

振动锤下钢护筒气举反循环清孔旋挖钻孔施工技术

陈雪峰, 孙金柱

(江西省昌水建设工程有限公司, 江西 南昌 330095)

摘要:以江西省九江地区的德安集贸市场桩基工程为例,介绍了振动锤下钢护筒配套气举反循环清孔旋挖钻孔灌注桩施工技术应用情况及成桩关键技术措施。旋挖钻机在桩基工程施工中的成孔效率高,但在松散地层及容易坍塌地层中施工存在沉渣控制较为困难的问题,因此解决好该工程沉渣满足设计要求,是项目成功的关键所在。实践证明,采用振动锤下钢护筒隔离松散地层和容易坍塌地层以及气举反循环清孔相结合的措施,可彻底解决孔底沉渣过大的问题。

关键词: 钻孔灌注桩;沉渣控制;旋挖钻机;振动锤;气举反循环;钢护筒;清孔

中图分类号: TU473.1⁺4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2019)01-0073-04

Rotary drilling with air-lifting reverse circulation for hole cleaning and vibration hammer for setting of steel casing

CHEN Xuefeng, SUN Jinzhu

(Jiangxi Changshui Construction Engineering Co., Ltd., Nanchang Jiangxi 330095, China)

Abstract: Taking the pile foundation project of the Dean market in Jiujiang area of Jiangxi Province as an example, this paper introduces the application and key technical measures of rotary drilled cast-in-place piles with air-lift reverse circulation hole cleaning and the vibration hammer for setting steel casing. The rotary drilling rig has a high efficiency in the construction of pile foundation, but control of settlements is difficult in the loose and collapsible stratum; therefore, it is the key to the success of the project to solve the problem with the settlements. Practice has proved that the combination of the vibrating hammer for setting casing to protect collapsible formation with the air lifting reverse circulation for cleaning can completely solve the problem of excessive settlements at the bottom of the hole.

Key words: bored cast-in-place pile; settlements control; rotary drilling rig; vibratory hammer; air lifting reverse circulation; steel casing; hole cleaning

1 概述

随着我国经济建设的快速发展,各种高层及超高层建筑不断出现,要求基础的承载力愈来愈大。旋挖钻机因其成孔钻进效率高的优势,应用越来越广泛。在江西南昌地区,由于地层含砂量大,旋挖成孔后,沉渣控制一直是个难题,且有多个项目因为现场管控不严,造成了质量事故,因此设计院大多不设计旋挖钻孔灌注桩。

德安集贸市场桩基项目因为工期较紧,原设计方案有冲孔灌注桩和长螺旋钻孔压灌桩两套方案,

试桩施工首先采用冲孔桩,但实际成桩效率非常低,冲孔桩形成的泥浆容易造成对环境的污染,冲孔桩首先被否定。长螺旋钻孔压灌桩由于需要提前进行土方开挖的缺点,不能立即开展施工工作,而且造价偏高。最后业主选择了旋挖钻孔灌注桩,利用振动锤下钢护筒配套气举反循环清孔旋挖钻孔灌注桩施工技术解决沉渣问题,解决了业主的担忧。

振动锤下钢护筒配套气举反循环清孔旋挖钻孔灌注桩施工技术在德安集贸市场桩基与基坑围护工程中属于在九江地区工民建项目上的首次应用,应

收稿日期: 2018-05-17 **DOI:** 10.12143/j.tkgc.2019.01.013

作者简介: 陈雪峰,男,汉族,1974年生,高级工程师,主要从事地基与基础工程施工技术管理、质量管理工作,江西省南昌市高新技术开发区昌东高校园区紫阳大道169号,839470442@qq.com。

引用格式: 陈雪峰,孙金柱.振动锤下钢护筒气举反循环清孔旋挖钻孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(1):73-76.

CHEN Xuefeng, SUN Jinzhu. Rotary drilling with air-lifting reverse circulation for hole cleaning and vibration hammer for setting of steel casing[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(1):73-76.

用效果良好,实践证明完全可行,值得推广。

2 工程概况

2.1 设计概况

德安集贸市场工程位于德安县石桥路,东临博阳河。拟建地下室面积 16049 m²,拟建 6 栋高层住宅楼和 5 栋商业楼及配套设施,采用框架结构。桩基础类型主要为旋挖钻孔灌注桩,总桩数约为 650 根,钻孔灌注桩直径 700、800、900 mm,桩端持力层为中风化板层,入持力层深度不小于 2 倍桩径。

2.2 工程地质条件

场地地层自上而下分布及物理力学性质如下:

①杂填土(Q^{ml}):褐黄、灰色等,颜色较杂,湿,主要为粘性土和建筑垃圾,回填时间较长,钻孔揭露厚度 1.80~7.00 m。

②粉质粘土(Q₄^{al}):灰色,湿,软塑状,高压缩性,摇振反应强,干强度低,韧性差。在场地局部分布,钻孔揭露厚度 1.70~7.90 m。

③粉质粘土(Q₄^{al+pl}):黄褐、灰褐色,湿,软塑一可塑状,土质均一性较差,切面较光滑,中等压缩性,无摇振反应,干强度中等,韧性中等。在场地内广泛分布,钻孔揭露厚度 1.30~8.00 m。

④砾砂(Q₃^{al+pl}):灰、浅灰色,饱和,中密,主要成分为石英砂岩及砂岩等,粒径>20 mm 约占 20%,2~20 mm 约占 45%,余为中细砂及粘性土。在场地内广泛分布,钻孔揭露厚度 0.40~5.10 m。

⑤强风化板岩(P₁):灰、青灰色,岩体风化剧烈,原岩结构可辨认,片状结构,板状构造,裂隙发育,岩心呈短柱状、块状,锤击声哑,易碎,为软岩,岩石质量等级为Ⅵ。全场分布,钻孔揭露厚度 1.40~8.50 m。

⑥中风化板岩(P₁):灰、青灰色,中风化,片状结构,板状构造,中厚层状,裂隙、节理发育,岩心呈短柱状、柱状,部分块状,岩石较软,为软岩,暴露后易风化潮解、软化,岩石质量等级为Ⅴ。全场分布,未穿透,钻孔揭露厚度 1.60~13.90 m。

2.3 地下水埋藏条件

从各钻孔中测到的地下水埋深为 1.1~5.8 m,地下水主要为孔隙水,赋存于第①层杂填土、②、③层粉质粘土的上层滞水和④层砾砂中的孔隙水;第⑤层强风化板岩、⑥层中风化板岩为基岩裂隙水,含水量相对较弱。根据观察,场地内地下水的水位变

化不大。根据地区水文资料,场地内地下水补给主要为大气降水和侧向补给,变幅和含量受季节性控制,雨季中地下水位升高,水量相应增加。第④层砾砂为主要含水层,其容水量、给水量较大。

3 工程特点及施工难点

本工程位于德安县石桥路,东临博阳河,场地地势低洼,遇到雨天极易积水。地下有众多管道等老旧障碍物,中风化板岩入岩难度大,进尺效率低下,砾砂层成孔极易垮孔,如何解决钻孔护壁是一大问题,旋挖桩清孔往往效果比较差,对嵌岩桩来说是十分不利的因素,如何确保清孔满足设计要求也是本工程的难点。

4 成桩技术措施

4.1 导孔的施工

在旋挖钻机就位以后,先预钻一个深 1 m 左右的导孔,导孔的直径只要能顺利放入钢护筒即可。

4.2 钢护筒的安装埋设

利用履带式振动锤在导孔处安装长度 8~10 m/节的钢护筒,振动埋设过程中注意保证护筒的垂直度,随时进行微调。要视桩位的地质情况来取舍需要接入钢护筒的节数或长短,以及压入钢护筒的方法。

4.3 单桩施工工艺流程

单桩施工工艺流程为:平整现场→测放桩位→施工导孔→吊装安放第一节钢护筒→压入第一节钢护筒→取土成孔→测量垂直度、孔深→气举反循环清孔→吊放钢筋笼→灌浆导管安装→灌入混凝土逐次拔管→成桩维护→钻机移位。

主要工序要点如下。

(1)垂直度的检测。在用振动锤压钢护筒时,桩位垂直度的检测一般为抽样检查。

(2)吊放钢筋笼。对于需放置钢筋的桩孔,成孔检查合格后进行安放钢筋笼工作。安装钢筋笼时应采取有效措施保证钢筋笼标高的正确。

(3)气举反循环清孔。在下完钢筋笼和导管后进行气举反循环清孔法清孔,孔内泥浆水位应高出地下水位 1.5 m 以上。

(4)灌注桩心混凝土。如孔内有水时需采用水下混凝土灌注法施工;如孔内无水时则采用干孔灌注法施工,此时应加强振捣。

(5)拔管成桩。一边灌注混凝土一边拔管,用振动锤起拔护筒套管,要注意钢护筒起拔过程中混凝土面下降的问题,最后完全拔出前补灌混凝土数量要准确足够。

(6)成桩维护。灌注后的单桩,总会存在缩径、承载力不足等等缺陷,进行事后补救维护是必须的。

5 关键技术

5.1 控制护筒埋设孔位

为了保证钻孔桩的垂直度,应严格控制护筒的定位误差,护筒定位误差的允许值见表 1,使用振动锤埋设护筒过程中遇到进尺困难特殊情况,应先查明原因,防止护筒底部卷边影响到定位困难。

表 1 钢护筒定位误差允许值 mm

Table 1 Permissible value of positioning error of steel casing mm

桩径/mm	桩长/m			
	<10	10~15	15~20	20~30
<800	±15	±10	±10	
>800	±20	±15	±10	±5

5.2 单桩垂直度的控制

为了保证成桩质量,除严格控制孔口定位误差外,还应对其垂直度进行严格的控制,根据《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)规定,桩的垂直度偏差<5%。

成孔过程中要控制好桩的垂直度,必须抓好以下 3 个环节。

5.2.1 钢护筒的顺直度检查和校正

钻孔施工前应在平整地面上进行钢护筒顺直度的检查和校正,首先检查和校正单节的顺直度,然后将按照桩长配置的钢护筒全部连接起来进行整根的顺直度检查和校正。单节(8 m)的顺直度偏差<4 mm。

5.2.2 成孔过程中桩的垂直度监测和检查

(1)地面监测。用 SR 系列旋挖钻机时,可自动保证垂直度在 5% 范围以内。

(2)孔内检查。每节钢护筒下压完成后安装下一节钢护筒之前,可视施工过程中桩孔垂直度的变化规律,定期安排一定频次的抽样检查,即停下来用测斜仪进行孔内垂直度检查。

5.2.3 纠偏

成孔过程中如发现垂直度偏差过大,必须及时纠偏。

5.3 预防“浮笼”

由于钢护筒内壁与钢筋笼外缘之间的间隙较小,灌注桩心混凝土起拔护筒的时候,钢筋笼将有可能被护筒带着一起上浮形成“浮笼”。一般用振动锤起拔护筒时因高频振动的液化减摩效应,“浮笼”现象极少发生。此外,尚可采取如下改进措施:

(1)确保灌注混凝土的和易性良好,满足其粗骨料粒径<20 mm 的要求。

(2)钢筋笼的加工尺寸应确保精确,在转运、吊装过程中采取可靠措施防止钢筋笼扭曲变形。

(3)在钢筋笼底部加焊一块比钢筋笼略小的薄钢板,增加其抗浮能力。

5.4 预防灌注高度不足

起拔钢护筒后混凝土会发生回落现象,回落的高度达 2~3 m,个别孔壁极易坍塌桩孔会达 5 m,为防止今后出现接桩事故,在最后灌注完成后在完全起拔护筒前,需根据下落高度计算出多灌注混凝土量进行补灌。

5.5 气举反循环清孔工艺操作要点

(1)导管下放深度以出浆管底距沉淤面 300~400 mm 为宜,风管下放深度一般以气浆混合器至泥浆面距离与孔深之比的 0.55~0.65 来确定。

(2)主要参数:空压机的风量 6~9 m³/min,导管出水管直径>200 mm,送风管直径(水管)25 mm,浆气混合器用 Ø25 mm 水管制作,在 1 m 左右长度范围内打 6 排、每排 4 个 Ø8 mm 孔即可。

(3)开始送风时应先孔内送浆(补浆),停止清孔时应先关气后断浆。清孔过程中,特别要注意补浆量,严防因补浆不足(水头损失)而造成塌孔。

(4)送风量应从小到大,风压应稍大于孔底水头压力,当孔底沉渣较厚、块度较大,或沉淀板结时,可适当加大送风量,并摇动出水管(导管),以利排渣。

(5)随着钻渣的排出,孔底沉淤厚度较小,出水管(导管)应同步跟进,以保持管底口与沉淤面的距离。

(6)清孔后,孔内泥浆密度<1.20 kg/L,粘度 18~20 s,孔底沉渣厚度≤5 cm。

(7)反循环清孔时所需风压 P 的计算。

$$P = \gamma_s h_0 / 1000 + \Delta P$$

式中: γ_s ——泥浆重度,一般取 12 kN/m³; h_0 ——混合器沉没深度, m; ΔP ——供气管道压力损失,一般取 0.05~0.1 MPa。

6 施工效果

(1)开挖后发现桩身完整,成桩效果良好,桩基检测全部满足设计要求;

(2)施工进度满足业主要求,在条件非常恶劣的条件下,圆满完成施工任务;

(3)开创了江西九江地区旋挖桩施工采用振动锤下钢护筒、气举反循环二次清孔施工的先例。

7 结语

7.1 项目创新性与适用性

在工民建领域,该项目为江西省九江地区首个采用振动锤下钢护筒配套气举反循环清孔旋挖钻孔桩施工技术的桩基项目,目前已经验收完毕,质量优良。在施工过程采用了振动锤下钢护筒配套气举反循环清孔旋挖钻孔施工工艺,具有较好的创新性和适用性。

7.2 项目经济和社会效益

项目取得了很好的社会效益,采用振动长护筒护壁施工工艺解决了孔口塌方问题和气举反循环清孔彻底解决旋挖桩清底难以干净的工程难题,完美解决了甲方前期在冲孔桩和长螺旋桩方案选择上的困顿,为甲方赢得了工期,也大大有利于甲方土方开挖一次性进行的需要。我司也取得较好的经济效益。该项目是德安市重点招商引资项目,现场场地低洼,在该地段施工难度非常大,需要超强的施工管理水平,整个基础施工期间没有对周边居民和建筑物产生不良影响,基本做到“零污染、零投诉”,为公司在相类似地段施工取得了宝贵经验。

8 其他需要改进的建议

需要重点加强振动锤下钢护筒定位的准确性及桩垂直度的控制;利用气举反循环清大直径孔效果欠佳,需加大风量;另外还需加强混凝土灌注高度的控制,防止后续出现难以接桩的情况。

参考文献(References):

- [1] 史佩栋,顾晓鲁,高文生.桩基工程手册[M].北京:人民交通出版社,2008.
SHI Peidong, GU Xiaolu, GAO Wensheng. Pile and pile foundation handbook[M]. Beijing: China Communication Press, 2008.
- [2] JGJ 94—2008,建筑桩基技术规范[S].
JGJ 94—200, Technical code for building pile foundations[S].
- [3] 周红军.旋挖钻进技术适用性的初步研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8):39—45.

- ZHOU Hongjun. The study on applicability of rotary drilling technique[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009,36(8):39—45.
- [4] 陈浩文,殷国乐,王艳丽,等.旋挖钻机用气动潜孔锤反循环硬岩钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(2):68—72.
CHEN Haowen, YIN Guoyue, WANG Yanli, et al. Reverse-circulation hard rock drilling technology with pneumatic DTH hammer for rotary drilling rig[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(2):68—72.
 - [5] 杨联锋,刘成博.跨江特大桥旋挖钻孔灌注桩入海口水上施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(9):89—92.
YANG Lianfeng, LIU Chengbo. Over-water construction practice of rotary bored grouting pile at the estuary of Oujiang river[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(9):89—92.
 - [6] 林礼进.优质泥浆在旋挖钻孔灌注桩护壁中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(11):57—60,80.
LIN Lijin. Application of high quality mud in wall protection for rotary bored pile engineering[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(11):57—60,80.
 - [7] 李旺.旋挖钻孔灌注桩在泥质粉砂岩地区施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):67—69.
LI Wang. Construction practice of revolving bore grouting pile in argillaceous siltstone area [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(11):67—69.
 - [8] 贾韶丽.钻孔灌注桩的施工及质量控制[J].西部探矿工程,2009,(8):14—16.
JIA Shaoli. Construction and quality control of bore grouting pile[J]. West-China Exploration Engineering, 2009,(8):14—16.
 - [9] 曾纪文,胡福洪,陈锋,等.气举反循环清理地下连续墙槽底沉渣数值分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(12):71—74.
ZENG Jiwen, HU Fuhong, CHEN Feng, et al. Numerical analysis on slag removal of diaphragm wall groove bottom by air-lift reverse circulation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(12):71—74.
 - [10] 倪俊,原海霞.气举反循环清渣方法的应用[J].探矿工程,2000,(6):28,30.
NI Jun, YUAN Haixia. Application of air-lift reverse circulation slag cleaning method[J]. Exploration Engineering (Drilling & Tunneling), 2000,(6):28,30
 - [11] 熊亮,张小连,熊菊秋,等.大口径工程井气举反循环钻进效率影响因素初探[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(5):42—45,49.
XIONG Liang, ZHANG Xiaolian, XIONG Juqiu, et al. Preliminary analysis on influence factors of air-lift reverse circulation drilling efficiency to large diameter engineering well[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(5):42—45,49.