

建筑工程桩基施工技术分析

李鑫

安徽建工建材科技集团有限公司

摘要:为提高桩基施工质量,本文针对建筑工程桩基施工问题进行分析,阐述桩基施工的主要难点,以静力桩施工为主,探讨该类技术的应用特点,以及重点阐述静力桩施工流程、施工技术方法。本文主要围绕桩基施工中试桩、吊桩、压桩、接桩、送桩、施工验收等环节进行操作技术分析,以供同行参考。

关键词:建筑工程;桩基施工;静力桩施工;施工质量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.037

前言:桩基施工是建筑工程施工重要环节,其质量直接影响建筑质量和使用寿命。桩基工程是建筑施工的基础项目,必须结合施工场地地质水文特点进行施工设计,基于具体地形地貌等采取合理的施工技术。桩基工程完成后,应保证桩基稳定性、承载力符合要求,保证结构强度。因此,应加强施工全周期技术质量控制。

一、桩基施工的常见技术方法

桩基施工主要分两类,分别为预制桩施工、灌注桩施工。其中预制桩施工中,打入土方法包括静压桩施工、锤击桩施工、振动桩施工、水冲沉入桩施工。灌注桩施工主要是就地成孔,将钢筋笼置入钻孔,然后灌注混凝土形成桩基。成孔方法主要包括挖孔法、钻孔法、冲孔法、沉管成孔法。在实际施工中,应针对施工区域进行施工勘察,结合实际土层条件、周边环境、上部荷载力情况,合理选择桩型,采用科学的施工技术方法^[1]。

二、静力桩施工技术的主要特点

静压桩是建筑工程常用桩基施工技术。在静压桩施工中,主要是利用静力压桩机设备的自重和配重产生反力迫使预制桩下沉。静压桩施工主要优点是静音施工、减轻振动、冲击力和污染,对桩体无损伤。砂性土软黏土层、高压缩性黏土层可考虑静压法施工,应用该技术时需要考虑桩机压桩力、终压力,评估土层特性、地下水位、桩截面大小、布桩形式、终压前稳压时间和次数等。静压桩施工的缺点是对砂层的穿越能力具有一定局限性,施工前应试装操作。静压桩通常不适用于岩溶区域或者含孤石、障碍物土层。在连接预应力混凝土桩时,桩接头应控制在3个以内,连接方式可采用法兰、机械啮合、螺纹或者端板焊接等方法。桩端嵌入预应力混凝土空心桩,沉桩后,桩端以上约2m范围内内壁预涂柔性防水材料或者进行微膨胀混凝土填芯,保证防渗能力^[2]。

三、静力桩施工流程与技术方法

(一) 施工前期勘察

施工前全面现场勘察,完善资料和技术准备保证施工顺利进行。环境勘查分析后,结合分析结果合理选择机械设备、成桩工艺,以此为基础控制成桩质量控制。勘察时,观察地形、地貌,分析气候、水文等情况,评估自然条件。分析地质勘察报告,结合成桩深度评估土层分布情况、物理学特性以及其他重要指标。观察地下水水位、水质、水文变化。重点分析当地溶岩、矿岩、暗滨、地下构筑物、障碍物情况,以及地质灾害信息。分析附近建筑物与桩基施工间距,地下管网结构、管径、分布、距离、埋深、使用年限等信息。

(二) 试桩和测量放线

设计阶段通常需要实施静载试验桩操作或者在施工前试压桩施工。设工程所需总桩数为 n ($n \geq 5$),试压桩数量为 $n_{\text{试}}$,则试压桩计算方法为:

$$n_{\text{试}} = n \times 1\%$$

在此环节中,应采用工程桩进行试压桩测试,试压桩的长度、规模、地质条件方面符合实际施工特点。取地质勘探技术孔附近测试,根据工程桩施工情况选择施压方法,设置施压条件并且应在经过24h后复压测试。风化岩、砂土层等硬度不稳定持力层基桩不适合采用此种方法^[3]。

承载力测试方面,单桩垂直抗压承载力评估应采用试压桩与复压法,试压桩沉桩后静止24小时后复压,单桩垂直抗压承载力应取桩身启动时压力值。或者在复压时取2倍单桩垂直抗压承载力特征值,观察桩身下沉情况,无显著下沉,则桩承载力符合设计要求。在试压期间,压桩信息记录应完整,主要内容为各深度入桩压桩力、终压强度和次数、最终桩长以及桩端持力层信息。目测评估施压后桩身混凝土完整性,观察压桩机运行状态,桩接头型式、接头施工情况以及其他复压资料,重点标注异常信息。

测量放线时,应在避免影响压桩操作的前提下合理定位控制桩与水准点,定位桩时可采用短钢筋或者木桩,然后标记外轮廓线。

(三) 桩机准备

施工场地承载力应达到140KPa/m²。桩机入场前做好场地准备,针对常规杂填性土层场地,应覆盖(0.3~0.5)m砖渣;针对软塑、流塑淤泥质土地,应先行换填(1.0~1.5)m砖渣。添加砖渣的作用是保证场地承载力,避免在实际操作压桩机时出现陷机等事故。设备规范进场后,调整机架为垂直角度,以桩位为基准,利用中心线锤等校正钳口中心,根据施工需求调

整桩机。

（四）吊桩施工

在起吊前检测预制桩混凝土强度应不低于70%设计强度。运输、压桩作业混凝土强度应完全符合设计要求。针对钢桩尖静压桩施工时，应先行焊接桩尖然后起吊，杜绝喂桩后垂直桩身托住桩尖焊接作业。喂桩时，为保证施工安全，取0.3倍桩长处为单吊点，吊桩喂桩期间压桩机应为稳定状态，禁止调整和行走，喂桩时取相邻夹具空隙处进行管桩桩身两侧合缝。抱箍与桩身二者中心线应为重合状态。作业时，根据桩位调整桩尖，桩压入土深度为（0.5~1.0）m时暂停，检测桩身垂直度，保证垂直度偏差 $\leq 0.3\%$ ，然后下压操作。

（五）压桩施工

压桩施工时，入土深度应为（1.5~2.0）m/次，压入速度 $\leq 1\text{m}/\text{min}$ 。压桩期间动态监控桩身垂直度，保证垂直度偏差 $\leq 0.5\%$ 。桩身垂直度偏差超标时全面排查原因，纠正偏差。桩尖深入较硬土层时，杜绝强行调整机架纠偏。压桩全周期禁止浮机，在压桩施工中应动态观察桩身完整性，当桩身出现裂缝、掉角时及时停机排查原因，针对性处理，然后继续试压操作。入桩时应采用一次到底施工方法，入桩期间禁止无故停工分次入桩（见图1）。



图1 静力桩压桩施工

部分情况下在压桩过程中需要引孔。例如，部分入桩区域地面存在硬夹层、砂层厚度超标及穿透难度较高时，或者入桩区域土层上软下硬导致桩身断裂，或者地面隆起时，需要予以引孔作业。引孔长度 $\leq 12\text{m}$ ，引孔直径=桩径-（50~100）mm，实施长螺旋钻机干施工钻孔，钻孔垂直度偏差 $\leq 0.5\%$ 。在同一工作台中，采用随钻随打方法，引孔与打桩相互配合，直至完成操作。针对存在积水的引孔，应采用开口型桩尖辅助压桩。

（六）接桩施工

桩顶超出地面（0.5~1.0）m时，可二氧化碳保护焊法焊接管桩，焊缝为2层3道。清理接桩连接处，校正

上、下节桩身，保证二者错位控制在2mm以内。如果下节桩身轻引起轻度倾斜，则调整上节桩身，直至上下节桩身顺直。紧密贴合两端面，消除接头间隙。由2个工人进行对称施焊作业，前期均匀对称点焊（4~6）个点予以固定，然后正式分层、均匀、连续开展焊接操作，焊接层数 ≥ 2 层。焊接时应监控焊缝质量，避免出现裂缝、焊瘤、凹痕、咬边、夹渣等问题。焊接后待自然冷却，再继续施工。采用手工电弧焊施工时，自然冷却时间应 $\geq 5\text{min}$ ，采用二氧化碳保护焊施工时，自然冷却时间 $\geq 3\text{min}$ 。应自然冷却，禁止焊接后直接施工或者冷水降温。

（七）送桩施工

送桩操作应采用专业送桩器。或者根据工程施工需要定制高应力值预压管桩，送桩器所用管桩不可用于作为工程桩。在送桩器侧面设标尺线，根据标线监控送桩深度。送桩器横截面、静压桩横截面具有相同的外廓形状，端面应处理平整，同时垂直于送桩器中心轴线。送桩作业应连续施工，送桩器端面完全与静压桩顶面重合。复压过程中送桩器端部具有套筒装置，套筒内安装弹性垫层，送桩器与复压桩中心线重合。在实际施工时，当场地中大部分桩长度 $\leq 16\text{m}$ 时，或者施工持力层为硬度不稳定的风化岩，应将送桩深度控制在1.0m以内。在此基础上，应根据实际需要控制送桩深度，必要时可控制为（2~6）m。最大送桩压力 \leq 桩身抱压桩承载力极限值 $\times 110\%$ 。

（八）终桩施工

终桩作业中，入土深度满足设计终压值，此时可进行终桩操作。在此环节中，终压次数 ≤ 3 次，若桩身入土深度 $< 9\text{m}$ 时，终压次数需要提高至3~5次。稳压时间方面，终压力 $\leq 3000\text{kN}$ 时，稳压时间控制为 $\leq 5\text{s}$ ；终压力 $> 3000\text{kN}$ 时，稳压时间为（3~5）s。一根桩作业完成后，需要处理有露出地面部分，可利用截桩机对地面部分进行截桩处理，然后移机。禁止大锤强行破或者使用桩机强行扳断桩身。

（九）施工验收

施工验收时，应重点检测是否存在桩位偏差、桩顶标高、桩长与承载力。完成施工验收后，将送桩器拔出，规范移机，进行下一桩位施工作业^[4]。施工验收检测中，通常需要采用静载荷检测、高应变检测、小应变检测等。静载试验检测、高应变检测实施时，针对砂土施工场地，应在成桩1周以后进行检测。针对粉土施工场地检测时，该间隔应在10天以上。针对非饱和黏性土成桩施工后，应等待半个月以上，然后实施检测验收。针对饱和黏性土施工场地、持力层为风化岩层，间隔时间要求超过25天。在静力桩施工后的检测数量方面，若桩基施工区域存在岩溶等稳定性较差的土层，或者引孔施工部分，静载试验中桩基数量 ≥ 3 根、选取桩数为总桩数的1%；低应变完整性检测取20%。其他桩检测方法为高应变检测、完整性检测与垂直承载力检测，同等条

件下取桩数量为总桩数的8%，同时取桩数量 ≥ 10 根。

(十) 桩基完整性检测评估

桩基施工后应进行完整性检测，尤其是针对较长的桩基结构进行检测时，应重点质控夹泥、蜂窝、孔洞等缺陷。当前无损技术类型丰富，其中低应变检测应用效果较好。在利用反射波进行完整性检测时，可利用反射波独特的低应变特性评估桩基完整性，通过检测分析桩身缺陷严重性，定位缺陷位置。在实际应用中，将激振信号加之于桩顶部位形成应力波，桩身作为传导介质传播应力波。桩身中存在缺陷时会导致介质不均匀，形成不连续界面，产生异常反射波，桩底面也会形成反射波。检测过程中利用设备监测反射波幅值、传播时间，分析波形变化，然后以此为依据科学评价桩基是否完整。通过此项检测，可有效检出桩基断裂、孔洞、蜂窝或者夹泥等情况（见图2）。

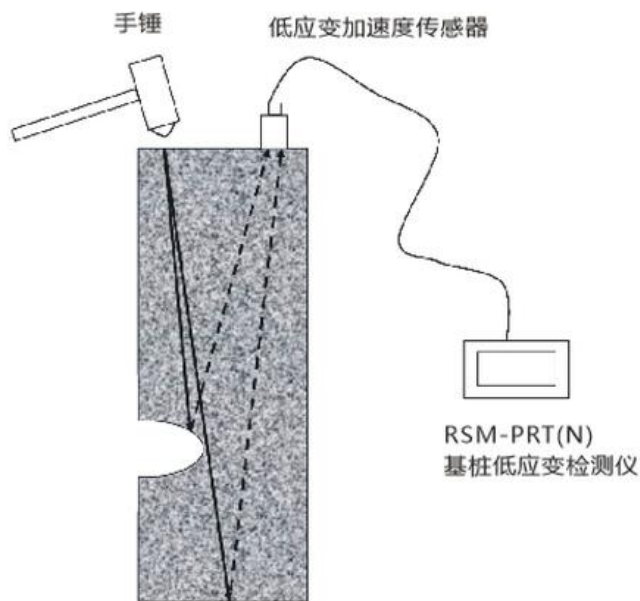


图2 低应变反射波检测

反射波法应用于桩基完整性检测时，应科学布设分析仪及校正传感器。低应变动力检测原理是在桩顶释放激振信号，形成应力波，应力波沿桩身向下传播。传播期间一旦遇到非连续界面、桩底面即呈现反射波，通过分析反射波信息，做出评估。通过此种检测，判断桩身缺陷程度，分析桩身中缺陷所在位置，精准定位和处理桩身缺陷。此种检测法也存在一些缺点。在多缺陷桩检测中，桩内应力波多次反射、透射，导致波形复杂，影响结果判断，此时通常不进行第三个缺陷判断，减少误差。此种方法仅适用于定性质量描述，无法定量分析。例如，实施反射波检测时，可检出接缝、水平裂缝存在，但通常无法准确评估缺陷严重性并且难以检出纵向裂缝，此种情况下较易误诊为严重缺陷。此种方法可

定性判断端承桩嵌岩质量，但难以定量评估桩底沉渣厚度，但是部分工程中存在较强的嵌岩负向反射波，将直接影响评估结果。桩身渐变扩径时形成相对缩径，此种情况易误诊为缩径。当大范围渐变缩径或者发生离析时，反射波可能难以显示缺陷。此外，反射波无法显示桩身混凝土强度。在实际检测时，应根据实际施工条件和检测要求，综合多种手段检测和质控建设质量。

(十一) 基坑施工

禁止在施工范围内同步压桩和开挖基坑。针对粉土、饱和黏性土区域，全部压桩施工后，应间隔半个月以上，然后进行后续施工。开挖深基坑前，应科学规划施工流程与作业方案。在开挖过程中同步监测，保证基坑维护稳定性，以及做好边坡支护。应分层均匀开发基坑，避免集中开挖。在开挖过程中，应保证桩周土体高度 $\leq 1\text{m}$ 。土方应及时清出基坑，避免在施工现场堆积。深厚淤泥等软弱土地层施工时，应先行加固地基，然后进行机挖，或者采用人工开挖方法。根据桩基之间情况，必要时使用构件连接保证施工顺利进行。土方施工中禁止机械设备碰撞桩身、桩头。此外，基坑周围应及时清场，避免堆积杂物、重物。在设计基坑支护结构时应将挖土机作为重要附加荷载内容，综合分析基坑荷载要求。满足上述要求后，然后进行基坑开挖和压桩施工^[5]。

结论：综上所述，桩基工程是重要的施工内容，在此过程中应加强全周期技术管理，保证试桩、吊装、压桩等各环节施工质量，严格执行技术标准，根据技术要求和设计要求规范操作。做好前期准备工作和后续验收工作，同时加强全周期的安全管理和标准化质量控制，以积极提高桩基工程的施工质量。

参考文献

- [1] 房震宸, 龚剑. 软土地区超高层建筑桩基及基坑工程施工新技术研究与进展[J]. 建筑施工, 2021, 43(10): 2177-2178+2182.
- [2] 王庆贺, 袁远, 静恩鹏. 建筑桩基工程施工中旋挖钻孔成桩施工技术的应用[J]. 中国住宅设施, 2021, (09): 110-111+127.
- [3] 于凯同, 张世径, 玄超群. 大厚度黄土地区锚杆静压桩施工技术实例分析[J]. 甘肃科技, 2020, 36(20): 104-107.
- [4] 白竺. 加固软地基建建筑物基础的锚杆静压桩施工技术研究[J]. 中国新技术新产品, 2023, (14): 120-122.
- [5] 龙晓阳, 覃世将, 苗海亮, 等. 商业广场静压桩工程施工技术探讨[J]. 工程技术研究, 2021, 6(20): 257-258.

作者简介：李鑫，1978年7月，男，安徽颍上，本科，高级工程师，研究方向：建筑工程。