

JIANZHU JIEGOU SHIYAN JIANCE JISHU

建筑结构试验检测技术

与鉴定加固修复 实用手册



世图音像电子出版社

建筑结构

试验检测技术与鉴定加固修复

实用手册

手册编委会 编

第
二
册

世图音像电子出版社

第四章 桩基施工检测

第一节 灌注桩施工检测

灌注桩又称为就地灌注桩,按成孔方法可以分为机械成孔和人工挖孔两大类。

一、机械成孔灌注桩

(一) 机械成孔方法分类

灌注桩的机械成孔方法分为泥浆护壁成孔灌注桩、干作业成孔灌注桩、套管成孔灌注桩和爆扩成孔灌注桩等四种,其适用范围见表 8-4-1。

灌注桩成孔方法的适用范围

表 8-4-1

成孔方法		适用土类	
1	泥浆护壁成孔	冲抓冲击回转钻	碎石土、砂土、粘性土及风化岩
		潜水钻	粘性土、淤泥、淤泥质土及砂土
2	干作业成孔	螺旋钻	地下水位以上的粘性土、砂土及人工填土
		钻孔扩底	地下水位以上的坚硬、硬塑的粘性土及中密以上砂土
		机动洛阳铲	地下水位以上的粘性土、黄土及人工填土
3	套管成孔	锤击振动	可塑、软塑、流塑的粘性土,稍密及极散的砂土
4	爆扩成孔		地下水位以上的粘性土、黄土、碎石土及风化岩

成孔的控制深度按不同桩型采用不同标准控制。

对摩擦型桩,以设计桩长控制成孔深度;端承摩擦桩必须保证设计桩长及桩端进入持力层深度;当采用锤击沉管法成孔时,桩管入土深度控制以标高为主,贯入度控制为辅。

对端承型桩,当采用钻(冲)、挖掘成孔时,必须保证桩孔进入设计持力层的深度;当采用锤击沉管法成孔时,沉管深度控制以贯入度为主,设计持力层标高为辅。

成孔机具根据土质条件按表 8-4-2 的适用范围选用。

成孔机具的适用范围

表 8-4-2

成孔机具	适用范围
潜水钻	粘性土、粉土、淤泥、淤泥质土、砂土、强风化岩、软质岩
回转钻(正、反循环)	碎石类土、砂土、粘性土、粉土、强风化岩、软质岩与硬质岩
冲抓钻	碎石类土、砂土、砂卵石、粘性土、粉土、强风化岩
冲击钻	适用于各类土层及风化岩、软质岩

灌注桩的平面位置和垂直度应按《建筑地基基础工程施工质量验收规范》规定的如表 8-4-3 所示的要求验收。

灌注桩的平面位置和垂直度的允许偏差

表 8-4-3

成孔方法		桩径偏差 /mm	垂直度允许偏差 (%)	桩位允许偏差 /mm	
				1~3根、单排桩基 垂直于中心线方向 和群桩基础的边桩	条形桩基沿中心 线方向和群桩基 础中间桩
泥浆护壁冲 (钻)孔桩	$d \leq 1000\text{mm}$	± 50	< 1	$d/6$ 且不大于 100	$d/4$ 且不大于 150
	$d > 1000\text{mm}$	± 50		$100 + 0.01H$	$150 + 0.01H$
锤击振动、振 动冲击沉管	$d \leq 500\text{mm}$	-20	< 1	70	150
	$d > 500\text{mm}$			100	150
螺旋钻、机动洛阳铲钻孔扩底		-20	< 1	70	150
人工挖孔桩	混凝土护壁	+50	< 0.5	50	150
	钢套管护壁	+50	< 1	100	200

注:1. 桩径允许偏差的负值是指个别断面。

2. 采用复打、反插法施工的桩径允许偏差不受本表限制。

3. H 为施工现场地面标高与桩顶标高的距离, d 为设计桩径。

(二) 钢筋笼的制作

《建筑地基基础工程施工质量验收规范》规定的钢筋笼制作的质量验收标准见表 8-4-4。主筋净距必须大于混凝土粗骨料粒径 3 倍以上,粗骨料可选用卵石或碎石,其最大粒径对于沉管灌注桩不宜大于 50mm,并不得大于钢筋间最小净距的 1/3;对于素混凝土桩,不得大于桩径的 1/4,并不宜大于 40mm。

钢筋笼质量验收标准

表 8-4-4

项 目		允许偏差/mm	检 查 方 法
钢筋材料质量检验 ^①		满足设计要求	抽样送检
主筋间距 ^①		± 10	尺量
箍筋间距或螺旋筋螺距		± 20	尺量
钢筋笼直径		± 10	尺量
钢筋笼长度 ^①		± 100	尺量
主筋保护层	水下浇筑混凝土桩	50 ± 10	尺量
	非水下浇筑混凝土桩	30 ± 5	尺量
钢筋笼安装深度 ^①		± 100	尺量

①项为主控项目。

(三) 泥浆护壁成孔灌注桩

1. 泥浆的制备和处理

除能自行造浆的土层外,均应制备泥浆。

泥浆制备应选用高塑性粘土或膨润土。拌制泥浆应钢筋施工机械、工艺及穿越的土层要求进行配合比设计,泥浆性能指标应符合表 8-4-5 的要求。

制备泥浆的性能指标

表 8-4-5

项次	项 目	性能指标	检 验 方 法
1	密 度	1.1 ~ 1.15g/cm ³	泥浆比重计
2	粘 度	10 ~ 25s	漏 斗 法
3	含 砂 率	< 6%	
4	胶 体 率	> 95%	量 杯 法
5	失 水 量	< 30mL/30min	失 水 量 仪
6	泥皮厚度	1 ~ 3mm/30min	失 水 量 仪
7	静 切 力	1min 20 ~ 30mg/cm ² 10min 50 ~ 100mg/cm ²	静 切 力 计
8	稳 定 性	< 0.03g/cm ²	
9	pH 值	7 ~ 9	pH 试纸

2. 泥浆护壁的规定

采用泥浆护壁应按照下列规定操作:

(1) 施工期间护筒内的泥浆面应高出地下水位 1.0m 以上,在受水位涨落影响时,泥

浆面应高出最高水位 1.5m 以上,在水中桩基施工时,泥浆面应高出河流最高水位 1.5 ~ 2m;

(2)在清孔过程中,应不断置换泥浆,直至浇注水下混凝土;

(3)浇注混凝土前,孔底 500mm 以内的泥浆比重应小于 1.25;含砂率 $\leq 8\%$;粘度 $\leq 28s$;

(4)在容易产生泥浆渗漏的土层中,应采取维持孔壁稳定的措施;

(5)废弃的泥浆、渣应按环境保护的有关规定处理。

3. 护筒的设置

在孔口设置的护筒是一项保证质量的重要施工措施,必须认真做好。

(1)护筒的作用是固定钻孔位置,保护孔口,提高孔内水位,防止地面水流入,增加孔内静水压力以维护孔壁稳定,并兼作钻进导向;

(2)护筒一般用 4 ~ 8mm 钢板制成,水上桩基施工时应根据护筒长度增加钢板的厚度,其内径应大于钻头直径,当用回转钻时,宜大于 100mm;当用冲击钻和潜水电钻时,宜大于 200mm,在护筒上部开设 1 ~ 2 个溢浆孔;

(3)护筒埋设深度根据土质和地下水位而定,在粘性土中不宜小于 1.0m,在砂土中不宜小于 1.5m,其高度尚应满足孔内泥浆面高度的要求;

(4)埋设护筒时,在桩位打入或挖坑埋入,一般宜高出地面 300 ~ 400mm,或高出地下水位 1.5m 以上使孔内泥浆面高于孔外水位或地面,在水上施工时,护筒顶面的标高应满足在施工最高水位时泥浆面高度要求,并使孔内水头经常稳定以利护壁;

(5)护筒埋设应准确、稳定,护筒中心与桩位中心的偏差不得大于 50mm;护筒的垂直度,尤其是水上施工的长护筒更为重要。

4. 正反循环钻孔法成孔

泥浆护壁钻孔灌注桩的成孔方法可分为冲击机成孔、冲抓锤成孔和潜水钻机成孔。

(1)冲击机成孔

通过卷扬机悬吊冲锤的冲击力把坚硬土或岩层破碎成孔,泥渣部分挤入孔壁,大部分用掏渣筒掏出。冲孔方法的优点是设备简单,操纵方便,适应范围较广,对于有孤石的砂卵石层、坚硬土层、岩层等均有效,对流砂层也能克服,而且孔壁比较坚硬,可以避免塌方。

(2)冲抓锤成孔

松开卷筒刹车下落冲抓锤时,钻头张开抓片自由下落冲入土中,再开动卷扬机提起钻头,抓片闭合抓土和钻头整体提升至地面卸土。

(3)潜水钻成孔

潜水钻成孔排渣有正循环排渣法和反循环排渣法两种方法:

1)正循环排渣法系用泥浆泵将泥浆水或清水压向钻机中心送水管或钻机侧壁的分支管射向钻头,然后徐徐下放钻杆,破土钻进,泥浆带着碎碴从钻孔中反出地面,钻至设计标高后,停止钻头转动,泥浆泵继续运转排碴,直至泥浆比值降低至 1.10 ~ 1.15 左右,方可停泵提升钻头。

2)反循环排渣法可分为压缩空气反循环法、泵举反循环法和泵吸反循环法,以前两种方法使用较多。反循环法利用一定静水压力保护孔壁。

(四)混凝土的灌注

灌注桩的混凝土一般是在水下浇筑的,因此对混凝土配合比的要求,浇灌的方法等都有其特点。

1. 混凝土配合比的特点

混凝土的配合比除了满足设计强度要求外,还应考虑采用导管法在泥浆中浇灌混凝土的施工特点,和这种施工方法对混凝土强度的影响。混凝土的强度应比设计强度提高 5MPa,并要求混凝土的和易性好,流动度大且缓凝。水泥应采用 425 号或 525 或普通水泥或矿渣水泥;石料宜用卵石,最大粒径不大于导管内径的 1/6 和钢筋最小间距的 1/4,且不宜大于 40cm;使用碎石的粒径宜为 0.5~20cm;砂宜用中、粗砂;水灰比不大于 0.6;单位水泥用量不大于 370kg/m³;含砂率宜为 40%~50%;混凝土的坍落度宜为 18~20cm,并有一定的流动保持率,坍落度降低至 15cm 的时间不宜小于 1h,扩散度宜为 34~38cm。混凝土初凝时间应满足浇灌和接头施工工艺的要求,一般为 3~4 h,如运输距离过远,一般宜在混凝土中掺加木钙减水剂,可减小水灰比,增大流动度;减少离析,防止导管堵塞,并延缓初凝时间,降低浇灌强度。

2. 混凝土浇灌注意事项

混凝土浇灌时要注意如下问题:

(1)混凝土浇灌要一气呵成,不得中断,并控制在 4~6h 内浇完,以保证混凝土的均匀性。间歇时间一般应控制在 15min 内,任何情况下不得超过 30min;

(2)浇灌时要保持孔内混凝土面均匀上升,且保持上升速度不大于 2m/h。浇灌速度一般为 30~35m³/h;导管提升速度应与混凝土的上升速度相适应。始终保持导管在混凝土中的插入深度不小于 1.5m,也不能使混凝土溢出漏斗或流进孔内;

(3)在混凝土浇灌过程中,要随时用探锤测量混凝土面的实际标高,(至少三处,取平均值)计算混凝土上升高度,导管下口与混凝土的相对位置,统计混凝土浇灌量,及时做好记录;

(4)拌和好的混凝土应在 1.5h 内浇筑完毕,夏季应在 1.0h 内浇筑完毕,否则应掺加缓凝剂;混凝土浇灌到顶部 3m 时,可在孔内放水适当稀释泥浆,或将导管埋深减为 1m,或适当放慢浇灌速度,以减少混凝土排除泥浆的阻力;

(5)混凝土应浇灌到设计桩顶标高以上规定的高度时才能停止浇灌,以保证设计桩顶标高以下混凝土的质量。

3. 混凝土灌注桩质量检验标准

混凝土灌注桩的质量检验标准包括成孔质量、钢筋笼质量和整体质量 3 个方面,分阶段验收。《建筑地基基础工程施工质量验收规范》分别规定了验收标准,成孔质量验收标准见表 8-4-3,钢筋笼质量验收标准见表 8-4-4,整体质量验收标准见表 8-4-6。

混凝土灌注桩质量检验标准

表 8-4-6

检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
	单位	数值	
沉渣厚度(支承桩) ^①	mm	< 50	用沉渣仪或重锤测量
沉渣厚度(摩擦桩) ^①	mm	< 150	
孔 深	mm	- 0 + 300	只深不浅,用重锤测,或测钻杆、套管长度,嵌岩桩应确保进入设计要求的嵌岩深度
泥浆比重(粘土或砂性土中)		1.15~1.20	用比重计测,清孔后在距孔底 50cm 处取样
泥浆面标高(高于地下水位)	m	0.5~1.0	目测
混凝土坍落度(水下灌注) (干施工)	mm	160~220	坍落度仪
	mm	70~100	
导管插入混凝土中深度	m	2~4	测导管长度
套管拔管速度	m/min	0.8~1.2	目估
混凝土充盈系数	> 1		检查每根桩的实际灌注量
桩顶标高	mm	+ 150 - 50	水准仪,需扣除桩顶劣质混凝土 1.0~2.0m
混凝土强度 ^①	满足设计要求		试块报告或钻芯取样送检
桩体完整性检验 ^①	满足设计要求		低应变动测试验
荷载试验 ^①	满足设计要求		单桩静载试验

①项为主控项目。

(五)特殊施工方法的灌注桩

为了提高灌注桩的桩身质量和承载能力,发展了各种特殊施工方法的灌注桩,如夯扩桩、嵌岩桩、压浆成桩和葫芦形桩等。这些特殊类型桩都采用特殊的施工机具和特殊的施工工艺,设计计算方法与一般桩也有差别。

1. 夯扩桩工艺

夯扩桩是一种用锤夯击的方法扩大桩端截面的灌注桩,目的为了提高桩的承载能力。成孔的方法根据当地地质条件和施工条件选择,可以采用钻孔、沉管或人工挖孔的方法,成孔后在孔中灌注一定量的混凝土用重锤夯实至规定的高度使桩的端部扩大至规定的直径。

夯扩桩适用于下列条件:

(1) 桩端持力层属于可塑-硬塑的粉质粘土、施工时不产生液化的粉土或砂土,且埋藏深度不大于 14m,厚度不小于 4m;

(2) 桩基所承受的荷载主要是竖向力;

(3) 建筑物属于二级或三级安全等级。

2. 嵌岩桩工艺

在基岩地区,灌注桩穿过覆盖层嵌入基岩以获得稳定的桩端阻力,并具有良好的抗水平荷载的能力。与其他类型的桩相比,嵌岩桩具有如下的优点:(1)嵌岩部分可以充分利用基岩的承载能力,单桩承载力高;(2)以压缩性极低的基岩作为桩端持力层,建筑物的沉降很小;(3)以嵌岩桩为基础的建筑物在地震过程中所产生的地震效应弱,抗震性能好。

嵌岩桩的嵌岩深度直接影响单桩承载力的大小,是设计时必须妥善处理的问题。确定嵌岩深度的方法,可根据是否取出岩样分为直接判断法和间接判断法。

直接判断法是将取出的岩芯或岩屑与勘察钻孔的标准岩芯进行比较,判断是否已经嵌入设计要求的风化岩石的类别;直接判断法又可分为根据岩芯采样验证确定和根据返出的屑确定的方法;由于钻孔灌注桩直径大,直接取芯困难,一般在钻进至预计基岩顶面标高时可提钻换小直径取芯钻头取芯采样;如果拟建场地基岩面起伏变化不大,可按总桩数的适当比例或按质检部门要求进行取芯验证;如果基岩面起伏大,且又是一柱一桩的重要基础时,没有对每桩布孔勘察的情况应每桩取芯验证。

3. 钻孔压浆成桩

钻孔压浆成桩是一种新的成桩工艺,成孔采用长臂螺旋钻机,钻孔至预定深度后在提钻的同时通过设置的钻头的喷嘴向孔内喷注水泥浆,至浆液达到没有塌孔危险的位置为止;起钻后在孔内放置钢筋笼,投放粒料至孔口,然后向孔内二次补浆,直至浆液达到孔口。这种工艺保留了长臂螺旋钻孔灌注桩的优点,又克服了它的不足,是一种无噪声、无震动、无泥浆护壁排污,又可以在流砂、塌孔等复杂地质条件下成桩的方法。其适用桩径为 300mm~1000mm,深度 50m 左右。钻孔压浆成桩法具有下列特点:

- (1)可以在复杂的水文地质工程地质条件下施工;
- (2)无压浆护壁、无排污施工,有利于环境保护;
- (3)重复高压灌浆形成了十分致密的桩体,对周围土层具有一定的加固作用,解决了断桩、缩径、夹泥等一般灌注桩的常见病,提高了桩身质量和单桩承载力;
- (4)提高了施工速度;
- (5)降低造价 10%~15%。

4. 桩底灌浆工艺

由于泥浆护壁钻孔灌注桩施工时无挤土作用,桩侧摩阻力明显地小于预制桩;由于孔底沉渣无法排除干净,使桩端阻力不能充分地发挥。对于这种情况可以采取桩底灌浆的方法,能有效地提高单桩承载力。

在成孔灌注混凝土以前,先向孔底投放碎石,厚度约 0.5m,其作用是在灌浆时作为浆液通道,结硬时和砂浆形成桩头;同时在投放重力的冲击下,将孔底沉积的软土翻起,以利于在灌注混凝土时排出孔外;在桩身混凝土强度达到 75%后,即可实施灌浆。先注入清水冲洗管道并清除碎石间歇中的泥浆杂物,形成灌浆通道,待溢浆管冒水表明通道已经形成,即可注入浆液,随后溢浆管由冒混水逐渐变成冒泥浆,最后溢出新的泥浆时表明孔底沉渣已大部分被置换,即可停止灌浆。

表 8-4-7 给出了孔底灌浆与不灌浆的钻孔灌注桩单桩静载荷试验的结果,说明孔

底灌浆对于提高单桩承载力具有非常明显的效果。试验桩的直径为 0.7m, 桩长 14.5m, 采用 200 号混凝土。

孔底灌浆效果对比试验结果

表 8-4-7

桩号	孔底处理情况	极限承载力 /kN					容许承载力判定	
		$Q - s$	$s - lgt$	$s - lgQ$	按 20mm 下沉量	判定值	容许值	相应下沉量/mm
1	灌浆	168	161	161	161	161	80~84	3.77
2	未灌浆	84	70	77	77	77	35~42	2.7~4.19
3	灌浆	168	168	168	161	168	84~90	3.93

二、人工挖孔灌注桩

大直径人工挖孔灌注桩(包括扩底桩)具有承载能力高, 造价低廉等优点, 适宜于在地层稳定、不易塌方, 无地下水或含水较弱的地区采用。

(一) 挖掘成孔

人工挖孔桩成孔过程中, 要根据桩身范围内地质情况, 采用无支护开挖或有支护开挖。在开挖深度不大于 6m 的硬粘性土中, 可采用无支护的空壁开挖法; 对于其他情况都应做好孔壁的支护, 支护分为砖护壁、钢套筒护圈或混凝土护壁。

钢套筒护圈法适宜于深度不大于 8m, 孔径小于 1.2m 的桩。护圈一般由 3mm 厚度的钢板焊接, 做成分段组合式, 以便于施工时安装拆卸、下放或提升。

混凝土护壁适用于砂土层, 每节高度以 1m 为宜, 在易坍塌的砂层中, 每节高度宜减为 0.5m。为便于浇注混凝土和严密接茬, 护壁可做成上厚下薄, 护壁的平均厚度不宜小于 100mm, 两节护壁的搭接长度不得小于 50mm, 并用钢筋拉结。扩大端斜面应以竖向钢筋拉结。护壁模板用二至四块弧形钢板拼装而成。护壁用 C15 细石混凝土现场浇注, 坍落度不小于 150mm。

(二) 浇注混凝土

挖孔完毕并检查合格后应立即浇注混凝土。有扩大端的先浇注扩大端部分的混凝土, 桩身混凝土应连续浇注, 分段振捣, 每端高度不宜大于 1m。浇注时必须采用溜槽和串筒, 不能直接从孔口倒入混凝土。

(三) 安全措施

人工挖孔桩成孔工作的劳动条件比较差, 施工时必须采取严格的安全措施, 以防止发生安全事故。

(1)要了解孔内是否存在有害气体,深度超过10m的孔应有通风设施,风量应大于25L/S;

(2)供施工人员上下的井道电葫芦、吊篮等应有自动卡紧保险装置,不得用单绳徒手蹬井帮上下,孔内必须设置应急软梯;

(3)随时检查提升设备的完好情况;

(4)暂时停止施工的孔口应加盖板并设护栏,挖出的土方应及时运走,不得堆放在孔口附近;

(5)严守用电规程,各孔用电必须分闸,孔内电线必须有防潮湿、防折断的保护措施。

(四)不良地质条件下人工挖孔灌注桩的施工

人工挖孔灌注桩的施工受地质条件的制约很大,在不良地质条件下,如不采取必要的措施,不仅影响桩的质量,而且可能造成工程事故。下面主要讨论三种不良地质条件:

(1)涌水量较大时的混凝土护壁施工 当地下水位较高且土层透水性较好时,往往涌水量比较大,护壁隔水难以成功,造成施工困难,严重威胁桩孔安全,混凝土的浇注质量明显下降。

单孔涌水量在每小时1t以下时,对施工影响不大,在工作面上人工排水或潜水泵间断排水即可;当涌水量每小时超过5t时,不宜采用人工挖孔灌注桩;对于涌水量每小时1~5t的情况可采用抽水井集中降水法或钢管导水法施工。前者工期较长,造价较高,但降水后施工条件比较好,质量比较有保证,使用时应注意降水对邻近建筑物和市政设施的影响;后者在浇注护壁混凝土时预埋导水钢管,将水引至吊桶中再用潜水泵将水抽走,此法比较简单,但水量不能太大。

(2)淤泥层较厚时混凝土护壁施工 淤泥层的厚度大小是能否进行人工挖孔灌注桩施工的控制因素,一般认为,当淤泥层的厚度超过一节护壁高度时便不能采用人工挖孔灌注桩。当淤泥层的厚度较厚时,可以缩短护壁的高度,在护壁内增加箍筋和插筋以增加护壁的整体性,对于厚度在3m以内的软塑至流塑的淤泥也可采用钢套筒护圈的方法。

(3)有较厚含水砂砾石层的施工 含水砂砾石层的渗透系数比较大,涌水量大,且易垮孔。一般认为含水砂砾石层的厚度超过2节护壁厚度时不宜采用人工挖孔灌注桩。

当工程量巨大,桩身混凝土灌注量在4000m³以上时,可采用抽水井大面积降低地下水的方法,以降低水压力,减少坍塌的危险性。

第二节 混凝土预制桩施工检测

一、混凝土预制桩制作要求

1. 预制桩的混凝土最终强度必须满足设计强度等级要求。

2. 预制桩的起吊、运输和沉(压)桩时的混凝土强度,必须符合设计要求;当设计无特殊要求时,桩起吊必须达到设计抗压强度标准值的75%以上;桩运输和打设必须达到设

计抗压强度标准值的 100%。

3. 预制桩钢筋骨架的允许偏差和检验方法应符合表 8-4-8 要求。

4. 桩的表面应平整、密实,制作允许偏差和检验方法见表 8-4-9。

混凝土预制桩钢筋骨架的允许偏差及检验方法

表 8-4-8

项次	项目	允许偏差(mm)	检验方示
1	主筋间距	±5	拉线或尺量检查
2	桩尖中心距	10	
3	箍筋间距或螺旋筋的螺距	±20	
4	吊环沿纵轴线方向	±20	
5	吊环沿垂直于纵轴线方向	±20	
6	吊环露出桩表面的高度	±10	
7	主筋距桩顶距离	±10	
8	桩顶钢筋网片位置	±10	
9	多节桩锚固钢筋长度(胶泥接桩用)	±10	
10	多节桩锚固钢筋长度(胶泥接桩用)	5	
11	多节桩顶埋铁件位置	±10	

混凝土预制桩制作允许偏差及检验方法

表 8-4-9

桩型	项目	允许偏差(mm)	检验方法
钢筋混凝土 实心桩	横截面边长	±5	拉线或尺量检查
	桩顶对角线之差	10	
保护层厚度	±5		
桩身弯曲矢高	不大于 1%桩长且不大于 20		
钢筋混凝土 管桩	桩尖中心线	10	用经纬仪或拉线和尺量检查
	桩顶平面对桩中心线的倾斜	≤3	
	锚筋预留孔深	0~+20	
	浆锚预留孔位置	5	
	浆锚预留孔径	±5	
	锚筋孔的垂直度	≤1%	
钢筋混凝土 管桩	直径	±5	用经纬仪或拉线和尺量检查
	管壁厚度	-5	
	轴心圆孔中心线对桩中心线	5	
	桩尖中心线	10	
	下节或上节桩的法兰对中心线的倾斜	2	
	中节桩两个法兰对桩中心线倾斜之和	3	

二、混凝土预制桩的接桩方法

桩的接桩方法有焊接、法兰接及硫磺胶泥锚接三种。前面两种可用于各种土类,硫磺胶泥锚接适用于软土层,且对一级建筑桩基或承受拔力的桩宜慎重。

焊接接桩时,钢 板宜用低碳钢,焊条宜用 E43;法兰接桩时,钢板和螺栓宜用低碳钢;硫磺胶泥锚接时,硫磺胶泥配合比应通过试验确定,其物理力学性能应符合表 8-4-10 的规定。

硫磺胶泥的主要物理力学性能指标

表 8-4-10

物理性能	1)热变性:60℃内强度无明显变化;120℃变液态;140~145℃密度最大且和易性最好;170℃开始沸腾;超过 180℃开始焦化,且遇明火即燃烧 2)密度:2.28~2.32g/cm ³ 3)吸水率:0.12%~0.24% 4)弹性模量:5×10 ⁵ kPa 5)耐酸性:常温下能耐盐酸、硫酸、磷酸、40%以下的硝酸、25%以下的铬酸、中等浓度乳酸和醋酸
力学性能	1)抗拉强度:4×10 ³ kPa 2)抗压强度:4×10 ⁴ kPa 3)握裹强度:与螺纹钢筋为 1.1×10 ⁴ kPa;与螺纹孔混凝土为 4×10 ³ kPa 4)疲劳强度:对照混凝土的试验方法,当疲劳应力比值 P 为 0.38 时,疲劳修正系数 r > 0.8

为保证硫磺胶泥锚接桩质量,施工时应做到:①锚筋应刷清并调直;②锚筋孔内应有完好螺纹,无积水、杂物和油污;③接桩时,接点的平面和锚筋孔内应灌满胶泥;④灌注世界不得超过两分钟;⑤灌注后的停歇时间应符合表 8-4-11 的规定;⑥胶泥试块每班不得少于一组。

硫磺胶泥灌注后的停歇时间

表 8-4-11

项次	桩 截 面	不同气温下的停歇时间									
		0~10℃		10~20℃		20~30℃		30~40℃		40~50℃	
		打桩	打桩	打桩	打桩	打桩	打桩	打桩	打桩	打桩	打桩
1	400×400	6	4	8	5	10	7	13	9	17	12
2	450×450	10	6	12	7	14	9	17	11	21	14
3	500×500	13	/	15	/	18	/	21	/	24	/

三、锤击法下沉预制桩施工检测

(一)施工工序

用锤击法下沉预制方桩的工序如下:测量放样桩→打桩机就位→喂桩→对中、调直→

锤击沉桩→接桩→再锤击→(再接桩)→打至持力层(送桩)→收锤。

(二)打桩前的施工准备工作

- (1)调查场地及四周环境,特别要弄清地下管线和四周的危房;
- (2)清除场地尤其是桩位下的障碍物;
- (3)平整施工场地;
- (4)组织施工图会审;
- (5)编制施工组织设计或施工方案,尤其要正确合理地确定打桩流水;
- (6)现场放线定位;
- (7)正确堆放,小心吊运预制桩;
- (8)试打桩;
- (9)收集好施工前应具备的技术文件和资料。

(三)小心起吊,防止开裂

预制方桩与预应力管桩相比,桩身长细比大,桩身重,一般未预加应力,桩身抗裂弯矩和极限弯矩小,桩身混凝土强度低,为此,其起吊方法与预应力管桩稍有不同:预应力管桩可用特制的吊钩钩住管桩($\leq 13\text{m}$)的两端进行起吊,预制方桩必须按设计的吊点进行两点吊或多点吊;预应力管桩可以进行拖运,而预制方桩严禁拖运;喂桩时,预应力管桩较为方便,一律用单点吊即可将桩从水平位置吊成垂直位置,而预制方桩的喂桩相当困难,也是保护桩身不开裂的关键所在。具体起吊方法见本章第三节有关内容。为了在喂桩时,能自由转动直立的桩身,打桩工人往往用铁板做成一个“大扳手”,扳手的钳口做成四方形,内口比桩边长大 20mm 左右,钳口外配一个大手柄,当钳口钳住桩身后,推动手柄,垂直的桩身就能左右转动,方便对中就位。“大扳手”结构示意图 8-4-1 所示。

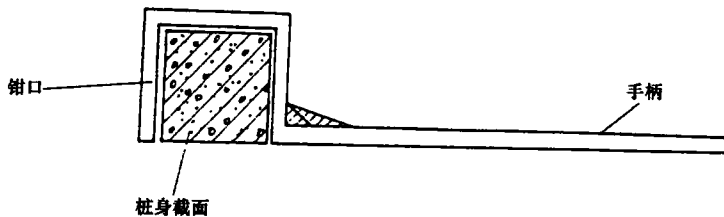


图 8-4-1 桩身“大扳手”示意图

(四)合理选锤,重锤低击

施打预制方桩,宜选用筒式柴油锤和液压锤。

锤的合理选择和正确使用对预制方桩顺利下沉及桩身完好有密切的关系。若用 D35 柴油锤施打 40 多米 $500\text{mm} \times 500\text{mm}$ 的预制方桩,桩头被击碎的可能性较大,桩身被打断的事故也时有发生。因用小锤打大桩,锤芯跳动太高,桩头锤击应力过大,同时,锤击次数过多,一根桩的总锤击数可达到 2000 多击甚至超过 3000 击,容易使桩头处的混凝土疲劳破坏。另外,也会缩短柴油锤的使用寿命。所以桩锤宜重不宜轻,但也不能过重。用重锤打桩,起初可用低档油门控制供油量,尽量做到“重锤低击”,若沉桩较慢,可适当加大油

门,使桩顺利下沉。

施打预制方桩,可使用下列选锤参考表(表 8-4-12)。

选择柴油锤参考表

表 8-4-12

柴油锤型号	25 型	32 型~36 型	40 型~50 型	60 型~62 型	72 型~80 型
冲击体质量(t)	2.5	3.2,3.5,3.6	4.0,4.5 4.6,5.0	6.0,6.2	7.2,8.0
锤体总质量(t)	5.6~6.2	7.2~8.2	9.2~11.0	12.5~15.0	17.4~20.5
常用冲程(m)	1.5~2.2	1.6~3.2	1.8~3.2	1.8~3.6	1.8~3.4
适用的方桩(mm×mm)	300×300 350×350	350×350 400×400	350×350 400×400 450×450	450×450 500×500 550×550	500×500 550×550 600×600
单桩竖向承载力 设计值适用范围(kN)	600~1200	800~1600	1200~2400	1800~3000	2200~4000
桩尖可进入的岩土层	密实砂层 坚硬土层	密实砂层 全风化岩	密实砂层 全风化岩 强风化岩	密实砂层 强风化岩	密实砂层 强风化岩
常用收锤贯入度 (mm/10 击)	20~40	20~50	20~50	20~50	30~60

选择柴油锤的型号可参照下列方法之一确定:

- (1)根据高应变动测法试打桩结果选用;
- (2)根据工程地质条件、单桩竖向承载力设计值、桩的规格、入土深度等因素参考表 8-4-12,并遵循“重锤低击”的原则综合考虑后选用。

(五)桩帽结构要合理,垫层厚度要保证

桩帽是套在桩头上的,起传递锤击力、固定和保护桩头的作用,所以桩帽结构要牢固,耐打性要好,尤其桩帽顶板,要有一定的厚度,能经受长期锤击而不变形。若顶板较薄,经反复锤击变成锅底状,容易破坏桩头。45#型及其以下型号柴油锤的桩帽,一般用钢板焊接而成,顶板应是一块厚钢板,厚度宜为 6~8cm;60#型及其以上型号柴油锤的柱帽,一般用铸钢铸成,顶板厚度宜大于 10cm。

施打预制方桩的桩帽的横截面,以前做成正方形,与方桩截面匹配,现在大多做成圆形,从打桩经验来看,图形截面的桩帽的抗锤击性能比其他形状的桩帽高,且圆形截面可使方桩自由转动,不会卡坏发生扭转的桩身。

桩帽的尺寸应与桩头相配合,套桩头用的筒体深度宜取 400mm 左右,过深易磕坏桩头混凝土,过浅易造成桩头脱离桩帽而发生倾倒桩身的事故。筒体内径也不可过大或过小。过大则喂桩套帽时易偏位,打桩时易发生偏心锤击;过小则喂桩困难;若桩身或桩帽稍有倾斜,打桩时桩头混凝土容易被磕伤。经验表明,桩帽筒的内径比方桩横截面的对角

线长度大 20~30mm 为宜。

桩帽上部与桩锤之间的衬垫称锤垫,锤垫也起保护桩头的作用。锤垫太薄,锤击时有效作用时间短,锤击应力过大,桩头易被击碎。锤垫过厚,锤击能量损失大,桩不下沉或仅回弹。锤垫厚度宜取 150~200mm,可用竖纹硬木或盘圆层叠的旧铁芯钢丝绳。

桩帽与桩头之间也应设置弹性衬垫,称桩垫,可采用麻袋、硬纸板、水泥纸袋、胶合板等材料制作,软硬要适度,厚度要平均且经锤击压实后保持在 120~150mm 为宜,在打桩期间应经常检查,及时更换或补充,这是一种行之有效的防止桩头被击碎、提高预制桩贯入能力的打桩技术措施。

(六) 桩锤、桩帽和桩身的中心线应重合,力戒偏打

打直桩时要求桩身自始至终保持垂直,并且使桩锤、桩帽和桩身的中心线保持在同一铅垂线上,这不仅是为了保证成桩的垂直度,也是防止预制方桩桩顶受偏心锤击而破碎的一条重要的施工技术措施。桩身若倾斜,桩帽与桩顶的接触面就少,有的成一条线,有的只剩一只角,锤击应力集中,桩头混凝土易破损,所以保证桩身垂直是至关重要的,特别是第一节桩(底桩)的垂直度好坏直接关系到整根桩的质量好坏,底桩倾斜,以后接驳上去的桩就难以垂直,随着入土深度的增加,纠偏越来越难。所以有关规范规定:桩插入土层时的垂直度偏差不得超过 0.5%,这比成桩垂直偏差不得大于 1%的规定要严格。当然,如果桩机导杆不垂直,也有可能偏心锤击将桩头击碎,所以施工规范要求桩锤、桩帽或送桩器应和桩身在同一中心线上。

(七) 接头质量要保证

锤击预制方桩的接头,大多用电焊连接。主要形式有:四角角钢绑焊接头,桩顶钢板对焊接头,也有将两者结合起来。

通常桩身结构设计要求接头的抗弯强度大于桩身抗弯强度。实际施工中,接头要经过成百上千次的锤击,就容易出现某些工程由于接头焊接质量差,锤击后接头开裂,在群桩密集之处,土体上涌,将上节桩拉起来,使大批桩的承载力达不到设计要求。除了焊条、电流电压等要符合有关规定外,电焊工人一定要一丝不苟地作业。电焊前,焊接件表面应清刷干净;电焊时,宜二人对称进行,不仅缩短焊接时间,而且可减少焊接变形;焊缝应连续饱满。焊完后,焊缝应自然冷却 8 分钟左右,才可重新开锤施打。

(八) 在较厚的粘土、粉质粘土层中每根桩要连续施打,中间停歇时间不可太久

在这类土中打桩,桩周土体结构迅速破坏,桩身贯入相当容易,但一旦停歇下来,桩周土体迅速固结,停歇时间越久,固结力越大,要想再打动这根桩,需要增加许多锤击数,有的就根本打不动,硬打就会把桩头或桩身打碎。

(九) 收锤标准要适当

当预制方桩施工不以桩身长度为控制标准时,就要考虑如何终止锤击的问题。停打过早,桩的承载力可能会达不到设计要求;停打太迟,桩头桩身可能被打坏。因此停打以

前,就需要量测最后贯入度等信息,以判断是否可终止锤击或“收锤”。终止锤击的控制条件,俗称“停锤标准”,或称“收锤标准”。

一般认为停锤标准就是最后贯入度,而最后贯入度应越小越好,这是一种误解。最后贯入度虽然是打桩停锤前的一个重要控制指标,但不是唯一指标。贯入度太小,锤击数太多,对桩身质量无好处,桩身不被打坏也会留下内伤,而且,有损柴油锤的使用寿命。停锤标准应根据场地工程地质条件、单桩承载力设计值、桩的规格和长短、锤的大小和冲击能量等因素,综合考虑最后贯入度、入土深度、总锤击数、每米沉桩锤击数及最后一米沉桩锤击数、桩端持力层的岩土类别以及桩尖进入持力层深度、桩土弹性压缩量等指标后给出。

停锤标准应以达到的桩端持力层、最后贯入度或最后一米沉桩锤击数为主要控制指标,其他指标可根据具体情况有所选择作为参考指标。

根据各地的打桩经验,最后贯入度一般不宜小于 20mm/10 击。实际上,有经验的现场工程师,往往将最后贯入度,最后几米沉桩的每米锤击数,桩的总入土深度以及桩身反弹值,打桩锤的声音等因素加以综合考虑,而后适当地判断打桩是否可以收锤。

如何适当确定停锤标准,尚可参阅本手册下一章预应力管桩施工的有关内容。

四、静压法预制桩施工

(一)施工工序

静压预制方桩的施工,一般情况下都采用分段压入、逐段接长的方法。其程序为:测量定位——压桩机就位——吊桩喂桩——桩身对中调直——压桩——接桩——再压桩——(送桩)——终止压桩——切割桩头。静压法施工前的准备工作、施工流水、测量放线等与锤击法施工基本类似,不再赘述。

压桩施工程序见图 8-4-2,详述如下:

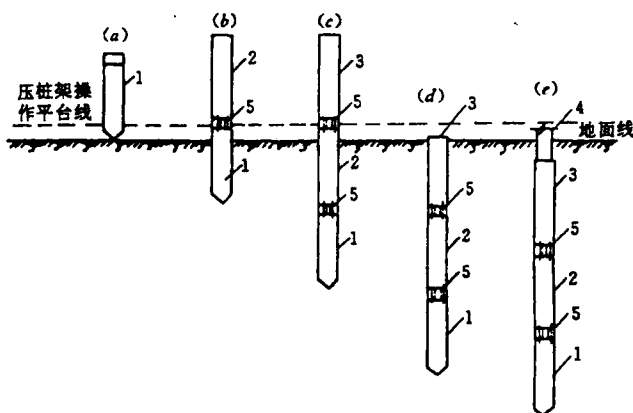


图 8-4-2 压桩程序示意图

(a) 准备压第一段桩;(b) 接第二段桩;(c) 接第三段桩;(d) 整根桩压平至地面;

(e) 采用送桩压桩完毕

1—第一段桩;2—第二段桩;3—第三段桩;4—送桩;5—接头