

郑州龙湖镇复杂地形桩基施工实践

何俊照^{1,2,3}, 李云安¹, 高志俭^{2,3}, 金玉玲⁴, 梁 东²

(1.中国地质大学(武汉),湖北 武汉 430074; 2.河南省地矿建设工程(集团)有限公司,河南 郑州 450007; 3.河南省地质环境勘察院,河南 郑州 450007; 4.河南省地矿局测绘地理信息院,河南 郑州 450007)

摘要:郑州市新郑龙湖镇升达大学临街综合楼灌注桩基础,施工场地地形复杂,跨越一已有边坡,高差 8.5 m,先采用复合土钉墙进行了边坡永久支护,坡下桩采用钻孔灌注桩施工工艺,坡上桩上部采用人工洛阳铲成孔,下部采用正循环钻机坡上钻进、坡底水平埋设 PVC 管进行半桩泥浆循环成孔,其余采用钻孔灌注桩施工工艺,取得了良好的施工效果,技术成果可为类似工程的设计施工提供参考。

关键词:复杂地形;灌注桩;复合土钉墙支护;人工挖孔;半桩泥浆循环系统

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)11-0069-05

Pile Foundation Construction on Complex Terrain in Longhu Town of Zhengzhou/HE Jun-zhao^{1,2,3}, LI Yun-an¹, GAO Zhi-jian^{2,3}, JIN Yu-ling⁴, LIANG Dong² (1.China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2.Henan Geology and Mineral Construction Engineering (Group) Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450007, China; 3.Henan Geological Environment Exploration Institute, Zhengzhou Henan 450007, China; 4.Institute of Surveying Mapping and Geoinformation of Henan, Zhengzhou Henan 450007, China)

Abstract: The construction site of the cast-in-place pile foundation near Shengda University's complex building in Longhu Town, Xinzheng, Zhengzhou, is located on a complex terrain, and spans an existing slope with an elevation difference of 8.5m. The composite soil nailing wall was used to retain the slope permanently. The grouted pile was used for the down-slope pile with the manual Luoyang shovel used for construction of the upper section of the pile and the direct circulation drilling for the lower section. Horizontally buried PVC pipes were used to make semi-pile circulating holes with the remaining completed by are grouted pile drilling. Good construction results have been achieved, providing reference for similar projects.

Key words: complex terrain; cast-in-place pile; composite soil nailing wall retaining; manual hole digging; semi-pile mud circulation system

1 工程概况

升达大学临街综合楼工程位于郑州市新郑龙湖镇升达大学院内西大门南侧,西距 107 国道 300 m,公路交通方便。综合楼平面尺寸 69 m×18 m,高度 5~7 层,拟建场地地形复杂,东面为深 8.5~8.7 m 东西走向的深坑,坑内地形平坦,其余三面均为高 8.5~8.7 m 的陡坡,坡上地形平坦,西边陡坡上紧临一条南北向柏油路,北面陡坡上为升达大学西大门,南面陡坡上为围墙及绿化,北侧、南侧边坡已采用砌石挡墙及已有建筑物围墙进行支护。建设单位计划陡坡上为 5 层,陡坡下为 7 层,陡坡下 3 层以上每层即对应为坡上 1 层以上每层。采用灌注桩基础,两种桩

型,桩径均为 800 mm,桩 1 有效桩长 14 m,桩 2 有效桩长 20 m。详见图 1。

2 场地工程地质条件及水文地质条件

拟建场地地貌单元属山前冲积平原,地形较复杂,南、西、北三面为平地,东部为一深坑,拟建工程纵向跨一边坡,两侧地形高差约 8.5 m,边坡上部 8.5 m 左右为新近填土,主要为粉土。场地 30 m(坡顶算起)深度范围内自上而下为素填土、粉土、粉质粘土、粉质粘土夹薄层粉土,各岩土层工程力学性质详见表 1。

收稿日期:2018-08-27; 修回日期:2018-10-16

作者简介:何俊照,男,汉族,1978 年生,河南省地矿建设工程(集团)有限公司总经理,高级工程师,中国地质大学(武汉)在读博士研究生,一级注册建造师,注册安全工程师,地质工程专业,主要从事地质工程技术研究及管理工作,河南省郑州市互助路 25 号,hejunzhao1978@163.com。

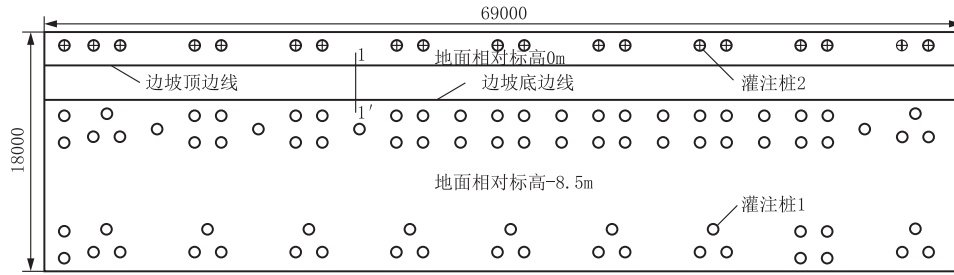


图1 灌注桩施工平面布置图

表1 场地岩土层工程力学性质

层号	土层名称	密实状态	平均厚度/m	$f_{ak}/$ kPa	$E_{s1-2}/$ MPa
①	素填土	稍密	10.0	110	6.5
②	粉土	中密	5.6	140	12.5
③	粉质粘土	可塑	4.7	160	7.0
④	粉质粘夹薄层粉土	硬塑	14.3(最大揭露厚度)	200	10.5

场地地下水类型为潜水,勘察及施工期间测得坡底地下水埋深 6.4 m,坡顶位置地下水位 15.0 m 左右。

3 施工工艺的选择

为拟建工程施工期间及建成运营期间安全考虑,需要对 8.5 m 的陡坡进行永久性边坡支护。场地天然边坡坡度比约为 1 : 0.3,土体直立性较好,边坡全在地下水位以上,北侧及南侧边坡已有砌石挡墙进行过支护,本次对西侧采用土钉墙喷射砼进行支护,先进行人工修坡,放坡比例 1 : 0.2。

本工程采用灌注桩基础,2 种桩型:东部坡下部分桩型为灌注桩 1,桩径 800 mm,桩顶标高 -10.5 m,桩底标高 -24.5 m,有效桩长 14 m,通孔下钢筋笼,上部 7 m 为全笼,主筋采用 14 Φ 14 mm 螺纹钢,下部 7 m 为半笼,主筋采用 7 Φ 14 mm 螺纹钢;西侧坡顶部分桩型为灌注桩 2,桩径 800 mm,桩顶标高 -1.85 m,桩底标高 -21.85 m,有效桩长 20 m,通孔下钢筋笼,主筋采用 16 Φ 18 mm 螺纹钢,要求单桩竖向承载力特征值均不低于 1290 kN。2 种桩型均采用正循环回转钻孔灌注桩施工工艺,但桩 2 上部边坡部分土体孔隙丰富,且距离边坡较近(1~2 m),在施工期间发现泥浆无法循环,全部在边坡坡面上渗出,漏浆严重,经现场多方调查综合考虑,桩 2 上部 8.5 m 部分采用人工洛阳铲成孔,8.5 m 以深部分采用坡顶钻机施工、坡底半桩泥浆循环回转钻进成孔灌注桩施工。

整个工程施工流程为:边坡支护→坡顶桩 2 人工洛阳铲成孔(8.5 m 以浅部分)→坡顶桩 2 正循环钻机成孔下笼灌注→坡底桩 1 正循环钻机成孔下笼灌注。

4 边坡支护施工

根据本工程特点及现场地质和环境条件,综合考虑采用预应力锚杆复合土钉墙进行支护,坡面先进行人工修坡,放坡比例 1 : 0.2,共布设 2 排预应力锚杆及 3 排土钉,水平间距 1.5 m,垂直间距 1.3~1.8 m,倾角为 15°。其中预应力锚杆竖向位置分别位于 -1.8、-4.4 m 处,孔径 150 mm,锚杆长度 12 m,采用 Φ 22 mm 螺纹钢,横向采用与土钉套打方式,每一根预应力锚杆间隔施工一根 9 m 长 Φ 18 mm 土钉;腰梁采用 10 号槽钢焊接,并在锚杆位置放置 200 mm \times 200 mm \times 10 mm 的 Q235 钢垫板进行连接和预应力张拉。3 排土钉布置于纵向位置 -3.1、-6.1、-7.8 m 处,孔径 100 mm,土钉长度 6~9 m,采用 Φ 18 mm 螺纹钢。边坡面层采用钢筋网喷射砼,因为是永久支护,喷射厚度 10 cm。边坡支护方案详见图 2、图 3。

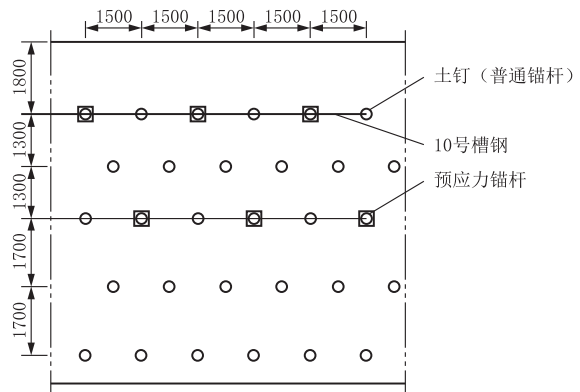


图2 复合土钉墙支护立面图

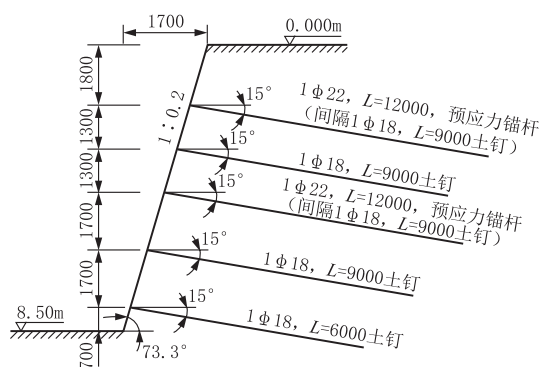


图 3 复合土钉墙支护剖面图

边坡支护需先人工修坡,然后搭设脚手架进行锚杆(土钉)成孔施工,施工流程为:逐层人工修坡→逐层搭设脚手架→测量定孔→人工洛阳铲成孔→安装锚杆(土钉)→注浆→挂钢筋网→焊加强筋→拆除脚手架→喷射砼→养护。

锚杆(土钉)杆体沿土钉轴线方向每隔 2.0 m 左右设置一个居中支架,居中支架采用钢筋制作,注浆施工采用素水泥浆,水泥采用 pc32.5 级复合硅酸盐水泥,注浆水灰比 0.50;土钉墙面层挂网钢筋采用 $\Phi 6.5$ mm 钢筋,编制 250 mm \times 250 mm 方格网,加强钢筋采用 $\Phi 12$ mm 钢筋现场焊接菱形布设并与各土钉杆头焊接在一起,与土钉钢筋有效焊接;本次喷射砼面层部分均采用强度等级为 C20 砼,喷射厚度 10 cm。

5 坡顶桩型(桩 2)成孔施工

施工期间桩 2 上部边坡部分土体孔隙丰富,且距离边坡较近(1~2 m),在施工期间发现泥浆循环无法循环,全部在边坡坡面上渗出,漏浆严重,经综合考虑,桩 2 上部 8.5 m 部分采用人工洛阳铲成孔(8.5~10 m 不等,根据现场情况挖至坡底或原状土为止),8.5 m 以深部分采用钻机顶坡施工、泥浆坡底循环回转钻进成孔。然后在坡下(对应坡顶-8.5 m)正对桩孔位置利用人工洛阳铲掏出一 $\Phi 600$ mm 平洞至坡底平地,并在其中穿入 $\Phi 500$ mm PVC 管,坡下设一泥浆坑,挖一主沟与每个 PVC 管外口相连,施工时钻孔在坡顶施工,通过高压管在下部泥浆坑内抽取泥浆,泥浆在孔内循环时循环至-8.5 m 时沿 PVC 管溢出至坡底泥浆沟并流至泥浆坑内循环,其以下部分采用半桩泥浆循环钻进成孔,其余施工工艺和桩 1 施工工艺相同,取得了非常好的效果,详见图 4~6。

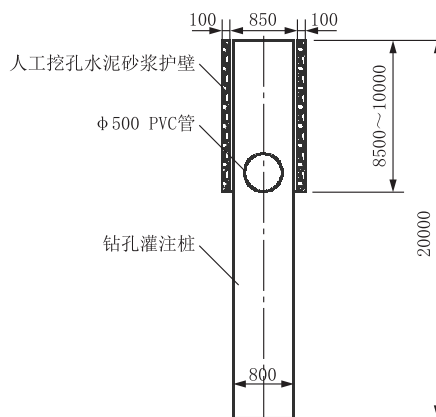


图 4 坡顶桩(桩 2)成孔施工



图 5 人工挖孔桩底平洞及 PVC 管现场



图 6 坡顶钻进坡底泥浆循环施工现场

6 桩 1 钻孔灌注桩施工

桩 1 施工前先进行场地平整等施工准备工作,然后进行桩位放样、埋设护筒、泥浆坑开挖及泥浆制备、正循环回转钻机钻进成孔、吊放安装钢筋笼、灌注砼成桩验收(桩 2 的 8.5 m 以深施工可对应参照其相关流程)。

6.1 灌注桩施工要求

(1)桩 1、桩 2 桩径均为 800 mm。桩 1 桩顶标

高-10.5 m, 桩底标高-24.5 m, 有效桩长 14 m, 通孔下钢筋笼, 上部 7 m 为全笼, 主筋采用 14 Φ 14 mm 螺纹钢, 下部 7 m 为半笼, 主筋采用 7 Φ 14 mm 螺纹钢; 桩 2 桩顶标高-1.85 m, 桩底标高-21.85 m, 有效桩长 20 m, 通孔下钢筋笼, 主筋采用 16 Φ 18 mm 螺纹钢。

(2) 成桩合格率 100%, I 类桩 90% 以上, 不得出现 III、IV 类桩。

(3) 采用泥浆护壁正循环回转钻进成孔, 垂直度控制在 1% 以内, 保证钻孔位置准确, 误差 < 0.01 m; 成孔深度符合设计及规范要求, 沉渣厚度 < 100 mm。

(4) 原材料和砼强度保证符合设计和规范要求; 钢筋笼按要求制作后进行吊放, 在吊放过程中, 应严格验收钢筋笼的连接焊缝质量, 满足规范要求。

(5) 灌注砼采用水下灌注施工工艺, 砼标号 C30, 实际灌注砼量不小于计算体积, 充盈系数 < 1.05 。钢筋笼按照规范进行有效焊接; 凿除浮浆后的桩顶砼强度满足设计值。

6.2 桩位放样及护筒埋设

依据规划红线控制点、基础平面图采用全站仪结合图中尺寸进行放线定位。

护筒埋设应准确、稳定, 护筒中心线与桩位中心线偏差 ≥ 50 mm, 护筒用 4~8 mm 的钢板制作, 内径应大于钻头的外径 100 mm, 其顶部开设 1 个溢水口, 根据本工程地质情况, 护筒的埋设深度 > 1 m。并复测护筒顶部中心与桩位之间的偏差及护筒垂直度, 要求不超过规范允许值。

6.3 钻机就位成孔

待桩位验收合格后进行钻机就位。就位前必须把地面平整、夯实, 钻机摆放应周正、水平, 保持主动杆垂直于水平面, 使钻尖与桩位之间的误差控制在允许范围内, 有效的保证成孔的垂直度。

开孔前用水准仪校核桩位护筒顶面标高, 核对桩位编号, 准确无误后, 方可施工。采用正循环工艺成孔, 为确保成孔孔径达到设计要求, 下钻前, 专人测量钻头直径, 直径不足时, 及时按要求修复, 否则, 不得使用。在钻进过程中, 应加强泥浆维护, 用好泥浆。时常注意、检查泥浆泵运转情况, 保证泵量及泵压; 及时对泥浆进行除渣, 不定时的检测泥浆性能。下钻前, 应对钻具进行检查, 弯曲及有损伤钻具不得下入孔内; 在钻进过程中保持钻压、钻速适中、均匀,

防止孔斜。

6.4 清孔及校正孔深

桩孔达到设计深度前 2 m 时, 开始随钻调浆冲孔, 检测泥浆密度、含砂量等指标, 终孔停钻后保持清孔 20 min, 提钻时测量钻具, 校正孔深。为保证桩的质量, 在钢筋笼安装就位和下入导管后, 要进行二次清孔, 以确保灌注前的孔底沉渣厚度 < 100 mm。清孔时应注意两点: 一是孔底沉渣厚度不超标; 二是清孔时间不宜过长, 过长易造成坍方。

6.5 钢筋笼制作与吊装

钢筋笼制作质量要求: 主筋间距 ± 10 mm; 钢筋笼直径偏差 ± 10 mm; 箍筋间距偏差 ± 20 mm; 钢筋笼总长偏差 ± 50 mm。主筋焊接前需经调直, 搭接长度 $\geq 5d$ 双面焊, 搭接位置错开, 同一截面内钢筋搭接数不得超过 5%; 加强筋搭接长度 $\geq 5d$ 双面焊。螺旋箍筋搭接长度为 300 mm (均点焊), 第一圈均为整圈。钢筋的保护层采用砼“垫块”控制, 每平面沿圆周均布 3 块为一组, 沿笼长间距 6 m 放置一组, 保护层厚度允许偏差 ± 20 mm。

采用吊车安放钢筋笼, 钢筋笼吊放入孔时应轻提慢放, 必须保持垂直对中, 不碰孔壁。钢筋笼定位采用压杆与钢筋笼通过特殊接头相连接, 根据护筒标高计算钢筋笼标高, 把钢筋笼下放到位, 将压杆固定在孔口, 压杆的横担下垫以方木, 上部压上灌注台板或灌注架, 以防灌注时钢筋笼上浮或下沉, 灌注结束后将压杆取出。

6.6 下放导管与砼灌注

导管技术性能要求: 连接部位内径偏差 < 2 mm; 连接好的导管轴线偏差 $\leq 1\%$ 。

采用 $\Phi 200$ mm 钢管, 导管用丝扣连接, 接头处设 O 形密封圈。导管在使用前应进行水密承压和接头抗拉试验 (试水压力 0.6~1.0 MPa) 确保导管密封良好。

导管按计算长度下至距孔底 0.3 m 处。注意在导管下放时, 仔细检查其丝扣及密封圈, 认真检查密封是否完好, 看有无破损情况, 严禁将不合格的导管下入孔内。

本工程采取商品砼, 标号为 C30, 使用砼运输车送至孔口。砼在使用过程应及时测定坍落度, 检测砼的和易性, 必须满足要求, 桩身砼必须留有试件, 每根桩要留有 1 组试块, 每组 3 件。按要求现场制作留取试块进行标养, 养护满足 28 d 后, 及时送检

做抗压试验。

灌注砼时,漏斗应有足够的容量以满足初灌量,保证埋管深度 >1 m。要连续灌注,导管理入砼中 $2\sim 4$ m,严禁导管提出砼面。

灌注接近桩顶时,应控制最后一次灌注量,使灌注的桩顶标高高出设计桩顶标高 1.0 m左右,确保桩头强度满足设计要求。砼充盈系数控制在 1.05 以上。

6.7 泥渣外运及成桩保护

施工过程中产生的泥浆废渣及灌注过程中翻上的泥浆先放入储渣池,废弃的浆渣应进行处理及时运走,不得污染环境。为保障施工人员的人身安全,成桩后的桩孔用彩色条旗进行围挡警示保护,严禁闲人进入施工现场,并及时对已施工未灌注至地面的桩孔进行回填。

7 桩基施工检测

本工程采用高应变法和低应变法两种方法进行施工检测,通过 8 根桩的高应变法检测,判定本工程单桩竖向抗压承载力特征值是否满足设计要求,通过 97 根桩的低应变法检测,用于查明桩身缺陷及其位置,判定桩身完整性类别。高应变法检测结果见表2。

表2 桩基高应变法分析结果汇总

桩号	单桩极限承载力/kN	极限摩阻力 Q_{sk} /kN	极限端阻力 Q_{pk} /kN	桩身完整性	备注
1	2511.4	1770.7	740.7	完整	桩2
13	2585.9	1788.4	797.6	完整	桩2
18	2611.4	1941.4	670.0	完整	桩2
27	2690.9	1920.8	770.1	完整	桩1
49	2676.2	1739.3	936.9	完整	桩1
77	2655.6	1786.4	869.2	完整	桩1
82	2741.9	1814.9	927.0	完整	桩1
95	2688.9	1762.9	926.1	完整	桩1

根据《建筑桩基技术规范》(JGJ 106—2014)规定,该工程桩1单桩极限承载力统计值为 2690.7 kN,单桩竖向抗压承载力特征值为 1345.3 kN,满足设计要求;桩2单桩极限承载力统计值为 2569.6 kN,单桩竖向抗压承载力特征值为 1284.8 kN,满足设计要求。对 97 根桩均进行了低应变法检测,检测结果为I类桩 93 根,占总桩数的 96% ,II类桩 4 根,占总桩数的 4% ,无III、IV类桩。

8 结语

随着我国基本建设和城市建设的大规模开发,各种复杂地形基础工程日益增多,郑州市新郑龙湖镇升达大学临街综合楼工程场地灌注桩基础跨越 8.5 m高边坡,分别采用复合土钉墙支护、钻孔灌注桩施工、上部人工挖孔下部半孔泥浆循环钻孔灌注桩施工,解决复杂地形基础工程施工问题,取得了良好效果。

参考文献:

- [1] JGJ 94—2008, 建筑桩基技术规范[S].
- [2] GB 50330—2013, 建筑边坡技术规范[S].
- [3] GB 50739—2011, 复合土钉墙基坑支护技术规范[S].
- [4] JGJ 120—2012, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [5] 孙凤玲,刘焕存,刘涛.武汉某摩擦型灌注桩后注浆单桩竖向承载力试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(5):63—66,70.
- [6] 陈振,周清和,何文生.灌注桩桩头质量保证措施[J].探矿工程,1999,(1):34—36.
- [7] 苏志鹏.钻孔灌注桩施工技术与质量控制方法探讨[J].建筑与装饰,2018,(10):156,159.
- [8] 杨向峰.钻孔灌注桩技术在房建工程施工中的应用探究[J].价值工程,2018,(23):131—135.
- [9] 何俊照,李云安,金玉玲,等.河南信息南广场基坑支护技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(9):84—88.