

软土地质超大超深钻孔桩成孔施工技术研究

熊 炜

(上海市基础工程集团有限公司, 上海市 200433)

摘 要:以温州市金丽温高速公路东延线工程 TJ03 标机场枢纽段为实例,主要分析在填海围垦区域,软土地质条件下超大、超深钻孔灌注桩成孔施工的工艺、设备选型、工效分析、成孔质量控制要点及保证措施,同时从能耗、工效、成孔质量几方面对不同的成孔设备进行对比论证,结合项目实施的实际情况配置设备。

关键词:软土地质;钻孔灌注桩;成孔施工;控制要点;设备选型

中图分类号: TU473

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)02-0175-03

0 引 言

东部沿海地区一直是国内经济发展的重点,随着城市建设的推进,受土地资源的限制,很多沿海城市从 20 世纪 90 年代起开始围垦填海,增加城市建设发展的区域。随之而来,围垦软土地质的基础设施建设一直延续至今。高速公路桥梁建设尤为重要,施工质量也是围垦区发展的前置条件。桥梁工程中,钻孔灌注桩作为常用的基础结构形式,更是关键部位。

本文依托的是温州地区高速公路“十三五”规划建设(见图 1)中的金丽温高速公路东延线工程 TJ03 标机场枢纽段实体工程项目。金丽温高速公路东延线工程起点位于金丽温高速公路南白象枢纽温瑞大道西侧,起点里程桩号 K0+000,顺接金丽温高速公路,一路沿着通海大道设置高架往东至前街。在八甲变电站附近设置机场西(永中)互通衔接瓯江口大道,并通过连接线衔接滨海大道,路线经前街后一路往东高架桥跨越,跨过规划轨道 S2 线、滨海大道,终点设机场枢纽与甬台温高速复线衔接,终点位于通海大道交叉口,终点桩号 K22+084.528,路线全长 22.046 km。本项目的建设可为形成温州“田”字型高速公路网络格局奠定基础,项目总投资 1 101 751 万元。

在金丽温高速公路东延线工程 TJ03 标机场枢纽段实体工程施工过程中,采用旋挖钻机、GPS 反循环钻机、GF 正循环汽车钻,针对孔径 1.5 m 以上,孔深 80 m 以上的钻孔桩成孔施工,从成孔能耗、成

收稿日期: 2022-05-09

作者简介:熊炜(1986—),男,学士,工程师,从事桥梁施工工作。

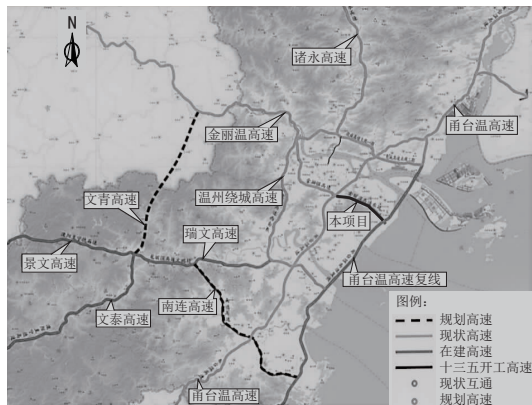


图 1 温州市高速公路“十三五”规划建设示意图

孔工效、成孔质量以及不同成孔工艺的控制方式这几个方面进行对比分析,论证在软土地层的施工可行性及设备的优化配置。

1 概况

1.1 结构形式

金丽温高速公路东延线工程 TJ03 标机场枢纽段位于温州市龙湾经济开发区,为金丽温高速公路接甬莞高速互通新建桥梁。桥梁下部结构主要为桩柱式结构,钻孔灌注桩径为 1 m、1.2 m、1.3 m、1.5 m、1.8 m、2 m、2.2 m 共 7 种桩径,其中桩径 1.5~2.2 m 占 90% 以上,桩长范围集中在 80~90 m,且均为摩擦桩^[1]。

1.2 地质情况

桥址区上部为全新统冲海积、海积软土,局部为海积软塑黏土,整体厚度约 20~30 cm。软土层多为海积黏性土,软塑—软可塑状,性质较差—一般,厚度较大。局部夹冲湖积粉质黏土、冲海积粉细砂,均不连续分布;中下部以冲湖积、海积黏性土为主,灰色、灰绿色,可塑状,厚度大,性质一般—较好,局部分布厚层的冲级粉细砂,灰色,中密—密实状,不连

续分布。

枢纽区中下部⑥₄层粉质黏土和⑥₇层圆砾层力学性质较好,分布较稳定,为桥的主要桩基持力层,⑥₁层粉质黏土和⑥₃粉砂层力学性质较好。机场枢纽主线桥位于广阔的海积平原,上部软土层厚度20.0~35.0 m,下伏以海积地层为主,间夹冲湖积地层,下部冲湖积地层相对偏厚。第四系下部为圆砾、卵石层,埋深92.6~94.6 m,见图2^[2]。

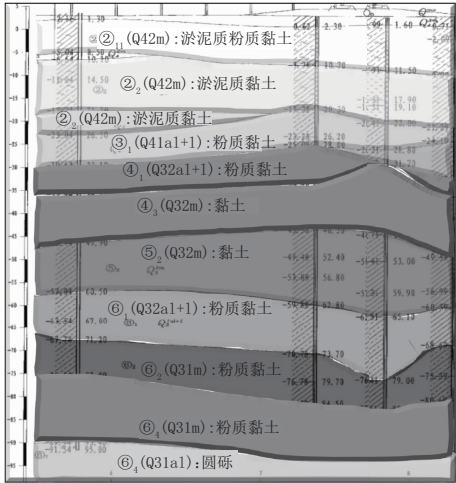


图2 典型地质柱状分布图

2 成孔施工

2.1 设备选型

根据钻机成孔方式的不同(见表1),并结合地层分布及桩长桩径设计结构,选取GPS-20反循环钻机、GF-400汽车钻以及SR360旋挖钻机进行成孔质量、效率以及功耗的对比分析。因冲击钻在软土地层成孔效率低且扩孔率大,多用于坚硬岩层或卵石层地区,故本项目冲击钻仅作清障使用,不进行桩基施工的成孔施工对比分析。

表1 成孔方式适用范围^[3-4]

序号	设备	成孔	使用条件
1	冲击钻	冲击成孔	用于各种地质情况
2	回旋钻	旋转正、反循环钻成孔	用于一般黏土、砂土、砂砾土等土层,在砂砾或风化岩层中亦可应用机械旋转钻孔。但砾石粒径超过钻杆内径时不宜采用反循环钻孔
3	旋挖钻	冲抓成孔	用于一般黏土、砂土、砂砾土

2.2 成孔过程质量控制措施^[5]

在本项目桩基施工过程中,采用GPS-20反循环钻机、GF-400汽车钻以及SR360旋挖钻机进行成孔施工。在施工过程中主要采取以下措施来控制施工质量:

(1)场地平整及换填。对施工便道及施工平台进行换填压实处理,表层地基承载力达到80 kPa以

上,满足设备进出的需求。根据现场实际情况换填深度在0.5~2 m。GPS桩架处采用型钢和方木对架体进行限位,防止成孔过程中架体摇晃。部分区域铺设钢板或硬化处理,保障旋挖钻进出及施工安全。

(2)泥浆护壁。GPS-20反循环钻机及GF-400汽车钻主要采用原土造浆+辅助人工造浆的护壁措施,SR360旋挖钻借助其他2种钻机成孔造浆进行护壁。成孔过程泥浆的相对密度在1.3~1.4,并采用旋流除砂器进行除砂。

(3)钻头选取及钻进速度。选取略小于桩径的钻头,开孔阶段采取低进慢出,钻至钢护筒下2 m以后正常钻进。遇到地层变化带,减缓钻进速度,达到稳定结构层后正常钻进。孔深达到60 m以下后,适当降低钻进速度,增加测绳检测频次,且测绳多面检测,成孔遇到台阶或孔斜较大时,及时调整进尺,缓慢提钻至问题深度,持续削孔,过程中泥浆正常循环。

(4)钻杆及磨盘监控。在钻进过程中,当回旋钻机及汽车钻每次接长钻杆时,采用水平尺对桩架磨盘水平度及钻杆垂直度进行监测,并及时进行纠偏。定期检查钻杆,对变形严重的钻杆及时更换。

(5)钢护筒加长及护桩埋设。本项目对钢护筒进行加长,护筒长度不小于1.5D桩径,并埋设护桩。在软土地质条件下,成孔过程对土体扰动较大,护桩仅对钢护筒进行临时纠偏,桩基成孔中心随时进行GPS复测。

2.3 成孔分析

在施工过程中,通过成孔能耗、成孔效率、成孔质量、施工措施以及节能减排等多方分析,确定适用于软土地质条件下超大、超深钻孔灌注桩成孔施工大范围推广的设备组合及成孔工艺。

2.3.1 成孔工效分析

本项目采用3种钻机进行钻孔灌注桩施工,每种设备采用不同的成孔工艺各施工100根桩基,从成孔效率、能耗、成孔质量采集数据进行对比分析(见表2)。

2.3.2 成孔质量结果分析

(1)GPS-20钻机(长5.7 m×宽2.4 m×高9.3 m)可采用正循环成孔或气举反循环成孔,正循环成孔主要能耗37 kW主机+44 kW泥浆泵;气举反循环成孔主要能耗37 kW主机+55 kW空压机+22 kW除砂机。成孔质量基本可控,施工平台要求高,需整平且基本压实,地基无较大沉降。在成孔施工过程中

表 2 成孔施工工效分析						
序号	设备型号	设备自重/t	成孔方式	成孔质量	成孔效率/h	能耗/kW
1	GPS-20 回旋钻	25	正循环成孔	较好	32~36	81
2			气举反循环成孔	好	32~36	114
3			正循环成孔+气举反循环清孔	好	32~36	99,114
4	GF-400 汽车钻	38	泵吸反循环成孔	好	32~36	300
5			正循环成孔	较好	32~36	99
6			正循环成孔+泵吸反循环清孔	好	32~36	99,300
7	SR360 旋挖钻	146	正循环成孔	较好	10~12	421

中,架体存在细微晃动。在前期施工过程中,成孔垂直度在 0.5~0.8,部分孔深在 80 m 以上的桩需进行二次扫孔,纠正后成孔垂直度控制在 0.50~0.67,浇筑充盈系数 1.07~1.10。

(2)GF-400 汽车钻(长 11.5 m×宽 2.5 m×高 3.6 m)可采用正循环成孔或泵吸反循环成孔,正循环成孔主要能耗 55 kW 主机+44 kW 泥浆泵;泵吸反循环成孔主要能耗 278 kW 主机+22 kW 除砂机。成孔质量较好,进出便道需平顺压实,施工平台平整,地基无较大沉降。在成孔施工过程中,成孔垂直度平均在 0.50~0.65,基本无二次扫孔,浇筑充盈系数 1.05~1.08。

(3)SR360 旋挖钻成孔主要能耗 399 kW 主机+22 kW 泥浆泵。成孔质量一般,施工场地要求非常高,进出场地需平顺压实,因设备自重达到 146 t,施工现场原地基多为农田或近海吹填滩涂地,需进行换填处理并铺设钢板。成孔垂直度平均在 0.60~0.65,浇筑充盈系数 1.08~1.12。

2.3.3 成孔质量影响因素及保证措施^[5]

在本工程施工过程中,项目部通过展开 QC 活动,总结出影响成孔施工质量的主要因素包括但不限于:钻头选取、钻杆垂直度纠偏、施工平台、钻机本身质量、操作班组人为因素等(见表 3)。

2.4 成果分析

GPS-20 回旋钻、GF-400 汽车钻、SR360 旋挖钻正循环成孔,GPS-20 回旋钻、GF-400 汽车钻反循环成孔及其正循环成孔+反循环成孔的成孔能耗图见图 3,其成孔质量对比分析表见表 4。

由图 3 可知,从成孔平均能耗对比来看,若不考虑电机有效功效(电机组功率因素)和优劣性,则 SR360 旋挖桩<GF-400 汽车钻<GPS-20 回旋钻。

由上述分析可见,回旋钻机宜采用正循环成孔+

表 3 成孔质量影响因素及对应措施			
序号	成孔质量	影响因素	对应措施
1	成孔垂直度	地基因下沉、施工平台不平整	1. 施工前对桩架作业平台进行换填、压实处理,并采用型钢及枕木调平 2. 汽车钻可借助支腿进行纠偏;旋挖钻钻杆自主纠偏
2		钻杆成孔过程中倾斜、变形	1. 钻进过程中,每增加 1 节钻杆节对钻杆垂直度进行纠偏 2. 桩孔较深时,深处钻杆变形存在不可预测性,每次提钻后对钻杆进行检测,已变形的钻杆及时更换 3. 钢护筒埋设垂直度需严控,并在成孔过程中进行监测,且适当加长钢护筒
3	扩孔较大	扫孔	加强成孔垂直度控制,减少后期扫孔的频率
4		钻头、转速选取不当	1. 通常选取比设计桩径略小钻头进行成孔 2. 开孔速率不宜过快,转速应控制在 10~15 r/min(低档)为宜,成孔过程匀速钻进,且提钻应慢
5	桩底沉渣较厚	清孔不及时、泥浆相对密度较低	1. 正循环清孔对桩底扰动较小,泥浆相对密度根据需要可增加(1.1~1.2),应适当加长清孔时间,并及时检测桩底沉渣和泥浆含沙量、相对密度、黏度 2. 保证安全、质量的前提下,提高钢筋笼及导管的下放、安装效率,缩短一清与二清的间隔时间 3. 二清初始泥浆相对密度不宜过低,浇筑混凝土前降低泥浆相对密度至允许范围即可

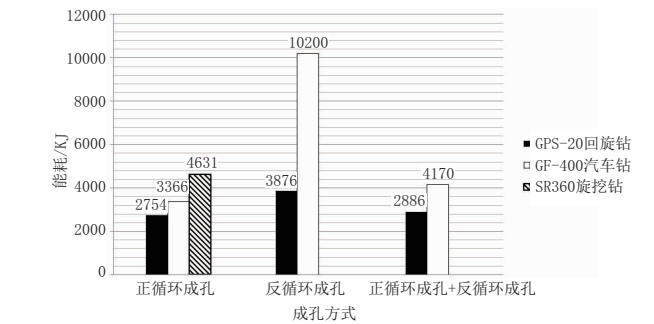


图 3 成孔能耗图(回旋钻平均 34 h 成孔,旋挖钻机平均 11 h 成孔)

表 4 成孔质量对比分析表			
对比内容	GPS-20 回旋钻	GF-400 汽车钻	SR360 旋挖钻
成孔垂直度	一般	非常好	较好
桩底沉渣厚度	非常好	非常好	较好
扩孔率	较好	非常好	一般

反循环清孔的方式施工,施工质量好且能耗相对较低。GF-400 汽车钻更适用于软土地质桩基成孔施工。综合地形地貌特殊区域宜采用 GPS-20 回旋钻辅助施工。结合工程量及总体工期,地质较好的区域采用 SR360 旋挖钻施工。SR360 旋挖钻不具备自主

(下转第 182 页)

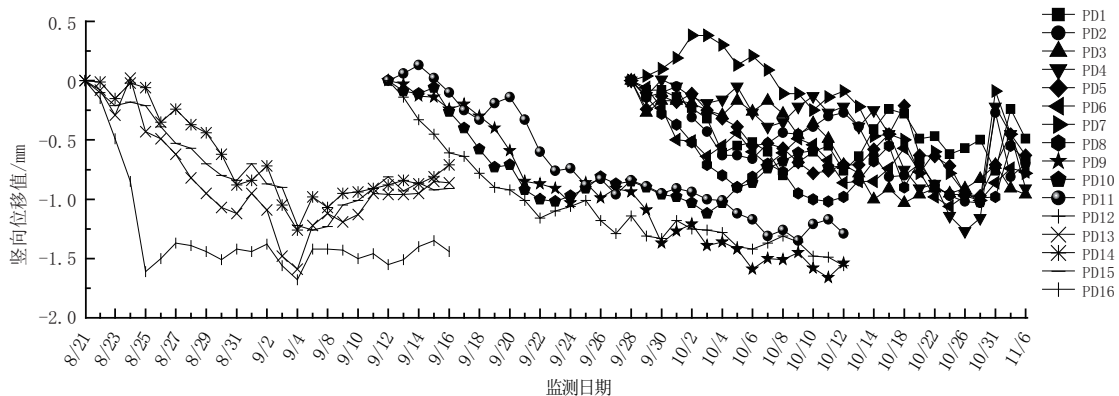


图9 铁路路基坡脚竖向位移随时间变化关系图

(2)在设计阶段,从基坑工程及铁路两方面提出了基坑围护结构方案和铁路慢行措施。

(3)从基坑分坑设计、围护形式、支撑体系等方面重点分析了基坑围护结构方案。

(4)通过对施工过程及监测数据的分析,认为设计的围护结构保护方案及铁路慢行等现场保护措施可将铁路立交范围的变形控制在允许范围内,对类似工程具有一定的指导意义。

参考文献:

[1] 郭恩广.深基坑双排桩支护结构侧向位移分析[D].扬州:扬州大学, 2011.

[2] 温思哲,张宁,李海琳.苏州市某场地地下水对建筑材料腐蚀性评价[J].西部探矿工程,2009,21(10):4.

[3] 贺庭.凤栖长安大厦深基坑施工监控量测技术[D].西安:长安大学, 2016.

[4] 彭川,庞戈,杜海,等.合肥南站南广场基坑开挖对地铁盾构区间影响分析[J].施工技术,2019,48(16):5.

[5] 陈小敏,王志坚,张高伟.复杂地层各种地下障碍物清理施工技术[J].山西建筑,2012,38(16):75-76.

[6] 张双平,黄旭生.桩基施工降水相关影响分析与应对措施[J].建筑施工,2017,39(10):4.

[7] 夏祥忠.深基坑开挖对临近既有刚性支挡结构的影响分析及研究[D].长沙:湘潭大学,2017.

(上接第177页)

造浆的能力,因此在本工程施工过程中,采用回旋钻成孔自然造浆+辅助人工造浆提供旋挖钻成孔泥浆护壁。多种成孔设备综合施工既满足了施工质量的需要,合理缩短了工期,又能达到节能减排绿色施工的目的,完成降本增效的经济效益目标。

3 结 语

(1)验证了在软土地基条件下,回旋钻机、旋挖钻机通过技术手段控制均可满足施工需要。

(2)以3套成孔设备的成孔方式、成孔质量及相应控制要点,对能耗、质量进行对比分析,综合验证了以回旋钻为主,其他设备为辅,多种设备结合才能满足现代化绿色施工节能减排、安全质量达标的需求。

(3)通过本工程的实施,总结了大量施工经验,对于今后浙南软土地质条件下类似工程的开展具有直接的指导意义。

参考文献:

[1] 浙江省交通规划设计研究院有限公司,温州市交通规划设计院.金丽温高速公路东延线工程设计文件[Z].温州:温州市交通规划设计院,2019.

[2] 浙江省交通规划设计研究院有限公司.金丽温高速公路东延线工程JLW-03合同施工图设计阶段工程地质勘察报告[Z].杭州:浙江省交通规划设计研究院有限公司,2019.

[3] JTGT 3650—2020,公路桥涵施工技术规范[S].

[4] JTGF 80/1—2017,公路工程质量检验评定标准[S].

[5] 熊炜.金丽温高速公路东延线工程TJ-03标-桩基施工专项方案[Z].上海:上海市基础工程集团有限公司,2020.