

旋挖钻机施工钻孔灌注桩的工艺研究

李林¹, 闵峰²

(1. 江苏省长江公路大桥建设指挥部, 江苏泰州 225321; 2. 中铁大桥局集团第二工程有限公司, 南京 210015)

[摘要] 泰州大桥夹江左汊桥主跨采用 $87.5\text{ m} + 3 \times 125\text{ m} + 87.5\text{ m}$ 的五跨连续梁桥, 水中主墩基础采用 $\phi 2.0\text{ m}$ 桩径的钻孔灌注桩, 最大设计桩长为 94 m , 采用旋挖钻机施工。文章结合泰州大桥的施工实例, 阐述了旋挖钻机成孔的工艺原理, 按照工艺流程, 重点叙述了泥浆配置、安装钻孔、钻机钻进等工艺, 并重点总结了旋挖钻机施工钻孔桩的施工特点, 为今后类似工程施工提供了借鉴。

[关键词] 旋挖钻机; 施工; 钻孔灌注桩; 工艺; 特点

[中图分类号] U445.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2010)04-0033-04

1 前言

泰州大桥位于江苏省的泰州市和镇江、常州市之间, 是江苏省“五纵九横五联”高速公路网的重要组成部分。整个工程包括跨江大桥(主江、夹江)和南北接线。夹江左汊桥位于扬中市南侧夹江段, 上游距扬中大桥 8 km , 下游距扬中二桥 16 km , 北接扬中接线段, 南联镇江新区。全桥公路等级: 双向六车道高速公路; 设计速度: 100 km/h ; 桥梁结构设计基准期: 100 年 ; 汽车荷载等级: 公路—I级。

夹江左汊桥水中基础设 3 个墩, 每墩 19 根桩, 梅花型布置。桩基为 $\phi 2.0\text{ m}$ 钻孔灌注桩, 按摩擦桩设计。3 个墩的桩长分别为 86 m , 88.5 m , 94 m , 从钻孔平台顶部到桩底的长度分别为 92 m , 94.5 m , 100 m , 全部采用旋挖钻机施工。

2 水文、地质条件

桥址区属长江下游感潮河段, 潮位受长江径流与潮汐双重影响。每个太阴日潮位两涨两落。夹江大桥最高通航水位 $+6.065\text{ m}$, 设计洪水位 $+6.80\text{ m}$, 常水位 $+1.0\sim 2.0\text{ m}$ 。施工设防水位 $+6.0\text{ m}$ 。

桥址沿线岩土层分布自上而下可概括为: 上部全新统松散层类(第 1~2 大层, 厚度 $35\sim 54\text{ m}$)、上

更新统黏性土和砂性土类(第 3~4 大层, 厚度约 30 m)以及中更新统粉质黏土、粉砂(第 5 大层), 承载力均小于 550 kPa 。1, 2 层土性较差, 以松软的粉质黏土和稍密的砂性土为主; 3, 4, 5 层从上至下颗粒逐渐变粗, 表现为粉砂、细砂及中砂, 砂性土以密实为主, 局部中密状态, 土性较好。

3 旋挖钻机施工工艺

旋挖钻机是国内近年来逐渐流行的一种桩基施工机械, 旋挖钻机施工钻孔桩主要包括钻机选型、搭设施工平台、插打钢护筒、钻孔、下钢筋笼、浇筑混凝土等多项施工工序。

3.1 钻机选型

左汊桥采用的旋挖钻机主要性能参数如下: 型号 TIG300, 额定功率 256 kW , 动力头最大扭矩 $300\text{ kN}\cdot\text{m}$, 最大钻孔直径 2.5 m , 最大钻孔深度 100 m , 整机重量 90 t 。

3.2 搭设水上施工平台

根据所选用的钻机类型、起吊设备及施工荷载进行水上钻孔平台设计。平台平面尺寸为 $42\text{ m} \times 19.7\text{ m}$ 。平台所用材料为 $\phi 800\text{ mm}$ 钢管桩、 $\phi 600\text{ mm}$ 钢管桩、贝雷梁、型钢及混凝土桥面板。搭设水上施工平台的施工工序为钢管桩制造、运输

[收稿日期] 2010-01-04

[作者简介] 李林(1981-), 男, 江苏扬州市人, 工程师, 主要从事大跨径桥梁建设; E-mail: stbll@eyou.com

→浮吊抛锚、定位→测量放样钢管桩位→震动打桩锤插打平台钢管桩→平台联结系及面板安装。每个平台约使用钢材 250 t、混凝土面板 130 m³。

3.3 插打钢护筒

钢护筒在运输、存放过程中,在护筒的上下口及中间位置焊接十字支撑,以防变形。待钻孔平台完成后,在平台上安装护筒插打导向装置,精确定位,利用 80 t 浮吊和 DZ150 型震动锤插打钢护筒到设计标高。钢护筒采用壁厚 10 mm 的 Q235 钢板卷制,直径 225 cm,长 23 m,保证穿过软弱层,以确保钻孔时不坍孔、不翻砂。钢护筒中心线应与桩中心线重合,平面位置偏差 ≤ 5 cm,倾斜率 $\leq 1\%$ [1]。

3.4 设置泥浆池、弃渣池

在平台横桥向两侧各置一艘 600 t 运输船,分别作为泥浆池和弃渣池。在平台上设一个向外倾斜的铁弃渣池,用来临时盛放弃渣。待弃渣存储到一定数量时,利用水枪切割弃渣,形成流动性较好的浆液顺溜槽流入弃渣船(见图 1)。需要注意的是由于渣液下部比重大、不易流动,上部比重小、易流动,液面往往不平衡,所以弃渣船需要经常改变接渣部位,以防船只受力不均,引起侧翻。



图 1 弃渣船

Fig. 1 A boat for bored residue

3.5 泥浆制备

钻孔泥浆选用不分散、低固相、高黏度的 PHP 优质膨润土化学泥浆。泥浆由优质膨润土、纯碱 (Na_2CO_3)、羟甲基纤维素 (CMC) 和聚丙烯酰胺 (PHP) 等原料组成。膨润土采用以蒙脱石为主的钠质膨润土,掺量为泥浆体积的 6% ~ 10%;纯碱掺量为泥浆体积的 0.3% ~ 0.5%,CMC 掺量为泥浆体积的 0.005% ~ 0.01%,PHP 掺量为泥浆体积的 0.003%。泥浆性能指标要求见表 1。

表 1 泥浆指标

Table 1 Indicator of drilling mud

地层情况	泥浆指标							
	相对密度	黏度/ $\text{Pa}\cdot\text{s}$	含砂率/(%)	胶体率/(%)	失水率 /(ml/30min)	泥皮厚 /(ml/30min)	静切力 /Pa	酸碱度 /pH
一般地层	1.02 ~ 1.06	16 ~ 20	≤ 4	≥ 95	≤ 20	≤ 3	1 ~ 2.5	8 ~ 10
易坍地层	1.06 ~ 1.10	18 ~ 28	≤ 4	≥ 95	≤ 20	≤ 3	1 ~ 2.5	8 ~ 10

3.6 安装钻机

1) 钻机被 200 t 浮吊运至平台上后,自行移动。旋挖钻机安装必须稳定,确保钻进过程中钻机不移位。钻机就位时与平面最大倾角不超过 4°。将钻机行驶到要施工的孔位,调整桅杆角度,操作卷扬机,将钻头中心与钻孔中心对准,并放入孔内,调整钻机垂直度参数,使钻杆竖直,同时稍微提升钻具,确保钻头环刀自由浮动孔内。钻机就位后,测放护筒顶、钻机标高,用于钻孔时孔深测量参考。钻头中心与护筒顶面中心的偏差不得大于 5 cm。

2) 钻孔最大深度近百米,应严格保证钻杆安装质量,连接螺栓必须按要求严格检查,以防发生掉钻、埋钻的情况。

3) 开钻前应进行机械试运转。

3.7 钻孔

3.7.1 钻进成孔原理

旋挖钻机的钻头(见图 2)为直筒式容器,不同型号的钻头大小不一。钻头主要由钻土斗、切削斗齿、挡土板、底板锁定装置、上碰杆等组成。钻头通过销轴与钻杆连接。钻杆为多节可伸缩结构,主要作用是传递由动力头施加的扭矩和压力至钻头。

旋挖钻机采用履带式底盘,整个机身可绕底盘中心实现 360°回转(见图 3)。钻机钻进过程中,由动力头施加扭矩和钻压,通过可伸缩钻杆传递给钻头,钻头带动切削斗齿切入土体,钻头旋转时,切削斗齿将土体推进钻土斗完成取土。钻土斗装满土体后,钻头反向旋转,挡土板通过底板锁定装置封闭。动力装置提升钻杆和钻头出孔外。将钻杆和钻头移动到预先设置的弃渣池上方,钻头上碰杆与机架相碰后,挡土板打开。土体在重力作用或水平摆动下

排出钻土斗,落入弃渣池内,集中外运(见图4)。钻头下放并关闭挡土板。回至孔内进行下一次钻进取土。如此循环反复,不断取土、卸土,直至设计深度。



图2 旋挖钻机的钻头

Fig. 2 Bit of rotary drilling rig



图3 钻机钻进

Fig. 3 Boring

3.7.2 钻进注意事项

1) 开始钻进时采用低速钻进。钻进护筒底以下3 m后可以采用高速钻进,钻进速度与压力有关,采用钻头与钻杆自重摩擦加压。

2) 钻进过程中,操作人员随时观察钻杆是否垂直,并通过深度计数器控制钻孔深度。

3) 起落钻头要平稳,避免撞击孔壁。严防工具等杂物落入孔内。

4) 钻孔应连续作业,因故中途停钻时,必须将钻头提起以防塌孔埋钻,并采取有效措施保证孔壁稳定。



图4 钻机排土

Fig. 4 Dumping

3.8 下钢筋笼

桩基钢筋笼长约88 m,重约30 t,主筋为 $\phi 32$ mm螺纹钢,声测管用4根 $\phi 57 \times 3.5$ mm的钢管加工而成。钢筋笼采用通长胎架加工,滚轧直螺纹接头,标准节长12 m。钻孔结束后,钻机移位到下一孔位进行流水作业。将分节制作好的钢筋笼运至指定地点,采用50 t履带吊机接长、下放。

3.9 清孔

测量孔底沉渣厚度,如沉渣厚度超标,可用气举反循环法清孔直至泥浆、孔底沉渣等各项指标符合设计及规范要求,严禁采用加深孔底深度的方法来代替清孔。

3.10 浇筑混凝土

严格按照施工规范进行混凝土配合比设计,将理论配合比换算成施工配合比。在钢筋笼下放到位、各项指标检验合格后,及时浇筑混凝土。

4 旋挖钻机施工特点

旋挖钻机在施工泰州大桥夹江左汊桥大直径超长钻孔灌注桩时,充分体现了以下特点:

1) 钻进速度快。钻机一天可进尺70 m,两天可完成近百米的钻进。平均来看,一根桩从开钻到浇筑混凝土完毕,可在三天内完成,最快为两天,大大缩短了成桩周期。

2) 操作简便。一台钻机仅需一个人操作,减少了现场机械操作人员及管理人员。

3) 移位快捷。普通钻机每次平移孔位需其他辅助人员、机械配合,且移动速度慢。旋挖钻机机动性好,可自行移动,桩位之间移动方便、准确。

4) 利于环保。普通钻机所产生的渣土和泥浆量大约为桩孔体积的3倍,旋挖钻机泥浆只起护壁作用,钻屑中的泥浆含量相当低,可以重复使用,排

出的渣土和泥浆量仅为桩孔体积的 1.1 倍。

5) 桩孔对位方便准确。在孔位对正过程中,操作手在驾驶室内利用先进的电子设备就可以精确地实现对位,使钻机达到最佳钻进状态,这是普通回旋钻机无法比拟的。

6) 减少了工序。旋挖钻直接挖土排出孔外,且采用优质泥浆护壁,所以孔底的沉渣厚度基本在 10 cm 以下,满足规范要求,无需清孔。

旋挖钻机顺利施工,和以下几项措施是分不开的:

1) 坚实的钻孔平台。旋挖钻机自重重大,对平台整体刚度是一个考验。本工程中每个平台打设了 20 根超过 20 m 长的钢管桩,根基稳固。平台面板选用了厚 20 cm 的混凝土板,有效地保证了平台顶面的整体刚度和稳定性。面板间用销钉连接,钻孔时,拔出销钉,吊开孔位处面板;钻孔结束后,将面板吊放回原位,装上销钉与周围面板连接,十分方便。

2) 钻机良好的工作状态。定期保养、检修旋挖钻机的动力头、钻齿(见图 5)、行走装置等,并安排钻机生产厂家工程师进驻工地进行指导,使钻机始终处于适用状态。

3) 及时的材料、设备供应。旋挖钻机钻孔速度快,这要求钢筋笼加工、混凝土供应等工序及时跟上,否则既浪费了钻孔赢得的时间,又增加了孔壁坍塌的危险。该工程中钢筋笼加工、混凝土供应等保障有力,形成了高效的流水作业面。



图 5 修复钻头上的齿板

Fig. 5 Repairing the bit

5 结语

泰州大桥夹江左汊桥 57 根桩基,使用两台旋挖钻机施工,从 2009 年 3 月 12 日开始至 2009 年 7 月 4 日结束。钻孔桩经超声波检测均满足规范和设计要求,达到 I 类桩标准。工程实践证明,在施工桥梁大直径超长钻孔桩时采用旋挖钻机,施工方便快捷并节约成本,收到了很好的经济效益和社会效益,也为类似工程提供了有益的借鉴。

参考文献

[1] JTJ 041 - 2000, 公路桥涵施工技术规范[S]. 2000

Study on the technology of rotary drilling rig used for bored piles

Li Lin¹, Min Feng²

(1. Jiangsu Provincial Yangtze River Highway Bridge Construction Commanding Department, Taizhou, Jiangsu 225321, China; 2. The 2nd Engineering Co., Ltd., Zhongtie Major Bridge Engineering Group, Nanjing 210015, China)

[Abstract] The left branch bridge of Yangtze River's branching channel in Taizhou Bridge project is a 5-span continuous beam bridge with the layout of 87.5m + 3 × 125 m + 87.5 m. The diameter of bored piles is 2.0 m, and the length is 94 m. All the piles are constructed by rotary drilling rig. Based on the construction of the bridge, the paper analyses the construction techniques of rotary drilling rig, details the drilling mud, drilling rig's installation, drilling, and summarizes the features and experience, proposing reference for similar project in the future.

[Key words] rotary drilling rig; construction; bored pile; technology; feature