

大直径超深桩旋挖钻机施工实践

刘成博, 彭志平, 李泽敏

(山西省第三地质工程勘察院有限公司, 山西 晋中 030620)

摘要:太原市真武路潇河大桥桩基工程主墩桩径2.5 m,设计孔深84 m。施工地层复杂,上部为松散粉细砂层,中间为流塑性淤泥,在施工过程中容易出现孔口塌方、孔底沉渣超标、钢筋笼安装困难等问题。针对旋挖钻机在大直径超深桩施工过程中遇到的技术难题,通过认真分析探索,总结出旋挖钻机在复杂地层施工时,对钻机选型、泥浆制备、埋设护筒、钻进成孔、钢筋笼制作安装、灌注水下混凝土等环节采取的技术措施,有效保障了工程的顺利实施,保证了施工质量,提高了施工效率。

关键词:复杂地层;大直径超深桩;旋挖钻机

中图分类号:U445.55⁺¹ **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2023)S1-0526-04

The construction techniques of the rotary drilling rig with a large diameter ultra-deep pile

LIU Chengbo, PENG Zhiping, LI Zemin

(The Third Geological Engineering Investigation Institute of Shanxi Province, Jinzhong Shanxi 030620, China)

Abstract: The pile foundation project of Xiaohe Bridge on Zhenwu Road in Taiyuan City has a main pier diameter of 2.5m and a design hole depth of 84m. The strata are complex, with a loose powder fine sand lin the upper and a flow plastic silt in the middle. During the construction, problems such as hole collapse, excessive sediment at the bottom of the hole, and difficulty in installing steel reinforcement cages are prone to occur. In response to the technical difficulties encountered by rotary drilling rigs during the construction of large diameter and ultra-deep piles, through careful analysis and exploration, this paper summarized the technical measures taken by rotary drilling rigs in the selection of drilling rigs, preparation of mud, embedding of casing, borehole drilling, production and installation of steel cages, and pouring of underwater concrete during the construction of complex strata. These measures effectively ensured the smooth implementation of the project, ensured construction quality, and improved construction efficiency.

Key words: complex strata; large diameter and ultra-deep pile; rotary drilling rig

0 引论

随着我国桥梁建设规模迅速发展,设计跨度、造型、结构自重等指标不断攀升,致使大直径超深桩基得到了普遍应用。目前桥梁工程施工周期大幅度压缩,作业环境恶劣,施工难度加大^[1],特别是在松散地层施工时,泥浆配备不合理,常存在泥浆性能不达标,导致塌孔、缩径、孔底沉渣过厚、灌注困难等问题^[2-4]。在桥梁施工中,大直径超深桩采用

旋挖钻机施工,可显著提高施工质量和效率^[5-7]。

太原市真武路潇河大桥,主墩桩径2.5 m,有效桩长75 m,设计孔深84 m,大直径超深桩基施工难度大;且本工程地层上部为粉细砂,中间为流塑性淤泥,下部为粉质粘土、粉砂、粉土,易出现塌孔、成渣过厚、灌注困难、孔壁极不稳定等现象,稍有不慎容易出现重大质量事故,进而延误工期,增加成本。本文结合工程实例,分析大直径超深桩旋挖钻机施

收稿日期:2023-06-01; 修回日期:2023-08-15 DOI:10.12143/j.ztgc.2023.S1.086

第一作者:刘成博,男,汉族,1982年生,工程师,土木工程专业,从事岩土工程施工与管理工作,山西省晋中市榆次区大学街三勘院(西区),17703369@qq.com。

引用格式:刘成博,彭志平,李泽敏.大直径超深桩旋挖钻机施工实践[J].钻探工程,2023,50(S1):526-529.

LIU Chengbo, PENG Zhiping, LI Zemin. The construction techniques of the rotary drilling rig with a large diameter ultra-deep pile[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(S1):526-529.

工过程中不断探索的技术措施^[8-10],特别是通过对地层的分析,进行合理泥浆配置及管理,施工质量和效率有了很大保障。为同类桩基工程提供借鉴。

1 工程概况及地质条件

1.1 工程概况

太原市真武路潇河大桥,主墩桥塔有高低两塔肢,中间通过横梁连接。主桥T1、T2墩桩径2.5 m,有效桩长75 m,设计孔深84 m;桩基混凝土标号C35。

1.2 工程地质及水文地质条件

1.2.1 工程地质条件

勘察资料显示,施工场地内地基土沉积时代及成因类型自上而下依次为:第四系全新统新近人工堆积层、第四系全新统冲洪积层、第四系上更新统冲洪积层。岩性以素填土、粉细砂、粉砂、粉土、粉质粘土为主。

1.2.2 水文地质条件

揭露的场地地下水为孔隙潜水,主要以大气降水渗入和农田灌溉入渗补给。勘察期间实测潜水位埋深为地表下0.70~2.00 m,水位标高755.79~757.61 m。工程区内影响水位变化的主要因素为垂直入渗,地下水位季节变化幅度约0.50 m。每年7、8、9月份为丰水期,1、2、3月份为枯水期,其余时间平水期。地下水化学类型为 $\text{SO}_4\cdot\text{Cl}-\text{Ca}$ 。

2 施工难点

(1)桩径大,钻孔深度达到84 m,对钻机扭矩、钻杆强度考验大。

(2)对泥浆性能指标要求高,本工程地层上部8 m为粉细砂,9~22 m为流塑性淤泥,下部为粉质粘土、粉砂、粉土,工程地质复杂。

(3)单桩钢筋笼质量达到52 t,起吊、焊接、下放及孔口定位难度大。

(4)单根桩灌注方量约 400 m^3 ,对混凝土质量、导管、孔口平台质量、灌注人员技术及各个环节的配合要求高。

3 施工技术措施

3.1 钻机选型

工程地质勘察报告显示,本工程地层复杂,桩基孔径大、钻孔深,且工期紧,依据多年施工经验,比较后选用SR360C8型大扭矩旋挖钻机成孔,此钻机动

力头输出扭矩 $36\text{ kN}\cdot\text{m}$ 、动力头转速 $5\sim 21\text{ r/min}$ 、最大起拔力 270 kN 、最大压力 280 kN 。SR360C8型旋挖钻机具有如下优点:

(1)承载着力点在履带底盘,接地压力小,在桩孔施工过程中,移动灵活方便。

(2)全液压驱动,智能化程度高,定位精准,随时校核垂直度和深度,钻孔质量得到有效保证。

(3)泥浆单项流动,静态护壁,污染少。

(4)柴油机为动力,不受施工现场电力条件的限制。

3.2 泥浆制备及管理

3.2.1 泥浆制备

保证成孔质量的重要措施是泥浆护壁,泥浆质量及其使用的工艺对稳定孔壁、孔内浮渣、混凝土灌注起决定性作用,是旋挖钻机能否顺利成孔的关键,也是影响钻孔进度和桩基质量的关键。

对于复杂地层大口径钻孔桩泥浆性能指标一般为:密度 $1.1\sim 1.3\text{ kg/L}$,粘度 $22\sim 28\text{ s}$,含砂率 $\geq 4\%$,胶体率 $\leq 96\%$,pH值 > 7.5 。

本工程地层复杂,泥浆制备是施工的关键环节之一。水质对泥浆的性能影响很大,衡量水质的重要指标就是总矿化度和硬度,我们将工地用水取样进行水质分析化验,发现钙离子、镁盐、铵盐、碳酸氢根、pH值等严重超标,对泥浆的性能会产生极大的影响,地下水中的镁离子、碳酸氢根离子、铵盐离子均会与现场配置好的泥浆中的OH⁻发生化学反应,从而增加泥浆中的固相含量,产生气孔,影响泥浆的护壁性能,致使松散地层垮塌、掉落,造成孔底沉渣厚度超标、增大混凝土的用量。

依据水质分析结果,现场技术人员与膨润土厂家经过反复试验,确定了性能稳定、施工方便、造价不高的泥浆外加剂,解决了施工场地内水质对泥浆的不良影响,提高了泥浆的稳定性和悬浮性能。

3.2.2 泥浆管理

(1)配置第一池泥浆时,要静止12 h以上,不可随配随用。让膨润土和水充分溶解,严格控制指标,确保泥浆密度、粘度、失水率、胶体率满足地层要求。往往因为第一池泥浆没有配好,导致后期不断调整泥浆性能也得不到理想效果,施工成本和劳动强度都会大幅增加,给施工带来恶性循环。

(2)目前大部分施工场地狭小,不具备条件设置制浆池、沉淀池、沉淀槽等泥浆循环系统,且制备

好的泥浆使用含砂率在短时间内很难迅速沉淀。为了提高施工效率,采用泥浆滤砂器进行快速过滤,保证含砂率在1%~1.5%。

(3)根据地层情况及时对浆池泥浆进行调整,使新入孔的泥浆质量各项性能指标满足要求。

3.2.3 取得的效果

本项目有2家公司进行钻孔桩施工,其中一家是按传统工艺造浆,对泥浆制备及管理不够重视,成孔后由于孔底沉渣超标,采用气举反循环清孔。由于地层松散,反循环清孔后混凝土灌注严重超量,不仅加大了施工成本,而且降低了施工效率。我们是根据工程设计要求,认真研究施工区域地层特性,对水质进行化验,选定泥浆配方,制定维护措施,施工的全部钻孔桩没有进行二次清孔,各项指标满足设计要求。提高了施工效率,确保了工程质量,节省了施工成本。得到了甲方及监理的一致认可。

3.3 钢筋笼加工制作

(1)钢筋笼骨架在加工场内采用分次分节制作,分节长度根据加工场地及吊车大小确定。

(2)钢筋笼在槽钢支架上制作,用定位支架控制主筋等分距离,允许偏差见表1。

表1 潇河大桥柱基工程钢筋允许偏差

钢筋类别	允许偏差/mm
主筋	±10
螺旋筋螺距	±20
钢筋笼直径	±10
钢筋笼长度	±50

(3)加强筋设于主筋内侧,第一道设于桩顶,其下间隔为1 m布置,最下一道在钢筋底面10 cm以上,余数在最下2段平分,间距控制在1.5 m以内。

(4)制作好的钢筋笼要分次分节验收,相邻两节钢筋笼主筋连接处必须做好标记,合格后挂牌存放。

3.4 埋设护筒

大直径超深桩护筒埋设是一个重要工序,根据上部水文地质情况确定护筒长度。由于上部8 m为松散粉细砂层,钢护筒采用壁厚20 mm钢板卷至直径2.7 m、高9 m。既要保证护筒底口深入稳定的土层中,又要确保下放50多吨钢筋笼、孔口平台导管和初灌混凝土的总质量对孔口稳定性的影响。

施工场区地下水位于7.5 m以深,护筒是钻机

带钻头扩至4 m后采用钻机动头油缸加压下放,严格保持护筒的垂直度。在护筒周围分层回填红粘土,用钻杆方头均匀压实,保证护筒稳定。护筒顶部要高于地面30 cm以上。埋设完的护筒用长木方或者钢丝绳固定,防止其下沉,并测量孔口标高,确定钻孔深度。

埋设护筒时护筒内不能过早注入泥浆,因为上部砂层松散,加之下放护筒对上部地层的扰动,盲目注入泥浆会导致上部松散砂层和新鲜泥浆搅到一起,孔内泥浆含砂率大幅增加。先用捞沙钻头钻至6~7 m后,再开始注入新鲜泥浆正常钻进。

3.5 钻机就位及成孔

(1)钻机底部要平整稳固,并铺设钢板。钻机按指定位置就位,护筒顶部测放桩位中心,钻头对准桩位中心,调整水平度和垂直度,再用全站仪从两个互成90°的方向校核垂直度,确保施工过程中不发生倾斜、位移。

(2)开孔前测量入孔泥浆性能指标,每钻进20 m测量一次,如果变化10%以上及时调整泥浆性能,保证入孔泥浆质量满足要求。

(3)钻进过程中,护筒底部轻压慢转,提钻时控制好速度,防止护筒底部冲刷塌方,钻至护筒底部5 m以下正常进尺。时刻观察通气孔是否通畅,上部20 m控制好钻压,60 m以深控制钻机扭矩,防止钻杆变形,出现孔内事故。

3.6 下放钢筋笼

(1)考虑到本工程桩基钢筋笼直径较大、长度较长、质量较重(52 t),在下放过程中,起重作业人员明确作业内容,特别是吊点位置和钢筋笼的捆绑方法,核实起吊设备的规格、数量和完好状况,吊车停放地面的承载力确保吊车的稳定。

(2)钢筋笼下放时要缓慢均匀,始终保证骨架垂直,下笼过程中,尽量避免钢筋笼摆动和倾斜。

(3)钢筋笼连接时,先把做好标记的钢筋头对齐,并使主筋碰头,钢筋横截面水平,再用普通管钳扳手旋转套筒,套筒中心处于上下钢筋接头分界线上,再拧紧锁母。

(4)把自制好的钢筋笼定位器(4根直径70 cm,长12 m钢管)悬挂在护筒四周,保证钢筋笼居中且保护层满足要求。

(5)下放钢筋笼前,技术人员现场测量护筒标高,准确计算好吊筋长度,用制作好的调环固定到孔

口平台上。

3.7 混凝土灌注

(1)本工程为超深桩基,灌注混凝土前,对导管调试拼组装,准确记录导管安装编号及自上而下标示尺度,进行水密性实验,水压高于孔内水深1.5倍,强度高于导管和焊缝预定承受内压的1.5倍,导管厚度 ≤ 5 mm。经过试验合格的导管,才能用于施工,且安装时必须紧密。

(2)混凝土到场后必须做塌落度试验,塌落度为180~220 mm,初凝时间 > 5 h,保证混凝土的和易性、流动性满足要求,确保灌注顺利。

(3)混凝土灌注采用自由塞隔水(即充气球胆),充气球胆直径大小能自由通过导管即可。记录好导管下入长度,导管底部距离孔底保持在0.3~0.5 m。在混凝土灌注过程中,严格控制导管埋深在2~6 m。首批灌注混凝土达到导管底部1.0 m以上。

(4)首批混凝土灌注量经计算需要 10.03 m^3 ,配备 5 m^3 的漏斗1个,首批混凝土储存总量为: 5 m^3 (漏斗)+ 6 m^3 (混凝土罐车剩余量)= 11 m^3 ,可以满足要求。

(5)混凝土浇筑要保持连续性,避免灌注不连续导致断桩和堵管。保持导管内混凝土柱高度,保证水下混凝土在一定托力作用下连续密实。混凝土连续灌注过程中,及时测量混凝土面上升高度,及时提升拆除导管,观察返水情况,正确分析和判定孔内混凝土面上升情况。

(6)灌注过程中指定专业人员全程旁站,混凝土到场时间、灌注时间、灌注量、上升高度、导管埋设做好记录,控制好混凝土顶面标高,超灌高度控制在1~1.5 m,以便清除浮浆和消除测量误差,保证桩头质量。导管埋深控制见表2。

表2 潇河大桥桩基工程导管埋深控制值

桩径/ m	导管直 径/m	初灌埋 深/m	连续灌注埋深/m		桩顶灌注 埋深/m
			正常	最小	
2.5	0.3~0.5	1.2~1.5	2~6	1.5	1.2

(7)灌注返出来的泥浆经过泥浆分离器进行过滤,回浆泵功率与泥浆分离器转速相匹配。回浆口的含砂率控制在1.5%以下,保证返回泥浆池的泥浆质量,便于调整后二次利用。

(8)由于本桥桩基单桩混凝土灌注量大(400

m^3),混凝土浇筑连续性要求较高,浇筑前制定好应急预案,联系好备用搅拌站,掌握好天气情况、场区道路等影响因素。

4 施工效果

由于解决了诸多技术难题,在整个项目施工中效果显著,2台SR360C8型旋挖钻机,45天施工工期,完成 $\text{O}2.5 \text{ m}$ 、孔深84 m工程桩69根,合计5794延米,第三方检测全部为一类桩,一次验收全部合格,工程按期完成。本工程通过对机械的合理选配,没有一味使用大型设备;泥浆进行了优化配置,省去了二次清孔,大大提高了施工效率;混凝土灌注掌握了关键技术要点,保证了施工质量。

5 结语

大直径超深桩旋挖钻机施工技术在大型桥梁桩基施工中应用的越来越多,市场竞争愈发激烈,必须不断改进完善,提高施工技术水平,以满足工程建设市场的需求。通过技术创新更好地适应市场,应对各种复杂施工环境。

参考文献:

- [1] 张义君.桥梁水下钻孔成桩基础施工技术[J].交通建设,2020(5):270-271.
- [2] 金鹤.桥梁大直径超长桩基缺陷处理技术[J].北方交通,2017(5):49-52.
- [3] 丁华仁,刘向阳.钢护臂处理岩溶地区大型溶洞基桩施工探讨[J].桥隧工程,2019(8):114-116.
- [4] 刘劲.岩溶地区桩基检测与缺陷处理研究[J].钻探工程,2021,48(2):110-116.
- [5] 李夏激.建筑桩基工程施工中旋挖钻孔成桩施工技术的应用分析[J].工程建设与设计,2021(3):203-207.
- [6] 杨联锋.汾河特大桥大直径超深旋挖钻孔灌注桩施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(7):89-93.
- [7] 丁红波,王自强.旋挖钻机在深厚卵砾石层超深大直径桩的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(12):68-72.
- [8] 雷世松,魏春来.大直径超长桩基成孔方法的探讨[J].交通世界,2019(1):190-191.
- [9] 刘祥,兰沁,周春华,等.汉源大渡河大桥巨厚砂层大直径灌注桩施工技术[J].钻探工程,2021,48(7):104-109.
- [10] 邵吉成,骆嘉成,卢立海,等.龙泉市鼎丰壹城大直径钻孔桩施工难点与对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(10):77-83.

(编辑 周红军)