

桩基施工技术在岩土工程中的应用分析

傅嘉伟

浙江大合检测有限公司,浙江 杭州 311122

[摘要]桩基技术是解决复杂岩土工程问题、确保上部结构安全稳定的关键手段,基于此,本篇文章对桩基施工技术的技术要点及质量控制措施进行深入分析,研究表明,施工技术的选择与优化直接关系到桩基承载力、沉降控制及工程成本效益,研究结论可以为岩土工程中桩基方案的科学决策与高效、安全施工提供理论参考与实践指导。

[关键词]桩基施工技术; 岩土工程; 护筒埋设

DOI: 10.33142/ec.v8i11.18574

中图分类号: TU473

文献标识码: A

Application Analysis of Pile Foundation Construction Technology in Geotechnical Engineering

FU Jiawei

Zhejiang Dahe Testing Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311122, China

Abstract: Pile foundation technology is a key means to solve complex geotechnical engineering problems and ensure the safety and stability of the upper structure. Based on this, this article conducts an in-depth analysis of the technical points and quality control measures of pile foundation construction technology. The research shows that the selection and optimization of construction technology are directly related to the bearing capacity, settlement control, and cost-effectiveness of pile foundations. The research conclusions can provide theoretical reference and practical guidance for the scientific decision-making, efficient, and safe construction of pile foundation schemes in geotechnical engineering.

Keywords: pile foundation construction technology; geotechnical engineering; burial of casing

引言

但随着材料科学、机械设备与设计理论的进步,桩基施工工艺不断革新,形成了从传统的打入式预制桩到现代化的钻孔灌注桩、旋挖桩、挤扩支盘桩等多样化技术体系,因此,在实际工程中,如何根据具体的工程地质条件、水文条件、荷载特性及环境限制,科学选择并优化桩基施工技术,是岩土工程师面临的核心挑战。

1 桩基施工技术概述

桩基施工是岩土中的关键部分,首先要开展精准的桩位测量工作,接着按照地质勘探得出的结果挑选合适的成孔工艺,在进行成孔操作时,要同时完成钢筋笼的制作及吊装安装工作,借助导管法等技术开展水下混凝土浇筑,形成桩身。桩基具有多种类型,按照受力原理可分成主要依靠桩侧摩擦力的摩擦桩及主要依靠桩端坚硬岩土层承载的端承桩;按照施工方式又分为预先制作的预制桩和现场浇筑的现浇灌注桩,科学合理的桩基设计及严格的施工控制,对提升整体承载力、控制不均匀沉降、保证工程结构长期安全稳定有着重要作用。

2 桩基施工技术在岩土工程中的应用要点

2.1 测量定位与护筒埋设

在桩基施工准备时期,需要运用高精度测量仪器来进行精确的定位操作,并且依靠设置相互垂直的基准线来对桩位开展双重校验工作,钢制护筒应当选用优质钢材进行加工制作,其壁厚适宜为6~10mm,护筒的内径要比设计桩径扩

大20~40cm,可为后续的成孔作业提供充足的空间。在陆地进行施工时,护筒的埋深一般是2~4m,如果遇到不良地质状况就要加深至稳定地层,在水域进行施工时,护筒顶标高要高出最高水位1.5m以上,在安装过程中要将护筒中心与设计桩位的偏差在50mm以内,采用分层压实的方式来固定护筒,并且要保证其垂直度偏差不超过1%^[1]。

2.2 成孔技术

在钻孔灌注桩的施工操作中,泥浆护壁工艺的质量把控极为关键,泥浆的性能参数要依据施工工艺来精确调节控制:当采用反循环钻进方式时,比重需要控制在1.05~1.15g/cm³这个范围,若是常规工艺,比重则控制在1.10~1.25g/cm³,黏度指标要保持在18~28s的区间之内,含砂率要严格地控制在2%以内。在进行配制时,应该挑选优质的高塑性黏土当作基础材料,通过添加CMC、纯碱等外添加剂来对性能加以优化,在施工的整个过程当中,一定要保证孔内泥浆的液面始终高于地下水位1m以上,形成稳定的静水压力,以此来防止孔壁出现坍塌的情况。

钻机转速需依据不同土层特性进行动态调整,在黏性土层当中,适宜采用20~40r/min的低速钻进方式,以此避免钻头出现糊钻的情况,而在砂性土层,则采用40~60r/min的中速钻进,这样能保证钻进效率,又可有效地维持孔壁的稳定。终孔验收时要严格执行“双控”标准,一方面要契合设计桩长的要求,另一方面要保证桩端进入持力层的深度符合设计规定。清孔作业完成之后,需要重

点把控孔底沉渣厚度不超过 50mm, 将泥浆比重调整至 1.10 左右, 各项技术参数如表 1 所示。

表 1 钻孔参数表

参数项	控制标准	备注
泥浆比重	1.10~1.20g/m ³	砂层取上限, 黏土层取下限
钻速	黏土 20~40r/min, 砂层 40~60r/min	硬岩层可降至 10~20r/min
终孔深度	设计桩长+入岩深度>0.5m	需结合地质勘察报告
沉渣厚度	≤50mm	清孔后检测

2.3 钢筋笼制作与安装

钢筋笼运用分段制作的工艺, 每单节长度设定在 6m~12m 的范围之内, 主筋连接优先采用双面接焊的方式, 在同一截面当中, 主筋接头数量不能超过主筋总数的 50%, 而且相邻接头之间的距离要大于 50cm, 以此来保证结构受力均匀。加强箍筋的间距允许出现 $\pm 20\text{mm}$ 的偏差, 它与主筋的交叉点依靠梅花形布置的点焊方法来固定, 并且在吊点周边 1m 的范围之内进行满焊操作, 整个加工过程是在专用胎架上开展, 以此保证钢筋笼的直线度及圆度, 制作完成以后, 需要对笼体的直径、长度及焊缝质量等方面进行全面的验收。对于大直径灌注桩而言, 还应当在钢筋笼外侧均匀地设置保护层垫块, 保障桩身混凝土可得到有效地覆盖及具有耐久性^[2]。

钢筋笼吊装时应采用双机协同或四点平衡吊装工艺, 吊点须位于加强箍筋处且要用专用吊具保证受力均匀, 吊装前要全面检查成孔质量, 涉及沉渣厚度及泥浆性能指标等方面, 下放钢筋笼时要匀速, 速度不超过每分钟 0.5m, 借助全站仪实时监测钢筋笼与桩位中心的偏差, 保证偏差不超过 20mm。若下放受阻, 应立即停止作业, 采取旋转调整等措施, 严禁强行下压, 对于分段钢筋笼, 上下节主筋应采用机械连接或焊接方式, 接长后复测垂直度, 牢固固定在孔口定位架上, 安装完成后, 笼顶标高误差应控制在正负 30mm 以内, 依靠吊筋及定位环双重固定, 防止混凝土浇筑时钢筋笼上浮。

2.4 混凝土灌注工艺

导管法施工对水下混凝土灌注质量而言十分关键, 核心在于让导管系统保持密闭, 还要精确控制初灌混凝土量, 施工前期, 导管要依靠严格水密承压试验, 试验压力设为孔底静水压力的 1.5 倍, 稳压 2min, 无渗漏才可使用, 导管规格上, 直径选 250~300mm, 标准节段长 2~3m, 底节导管长 4m 且去掉法兰盘, 以减小混凝土流动阻力。初灌时, 要准确计算混凝土量, 保证导管首次埋深达 1.0m, 施工中, 导管底口与孔底间距保持在 300~500mm, 灌注使用专用隔水栓, 隔绝泥浆与混凝土, 维持结构完整性, 灌注全程要监测导管埋深, 及时调整高度, 让混凝土连续均匀填充桩孔^[3]。

为保证灌注桩施工质量, 避免出现断桩、夹渣等状况, 要着重控制混凝土连续浇注工艺, 在材料控制方面, 混凝土需符合以下技术参数: 坍落度适宜为 18~22cm, 含砂率控制在 40%~50% 的范围, 胶凝材料总量要 $\geq 380\text{kg/m}^3$, 施工期间应做到: 保持浇筑的连续性, 中断时长小于等于 30min, 导管埋入深度保持在 2~6m, 实时监测混凝土灌注标高, 精确计算并记录导管埋深。遇到堵管情况时, 可采取导管小幅振晃或者增加埋深等措施, 严禁暴力提拔导管, 桩顶标高以上需超灌 0.8~1.0m 混凝土以保证桩头密实度, 浇筑结束时应匀速起拔导管, 并立即进行清洗维护。

3 岩土工程桩基施工技术的质量控制措施

3.1 材料与设备管理

依照施工规范相关要求, 钢筋进入施工现场时, 其质量控制需严格按如下检测程序执行: 首先要认真核查钢材出厂时附带的合格证及材质证明文件, 接着按标准要求, 对每批次钢筋在现场进行取样操作, 重点检测的三项指标为抗拉强度、屈服强度及断后伸长率, 且同一批次抽样数量不得少于 3 组。对于主筋焊接接头, 要用万能试验机开展抗拉强度试验, 其中双面搭接焊的焊缝有效长度应大于或等于 5d, 单面焊的焊缝长度要大于或等于 10d, 施焊过程中要保证焊缝连续且饱满, 无气孔夹渣等缺陷, 在混凝土原材料控制方面, 水泥需进行复试, 检测安定性及强度指标, 砂石材料要检测含泥量和级配曲线, 粗骨料最大粒径不能超过结构截面最小尺寸的 1/4。配合比设计需借助实验室适配进行验证, C30 混凝土的典型配合比如表 2 所示。

表 2 混凝土原材料配合比设计表

材料	用量/ (kg · m ⁻³)	技术要求
水泥 (P·O42.5)	380~420	初凝时间 $\geq 45\text{min}$, 强度等级达标
中砂	700~750	细度模数 2.3~3.0, 含泥量 $\leq 15\%$
碎石 (5~20mm)	1000~1100	压碎值 $\leq 20\%$, 针片状含量 $\leq 15\%$
水	160~180	pH ≥ 6.5 , 氯离子含量 $\leq 500\text{mg/L}$
外加剂	4~8	减水率 $\geq 20\%$, 与水泥相容性良好

在钻机就位之前, 要严格校验其垂直度偏差情况, 要保证其符合规范标准, 即不超过 1%, 可采用高精度全站仪或者铅垂仪来进行双向校准, 并且在钻进过程当中, 要通过实时监测系统动态追踪钻杆姿态, 以此来避免偏斜累积。压力传感器作为关键的监测设备, 每一个班次都需要使用标准压力源进行校准, 要将测量误差控制在 $\pm 2\%$ 以内。泥浆循环系统的流量计应该每周进行标定, 来保证泥浆配比和流量参数相匹配, 混凝土灌注导管在使用之前要进行密封性水压试验及抗拉强度测试, 试验压力不能低于工作压力的 1.5 倍, 来防止爆管或者渗漏情况发生, 钢筋笼加工时, 每天开工之前需要校验弯曲机角度定位模块、焊机电流电压参数的稳定性, 在加工过程中要使用间距卡具控制主筋排布, 保证间距偏差在 $\pm 10\text{mm}$ 以内, 并且要借助锤击

法抽检箍筋焊接质量，杜绝虚焊、漏焊现象出现^[4]。

3.2 施工过程监控

桩基施工时要构建全流程质量监控体系，对关键参数给予实时监测和记录，沉渣厚度是控制要点，端承桩的沉渣厚度不能超过 50mm，摩擦桩则不能超过 100mm，检测需在清孔后静置 10min，运用标准重锤法进行实测，并且要对数据按照锥体高度 2/3 的标准进行修正，泥浆性能实施动态管理，比重控制在 1.15~1.25 之间，黏度为 18~22s，含砂率小于等于 4%，pH 值在 8~10 范围；每 2h 检测一次，而且在灌注前要把比重精准调整到 1.20。成孔质量要达到相应标准，垂直度偏差小于等于 1%，孔径偏差为 $\pm 50\text{mm}$ ，桩位偏差不大于桩径的 1/6 且 $\leq 100\text{mm}$ ，混凝土灌注时，导管埋深应控制在 2~6m，初灌要保证埋深不小于 1.0m，坍落度要求是 180~220mm，每车混凝土都要检测并记录参数，如表 3 所示。

表 3 实施参数记录表

参数	控制标准	检测频率	检测方法
沉渣厚度	$\leq 50\text{mm}$	清孔后、灌注前	重锤法+测绳修正
泥浆比重	1.15~1.25	每 2h	泥浆比重计
泥浆含砂率	$\leq 4\%$	每 4h	含砂率测定仪
成孔垂直度	$\leq 1\%$	每节钻杆钻进后	超声波测斜仪
混凝土坍落度	180~220mm	每车混凝土	坍落度筒
导管埋深	2~6mm	每灌注 5m^3	测绳+理论计算

隐蔽工程验收过程中，桩基施工质量的核心要点在于对关键工序展开全面细致的核查，在成孔阶段，需要着重检查钻孔的直径大小、深度数值、垂直度状况及是否抵达合适的地基承载力层，对于端承型桩体而言，要保证桩底嵌入持力层达到 500mm，同时留存岩层取样影像并与地质勘察文件进行对照。在钢筋笼吊装之前，需要逐个检查主筋分布间距、环形箍筋焊接质量及混凝土保护层厚度控制措施，就位之后运用测量仪器和垂线复核笼体顶部标高与平面位置精度，混凝土灌注之前要清理孔底，确认沉淀物厚度符合标准之后再进行浇筑，关键环节要留存影像记录，验收文件涉及桩位测量等资料，最终由监理单位、施工单位及建设单位三方共同签认^[5]。

3.3 质量检测与验收

在桩基质量检测工作当中，需要采用综合检测体系，将多种技术融合在一起，以此来保证可进行科学评估，静载试验是判定承载力的关键方法，主要包括竖向抗压、抗拔及水平承载这三类，其中竖向抗压试验是通过分级加载，同时观测桩顶沉降曲线来测定极限承载力的，检测数量按照工程桩总数的 1% 来控制，并且不能少于 3 根。低应变法借助应力波反射原理，可快速对桩身完整性进行筛查，比较适合用于高效普查。超声波透射法是依靠预埋声测管

来进行跨孔扫描的，可以准确地定位缺陷的位置及范围，钻芯取样法属于直接验证手段，可检测混凝土强度、桩底沉渣及持力层性状等内容，规范要求取芯直径不能小于 100mm，检测比例不低于 10%。

桩基工程验收需要同时达成桩身完整性及承载力这两方面的设计要求，桩身完整性按照缺陷程度被划分成 I 至 IV 类，其中 I 类是无缺陷桩，这类桩的数量比例要达到总桩数的 95% 以上，II 类桩有轻微缺陷，要经过专业评估来确认对使用功能没有影响，III 类桩存在明显缺陷，要采取有效的加固措施来处理，IV 类桩存在严重缺陷，就需要进行返工处理。在承载力验收方面，主要运用两种方法，一种是依靠静载试验，其实测极限承载力值不能小于设计值的 1.2 倍，另一种是通过高应变动力检测法来验证，其估算的承载力值与设计值的误差要控制在 $\pm 20\%$ 以内，两项验收都合格之后，桩基才可进入后续施工工序。

静载试验的终止条件存在以下几种情形：当桩顶沉降量达到 40mm 但尚未稳定；或者累计沉降量超出了设计限值的 5 倍；或者在荷载-沉降曲线上观测到十分突出的陡降趋势。若是采用低应变法进行检测并且评定为 I 类桩，需要契合桩身波速处于合理范围之内，并且波形没有异常反射信号。对于运用超声波透射法检测而言，判定为 I 类桩的标准是声速不低于 4000m/s，同时波幅衰减不超过 6dB，验收资料包括详细的检测报告、缺陷修复记录及经过监理单位审核签认的相关文件，所有技术资料应当依照工程档案管理要求长期给予保存，以此来保证其具备可追溯性。

4 结语

综上所述，本研究揭示桩基施工技术与岩土条件之间的内在联系，并总结应用要点与质控措施，以期为提升桩基工程质量、效率与经济性提供系统的分析框架与实践见解。

【参考文献】

- [1] 李亚鹏,赵敏哲.混凝土灌注桩基施工技术在房建工程建设中的应用[J].产业创新研究,2025(14):117-119.
 - [2] 梁林.桩基施工技术在岩土工程中的应用分析[J].中国住宅设施,2025(3):176-178.
 - [3] 陈晨.高层建筑桩基施工技术及质量管理措施[J].石材,2023(7):96-98.
 - [4] 候雅东,陈庚德,陈亮.建筑施工中桩基施工技术的应用探析[J].建筑与预算,2022(7):65-67.
 - [5] 闫洪涛,刘海明.桩基施工技术在岩土工程中的应用[J].《施工技术(中英文)》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2022 年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册).天津市勘察设计集团有限公司,2022(1):241-244.
- 作者简介：傅嘉伟（1999.6—），男，毕业于浙江理工大学土木工程，就职于浙江大合检测有限公司，技术员，助理工程师。