导管吊上来。

(6) 灌注至桩顶标高后不得立即停止灌注混凝土,应稍增加混凝土量,以便增加桩顶混凝土的自重压力,并让桩内混凝土的空气、浮浆溢出;若桩顶标高与桩护壁顶的距离仍较远,可让混凝土高过桩顶标高,不断击打振捣棒,并用小桶舀走表面浮浆。

\* \* \*

经中山市建筑工程质量检测中心用低应变动力法进行单桩检测,结果在17根桩中,A类桩10根,占总数的58.8%,B类桩7根,占总数的41.2%,全部合格,且桩身质量较好,收到了预期的效果。

(广东省中山市第二建筑公司,  
邹北龙,528403,中山)

## 建筑桩基设计中 的几个问题

对于高层建筑及深软地基上的多层建筑,桩基础是经常采用的一种形式。本文通过试验研究以及工程设计的对比和优化,提出桩基础设计中几个值得研究的问题。

### 1 关于人工挖孔灌注桩与机械成孔灌注桩

近年来人工挖孔灌注桩得到了较广泛的应用。当桩承受的外力(轴压、弯矩)较大时,只要施工条件许可,采用人工挖孔桩往往是既经济又安全的。

#### 1.1 实例一 湘潭市5万m<sup>3</sup>煤气柜基础

原设计为直径600 mm的钻孔灌注桩,桩长21 m,桩底位于中风化砂岩。单桩承载力设计值1 200 kN,经预算桩基础工程费用约150万元。后笔者建议改为直径1 000 mm的人工挖孔桩(扩底后的直径为1 500 mm),桩长8 m,桩底位于卵石层,桩基工程费用下降为30多万元。

由于煤气柜对基础沉降的要求极为严格,如果基础有不均匀沉降,将影

响煤气柜中浮动活塞的安全运行,因此桩基完工后进行了静载试验。当时采用的安全系数为2.0[现行《建筑桩基技术规范》(JG 94-94)已调整为1.60]。故试验时的单桩极限承载力应为:1 200 $\times$ 2=2 400(kN),试验加载到2 400 kN时桩的沉降值仅2 mm左右,为允许值40 mm的1/20。后因锚桩破坏,未能测得真正的单桩极限承载力。但可以肯定该人工挖孔桩的承载力还有很大富余,煤气柜建成8年来,活塞仍浮动自如。

### 1.2 实例二 湘潭大学新建图书馆

原设计采用直径1 000 mm的人工挖孔桩,桩长22 m,单桩承载力设计值为1 180 kN。笔者提出在其他条件不变的情况下将桩长由22 m改为桩长10.5 m,并在原位将3根工程桩作为试桩。试桩时桩的极限承载力按《建筑桩基技术规范》(JG 94-94)的要求确定,即:1.6 $\times$ 1 180=1 880(kN)。3根试桩加到2 000 kN,沉降量分别为3.4、2.07、3.37(mm),与规范的试验终止值40 mm相比,有很大的富余。

上述二例表明,人工挖孔桩承载力的试验值与按规范公式计算值相比有很大富余量。但是,现行桩基规范对人工挖孔桩的承载力有所低估,因此建议制定关于人工挖孔桩的技术规程。

人工挖孔桩在灌注混凝土前须认真清除孔底虚土,上述两例均严格清除控制了虚土,从而保证了成功。

### 2 关于桩长与桩端持力层的选择

湘潭市交警指挥中心工程,地基土层结构由上往下分别为:填土;粉质粘土1;粉质粘土2;圆砾;卵石;残积粉质粘土;强风化砂质泥岩;中等风化砂质泥岩;微风化砂质泥岩。当条件许可时桩基的持力层以选择卵石为最好,当桩置于卵石层上时,不仅桩端极限承载力标准值较高,且施工难度小,易保证工程质量。当用沉管桩时卵石层 $q_{pk}=6\,700\text{ kPa}$ ,其下的残积粉质粘土 $q_{pk}=2\,500\text{ kPa}$ ,强风化岩层 $q_{pk}=2\,660\text{ kPa}$ ,即使是中风化岩层 $q_{pk}=4\,000\text{ kPa}$ ,仍低于卵石层,仅微风化砂质泥岩层 $q_{pk}=8\,200\text{ kPa}$ 高于卵石层。但施工中微风化与中风化的界

面不很明显。将桩端放在卵石层上不仅桩端承载力较高,且桩的长度变短,当桩长在 12 m 以内时,成孔的施工不会很复杂,因而每米桩孔的造价也低很多。

### 3 关于岩石层桩端承载力的确定方法

湘潭市交警指挥中心工程勘察报告表明,强风化岩层甚至中等风化岩层的桩端承载力均比卵石层低,即使是微风化岩层的桩端承载力也比卵石层高不了多少。这表明对岩层的桩端承载力的确定原则是否合理,有值得探讨之处。

目前的规范对岩层的桩端极限承载力是按工程地质勘探取样进行单轴抗压强度确定的,姑且不论再精心的取样也会使试件受到一定程度的损坏,试样强度一定会低于它在原始状态下的强度,而且该方法在理论上也是不妥的,原因如下。

对各土层工程勘察报告往往可提出两类不同的地耐力指标:浅基础设计时的地基承载力标准值  $f_k$  和桩基础设计时的桩端极限承载力标准值  $q_p$ ,后者往往比前者大很多。其原因是受力机制不同,若将浅基础视为一般受压,桩基础桩端下的地基则是局部受压,局部受压的强度要高出一般受压,这是正确的。但是对于岩层而言,作为桩端下的岩体当采用单轴抗压强度来确定  $q_p$  时,不仅没有享受到局部受压的有利因素的调整,反而采用无侧限的圆柱体试件来代表其强度,差别可想而知。因此对岩层的桩端承载力的确定方法仍值得探讨,以免低估岩层的桩端极限承载力。

(湘潭大学建工系,张立人,尹志明,411105,湖南省建筑学校,曹孝柏,411000)

## 大口径嵌岩灌注桩钻、冲结合成孔技术

大口径嵌岩灌注桩由于单桩承载力高、造价低、无挤土、无噪声,因而广泛用于高层建筑基础中,但由于其成桩工艺复杂,质量要求高,施工工期较长,因此制约了应用范围的扩大和效益的

发挥。由于岩石硬度大,其进入中风化岩的嵌岩段成孔占整个成桩过程的大部分时间,如何提高嵌岩段的成孔效率,成为解决嵌岩灌注桩工期长的一个关键问题。

### 1 常用嵌岩桩成孔方法的比较

目前嵌岩桩成孔工艺中,回转式钻孔与钢锤冲孔是最常用的,其使用的机械设备技术性能见表 1。

表 1 钻、冲孔机械设备技术性能表

型号	最大 钻孔 直径 /m	最大 孔深 /m	钻进 形式	动力 /kW	护壁 类型	嵌岩效率 (8 级以 上)/ (cm/h)
GPS-15	1.5	50	牙轮钻 头钻进	52	孔口 钢护筒	3~5
YKC-45 (改进型)	2.0	80	自由落 体冲击	45	孔口 钢护筒	10~12

注: GPS-15 土层成孔采用笼式合金钻头;  
YKC-45 为走管式自由落体冲击桩机,  
该机利用自身动力,可往四个方向自由行走,移动灵活。

#### 1.1 回转式钻机(如 GPS-15)

这种钻机的优点是土层钻进速度快,对强度在  $4 \text{ kN/cm}^2$  的岩面尚能钻进,且扩孔少,利用反(正)循环方法将孔内砂及泥浆排出,效率较高。缺点是钻机体积大、重量大,在高硬度岩石中钻进十分困难(在中风化岩中钻进速度为  $3 \sim 5 \text{ cm/h}$  甚至更低),钻头合金消耗大,成本高。由于嵌岩时间长,若处理不好易塌孔。

#### 1.2 走管式自由落体冲击桩机(如 YKC-45 改进型)

这种桩机的优点是嵌岩成孔速度快(在中风化层中钻进速度为  $10 \sim 15 \text{ cm/h}$ ),破岩能力强,移动灵活方便,冲锤为铸钢锤体,刃口加焊钢轨钢,成本低。缺点是若操作不熟练易卡锤、断锤,低值消耗品消耗大。

我们在某工程的大直径(1.4 m)嵌岩灌注桩施工中,在试桩过程中经钻、冲两种机型实际施工的比较分析后,选用“钻、冲结合,先钻后冲”的成孔技术,充分发挥回转式钻机与冲击桩机各自的优点,即在强风化岩以上的土层发挥钻机土层钻进速度快的优点,采用 GPS-15 回转钻机成孔;而在强风化岩以下的嵌岩段,发挥冲击桩机破岩能力强、效率高的优点,采用冲击桩机成孔,从而取得成孔效率高、成本低、工期短

的良好效益。

### 2 钻、冲结合成孔技术的工艺流程

桩位放样→回转钻机就位进行土层成孔作业→孔外标定桩位→冲孔桩机就位→强风化岩成孔→取岩样判定中风化岩面→继续成孔→测定嵌岩深度达到设计要求后终孔。

### 3 施工注意事项

(1) 在更换冲孔桩机前,应做好孔位的孔外标定及恢复工作,保证两阶段成孔中心的一致性,避免因不一致造成偏位或扩孔。可用经纬仪测设孔外固定桩并用交会法进行复测,误差控制在 10 mm 之内。

(2) 掌握更换钻、冲成孔设备的时机,分析钻进速度并参考勘察报告的地层情况,当钻进速度明显下降、钻进困难时,说明已进入强风化岩层,即可考虑更换成孔设备。

(3) 及时清理场地,外运渣土,以便移机调换作业,并可防止塌孔。

### 4 技术经济效益

(1) 采用钻、冲结合的成孔工艺,可发挥各自的长处,成孔的时间大为缩短,可提高工效 2~3 倍。成孔时间缩短,有利于减少桩壁侧摩阻力的损失和塌孔的危险。

(2) 可降低嵌岩成本。由于冲锤冲击成孔消耗的是钢轨钢锤牙,废钢轨比钻头所消耗的硬质合金造价低得多(仅为后者的  $1/20 \sim 1/30$ ),成本大大降低。

(3) 保证嵌岩桩质量的一项重要工作是保证嵌岩深度符合设计要求,而嵌岩判定的准确性又是保证嵌岩深度的前提。在嵌岩段成孔时,用掏渣筒取出碎渣,分析碎渣岩样,确定岩面比钻机成孔取芯判定岩面更直观准确、可靠及时,且成本低,钻机取芯做补充钻探一次,每孔费用为 600~800 元。及时判定岩面可避免增加嵌岩深度,既加快了工程进度,又降低了造价。

(4) 由于嵌岩段采用冲击成孔,可降低成孔难度,提高施工效率,有利于避免施工中的弄虚作假而造成的质量问题(如不嵌岩或少嵌岩等)。

### 5 几点建议

(1) 嵌岩桩是一种承载力大的桩