

Research and Application of Multi-system Hole Cleaning Technology for Large-diameter Deep-hole Cast-in-place Piles

Xianjin Cao

China Coal Jiangnan Construction & Development Group Co., Ltd., Foshan, Guangdong, 528000, China

Abstract

This paper conducts in-depth research on the cleaning process technology in the construction of large-diameter deep hole cast-in-place piles, and proposes a reasonable and efficient solution for the cleaning process. After application verification, the energy consumption efficiency and the proportion of excellent quality inspection grades of large-diameter deep hole cast-in-place piles are significantly better than before. The paper aims to share the achievements and experiences in order to improve the overall construction technology of large-diameter deep hole cast-in-place pile foundation engineering, reduce the energy consumption cost of large-diameter deep hole cast-in-place pile construction, and provide some help in improving the technical quality and efficiency of pile foundation engineering in the field of civil engineering.

Keywords

large-diameter deep hole cast-in-place pile; multi system hole cleaning process; pile hole stability; pile bottom quality; gas lift reverse circulation; slurry

大直径深孔灌注桩多系统清孔工艺技术研究与应用

曹先进

中煤江南建设发展集团有限公司, 中国 · 广东 佛山 528000

摘 要

论文通过对大直径深孔灌注桩工程施工中的清孔工艺技术进行深入研究, 提出了合理的高效清孔工艺的解决办法, 通过应用验证后, 对大直径深孔灌注桩的能耗效率和质量检测优良等级占比的数据对比, 明显优于应用前。论文将成果经验进行分享, 以期提高大直径深孔灌注桩基础工程整体施工工艺现状, 降低大直径深孔灌注桩施工能耗成本, 对改善土木工程领域桩基础工程的技术质量及效益有一定帮助。

关键词

大直径深孔灌注桩; 多系统清孔工艺; 桩孔稳定性; 桩底质量; 气举反循环; 泥浆

1 引言

随着中国改革开放政策的不断深入以及经济建设的快速增长, 工程建设过程中超高层建筑、大跨桥梁、港口航道码头、海洋工程等大量大型工程的出现, 这些体量巨大的构筑物对大直径深孔灌注桩基础的设计和施工提出了更高的要求 and 更大的挑战。灌注桩基础因其对地层适用性广、目前的成孔设备施工能力强, 自身质量可靠、承载能力高等优势被广泛使用, 其施工质量及效率也直接影响构筑物的安全和工程总体成本。

大直径深孔灌注桩的施工全过程, 因其施工时容量大、工序复杂, 对多种大型设备的使用和工艺的转换风险大, 衔接烦琐, 需要更高的施工组织能力; 承载力功能作用大, 对其技术质量控制要求更高; 单根桩成本价值高, 对其施工管

理提出更高要求; 这些特点, 使得大直径深桩要达到符合承载力要求和桩身完整性要求的质量标准, 清孔工序的高效高标准作业是关键; 为应对大直径深孔桩的成桩特点, 以及满足建设方高效的作业要求, 清孔工序必须是多系统协调进行的; 该工艺施工受天气、地质、水文及场地空间等客观条件制约, 易出现安全、质量及成本风险, 造成无法满足各相关方及规范要求; 因此, 对大直径深孔灌注桩多系统清孔工艺的技术质量管控和高效的组织管控, 开展这些深入探讨是非常有意义的^[1]。

2 工程概况

论文研究依托东莞华润置地中心地标地块项目(以下简称该项目)开展, 该项目占地 6 万平方米, 包括 3 栋超高层塔楼, 1 栋多层商业裙楼及 3 层地下室, 以及配建共构。T1、T2、T3 塔楼基础桩径全部为 D-2.5m、D-3.0m 大直径桩, 共计 168 根, 最大有效桩长超过 40m; 根据项目勘探揭露, 场地内分布的地层主要有第四系人工填土层、第四系坡积

【作者简介】曹先进(1981-), 男, 中国湖北黄冈人, 本科, 工程师, 从事建筑基础工程研究。

层,下伏基岩为震旦系混合岩,该混合岩结构为中细粒结构、块状构造;桩基持力层位于中微风化层基岩上;该项目要求成桩后孔底沉渣厚度小于5cm;所有大直径桩桩身采用超声波及10%抽芯比率验证桩身完整性,要求全部达到一类桩标准。

3 大直径深孔灌注桩多系统清孔工艺作用及原理研究

3.1 工艺作用

各类型水下灌注桩清孔工艺作用有以下三点:清除孔底沉渣,以提高桩端竖向承载力;清除孔壁泥皮,以提高桩侧摩阻力;减少孔内泥浆密度(降低含砂率或稀释泥浆),为顺利灌注创造有利环境条件。

3.2 原理研究

大直径桩桩径一般在2000mm以上,成孔一般采用分级成孔,筒钻成孔硬岩,当一级芯孔到位后,外围成孔时,岩层受临空面影响,会形成大量岩块崩落至内层芯孔中;钻落的岩块受一清钻头空间及分级孔底高差空隙影响,捞渣钻一般无法彻底捞出而遗留在孔底;岩块如果不彻底清理,受反循环压差影响,会堵塞导管而造成灌注中断的质量风险,给清孔和浇筑过程带来较大的技术质量隐患;为确保清理彻底及考虑齿槽影响,应采用5cm左右短截齿捞渣钻彻底清理岩渣,并旋切分级孔底,确保孔底基本平整,有利于后续移动导管压吸孔底沉渣。

大直径深孔桩在砂层或砂性土层成孔,易在孔底形成较厚粗砂或岩渣沉淀层,为确保沉淀不出现硬结,造成清孔困难,在清底钻头捞起岩渣后,对孔底采取清孔刷清理孔底的措施,能将沉淀的一部分岩渣粘附在钢丝刷丝间,提拔清孔刷至孔外清除,未粘附的沉渣被清孔刷搅动,成松散状,有利于气举反循环清理并能提高效率。

当沉淀层较厚,岩渣颗粒较大时,气举导管会出现无法直接放置到孔底的情形,这种状况应先采用正循环高浓度泥浆携带孔底沉渣,将其带起并搅动成悬浮混合液,导管能下放至孔底后,立即转换气举反循环工艺进行二次清孔;正反循环转换由转换装置实施。

为确保气举反循环效果,通过配置15/30cm短节导管,使导管底端至孔底接近15cm;扩大搭设路基板平台,通过吊装导管及平台移位,使导管底端口靠近孔底各处沉渣部位,有利于高效及高质量清孔的实施^[2]。

大直径深孔旋挖桩置换孔内泥浆及清除沉渣,在孔口沉淀池设置上进一步优化,采用长条状沉淀池,容积不小于 $2.5\text{m}\times 5.0\text{m}\times 1.0\text{m}$,通过满溢的流动循环,使沉渣充分沉淀。

气举反循环技术是通过利用介质密度差产生的压力差来实现导管底端污泥浆上升的技术,改进压缩风出口朝下的不利方式,将出风口旋转180°朝上反循环作业,有利于增大气流携渣能力,提高效率;反循环系统循环泥浆在泥浆池流入孔内之前,采用泥浆分砂机筛分;目前专业的泥浆筛分

机设备市场成熟,可实现泥浆处理能力 $100\text{m}^3/\text{h}$;可以分出0.06mm以上的沙粒,筛分后的泥浆回至孔内补充,气举反循环出孔的沉渣泥浆经过沉淀及循环筛分后含砂率满足设计要求。

在清孔反循环过程中,在其含砂率良好时,调配泥浆黏度和比重,一般会出现黏度偏小,可适量加入烧碱和纤维素增稠;出现比重过大时,适度加水稀释,使泥浆三性均达标后,清孔工艺步骤全部完成。

该项目采用以上的短齿捞渣钻扫底+清孔刷刷底+沉淀池沉淀+分砂机筛分+气举反循环孔底压吸+泥浆调配的多系统措施后,在桩深度范围含有3~5m粗砂层的地质状况下,一般可以实现:2.5m桩径40m孔深的泥浆护壁旋挖灌注桩(论文可称为基准参数的桩)一、二清工艺在4~5h后满足验收要求,较实施前一般需8h以上有明显改善。通过这种多系统清孔措施,在后续的清孔与浇筑流程转换中,紧凑衔接,规范浇筑操作,在无其他异常风险情况时,后期检测发现,该项目大直径深桩桩身完整性和桩底沉渣检测结果全部良好,满足合同要求。

4 大直径深孔灌注桩多系统清孔工艺的技术应用

该项目2.5/3.0m大直径桩数量大,工期紧;一类桩检测占比达95%以上,评优质量要求高;多台旋挖机及吊车等大型设备同时作业,要有一定的协调能力;为确保清孔质量及效率,采用短齿捞渣钻扫底+清孔刷刷底+沉淀池沉淀+分砂机筛分+气举反循环各处孔底压吸+泥浆调配的多系统措施,实现了大直径深孔灌注桩质检标准要求^[3]。

终孔完,旋挖机安装短齿捞渣钻开始一清孔,采用多次旋转捞渣直至孔底无明显错台、钻筒内岩渣无增加为止;目的是确保孔底各分级开挖深度差值修正至5cm以内,清理孔底岩渣至沉渣厚度小于10cm;可避免大块岩渣堵塞导管的质量事故,一清完即可进行终孔验收。

短齿捞渣钻完成一清后,钻头更换成清孔刷刷底,清孔刷可自制,钢丝刷刷头间距及长度应依据一清效果及钻孔分级间距经验制作。大直径桩清孔刷刷底如图1所示,气举反循环导管动态清孔如图2所示。



图1 大直径桩清孔刷刷底



图2 气举反循环导管动态清孔

验收钢筋笼后吊装入孔,安装并配置导管及安设平台,要确保进行反循环或正循环的导管的管底距离孔底沉渣层适当高度,在5~15cm范围为宜,且距离孔底越近清渣效果越好;反循环导管应靠近大直径深桩桩底不同位置,由吊装设备及移动导管平台实施,人工辅助;导管移动间距应参考反循环动力自吸影响沉渣的范围凭经验决定,一般基准参数的桩建议为80cm。

孔口沉淀池沉淀应作为多系统清孔的主要方式,尤其在非粉细砂地层的泥浆护壁桩清孔中贡献最大;简易沉淀池设置在孔口成长方形,反循环出口污泥浆落在最远端,最远端应有一定容量和深度,使反循环泥浆充分沉淀;泥浆内的大颗粒最先沉淀后,经过沉淀并流动至孔口前,再次由泥浆泵抽吸至分砂机筛分,筛分后回流至孔内;池内的沉渣应及时清理,确保泥浆循环的容量空间,以使吸出的泥浆减缓流动确保充分沉淀。

筛分后的含砂率较低的泥浆直接进入桩孔内,反复循环,可使大直径桩内全部泥浆参与沉淀和筛分。经过滤沉渣后,孔底50cm范围泥浆含砂率符合设计要求,可停止筛分步骤。

孔底沉渣清理至沉淀厚度符合设计(一般小于5cm)要求,当泥浆含砂率先达标,孔底采用沉渣仪检测厚度不达标时,应继续针对孔底反循环清孔,直至达标为止。

为防止孔底因停止泥浆循环而出现沉渣厚度超标或出现‘软底’现象,应缩短因清孔转换成浇筑工序而停止泥浆循环的衔接时间,应在孔底及泥浆验收后,待混凝土到场后再终止泥浆循环,快速实施安装料斗等浇筑前准备工作,及时浇筑。

为使泥浆护壁桩孔壁稳定,携渣能力较强,利于浇筑条件,减少泥皮影响孔壁侧阻力作用,应在清孔阶段及时调配泥浆性能;比重控制在1.10~1.25,黏度为18~28S,含砂

率控制在6%以内;含砂率达标后,比重和黏度也同步下降,当泥浆正在携渣循环清孔时,黏度差,适度掺入外加剂调配泥浆,可增强携渣能力;当清孔后期含砂率和黏度合格时,往往比重偏大不利于浇筑作业,应适度稀释至允许范围低值区;比重小的泥浆循环,能减薄孔壁附着泥皮,有利于灌注成桩后侧阻力形成。

5 大直径深孔灌注桩成桩后效果验证

通过多系统清孔措施的实施,大直径深孔桩按照要求浇筑,依据设计及检测规范要求,采用超声波或抽芯检测,该项目3栋塔楼大直径深孔桩全部参与检测,最终检测结论满足合同要求,桩身完整性良好,孔底沉渣厚度零沉渣占比达80%,无沉渣超标检测结论;获得相关建设方高度认可。抽芯检测桩身完整性及持力层条件如图3所示。



图3 抽芯检测桩身完整性及持力层条件

6 结语

大直径灌注桩基础是大型建筑工程基础结构常用的形式,属于地下隐蔽工程,承载力大,质量等级高,施工工艺流程及质量管控受到施工单位管理能力及地层特性影响,不确定性因素多,施工时稍有不慎极易出现各项技术质量问题,清孔工艺是否可靠是预防各项问题的最关键的一步,论文对提高大直径深孔水下灌注桩工程技术质量及功效有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 李济民.大直径深孔灌注桩施工技术[J].国防交通工程与技术,2015,13(5):77-80.
- [2] 何斌全,李仲泽,陈国辉,等.大直径深孔采场采空区悬顶处理工艺技术研究[J].采矿技术,2023,23(2):71-74.
- [3] 许志坚.浅析大直径深孔灌注桩施工技术[J].广东建材,2012,28(3):3.