

复杂地质条件下旋挖钻孔灌注桩三段式成孔技术

张传海,王长锁,黄 宁,罗 曦,吴天鹏,何天兵

(中建三局集团有限公司西南分公司,四川 成都 610041)

[摘要] 在国家成都新药安全性评价中心产业化示范基地项目中,地质情况复杂,基桩直径小,成孔过程中坍孔严重,施工难度非常大。旋挖钻孔灌注桩施工易受桩径、地质条件、施工工艺等因素影响,通过研究已有旋挖钻孔灌注桩施工方法,采用三段式成孔旋挖钻孔灌注桩施工工艺,规避复杂地质条件下缩孔、坍孔带来的困难,保证桩基施工质量安全,提高施工效率和综合效益,得到业主及各参建单位的一致认可,同时节约资源、保护环境,创造了良好的社会效益。

[关键词] 桩基础;旋挖钻孔灌注桩;钢护筒;检测

[中图分类号] TU753.3

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2022)17-0117-04

Three-stage Hole Formation Construction Technology of Rotary Drilling Bored Pile Under Complicated Geological Conditions

ZHANG Chuanhai, WANG Changsuo, HUANG Ning, LUO Xi, WU Tianpeng, HE Tianbing

(Southwest Branch of China Construction Third Engineering Bureau Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract: The project of the Industrialization Demonstration Base of the National Chengdu New Drug Safety Evaluation Center has complex geological conditions, such as small pile diameter, serious hole collapse in the process of hole forming, and great difficulty in construction. The construction of rotary drilling cast-in-place pile is easily affected by pile diameter, geological conditions, construction technology and other factors. After studying the existing approaches of rotary drilling bored pile, the three-stage hole formation pile construction technology of rotary drilling bored pile, was adopted to avoid the construction difficulties caused by shrinkage and hole collapse under complex geological conditions, ensure the quality and safety of pile foundation construction, and improve the construction efficiency and comprehensive benefits, obtaining unanimous recognition of both the employers and the participating units and creating good social benefits.

Keywords: pile foundation; rotary drilling bored pile; steel tube; testing

1 工程概况

国家成都新药安全性评价中心产业化示范基地项目位于四川省成都市双流区成都天府国际生物城起步区1期内。项目包含实验楼、动物房、动力楼、门卫室、垃圾房、地下蓄水池、污水处理设施,项目规划总建筑面积约52 048.8m²。仅动物房含地下室1层,其他各建筑单体为地上2~4层,主要功能为办公、试验等。本工程基础采用旋挖钻孔灌注桩,共889根,为现浇框架结构。

动物房、实验楼、动力楼采用旋挖钻孔灌注桩,

桩径600mm,桩长22~28m(进入持力层≥1 000mm),桩身采用C30/C35水下混凝土,桩基浇筑标高应比设计标高高出800~1 000mm(水下混凝土),本工程桩基以中风化泥岩作为持力层。

2 工程地质条件

场地勘探深度范围内的地层主要由上覆第四系全新统人工填土层(Q₄^{ml})、第四系中下更新统的冰水沉积层(Q₄^{gl})、下伏白垩系上统灌口组泥岩(K_{2g})组成,地层由素填土、淤泥质粉质黏土、粉质黏土、卵石土、强风化泥岩和中等风化泥岩组成。素填土回填时间为2~3年,属新近填土,厚3.50~14.80m,平均层厚约7.69m。淤泥质粉质黏土分布较广泛,层厚0.80~5.00m,平均厚约2.65m。粉质

黏土分布较广泛,但连续性较差,层厚 0.8~3.5m,平均厚约 2.11m。卵石土层厚 10.0~22.7m,平均厚约 13.36m。强风化泥岩层厚 0.50~1.80m,平均厚 0.97m。中等风化泥岩埋深 21.0~27.8m。

场地地下水主要为上层滞水和第四系孔隙潜水,其中上层滞水主要赋存于第四系人工填土和黏土层中,受大气降水补给,水量大小具有季节性。排泄方式以地面蒸发、向下渗透为主,无统一地下水位。孔隙潜水主要赋存于卵石土中,水位埋藏较深,对基础设计和施工影响较大。该层地下水略具承压性,随卵石土中黏粒含量增多,透水性逐渐减弱,补给源主要是上游地下水及大气降水。

3 施工难点分析

桩机钻进过程中,钻至约 17m 时,缩孔现象极为严重,导致无法成孔。经勘验现场钻出的土样,部分土为风化较严重的卵石土层,部分土层黏聚力较差,在地下水作用下,具有较强的流动性,导致桩基成孔后立即出现缩孔、坍孔现象。项目部通过回灌 C15 素混凝土,进行二次成孔及泥浆护壁成孔方案,均无法完成成孔作业。

4 施工工艺选择

项目部组织各参建单位及地基基础方面的专家讨论桩基施工方案,决定采用全钢护筒辅助成孔技术。但由于桩径较小、桩长较长、摩阻力较大,采用全钢护筒施工工艺存在无法拔出护筒的风险,导致钢护筒报废,增加工程成本。项目部通过多方咨询及现场试验,最终确定三段式施工工艺。

具体施工方法如下:①采用 $\phi 800$ 钻头进行成孔作业,成孔深度至砂卵石土层面;②采用振动锤,将 $\phi 700$ (内径)钢护筒打穿砂卵石土层至强风化泥岩层内 1 000mm;③采用 $\phi 600$ 钻头重新进行成孔作业至持力层;④安放钢筋笼,浇筑混凝土,随混凝土浇筑缓慢拔出钢护筒。砂卵石土层以上成桩后直径为 800mm,砂卵石土层成桩后直径为 700mm,砂卵石土层以下成桩直径为 600mm。桩基与地质的剖面关系如图 1 所示。

5 施工方法

5.1 场地平整

桩基施工前需平整场地,以确保机械设备工作面需求。

5.2 测量定位放线

根据测量控制点,采用全站仪进行桩基定位放样,桩位允许偏差为 50mm,桩垂直度允许偏差为 0.5%。坐标放样时保证有 2 个后视点位,分别用于定向和检查,从而保证起始精度,后视放样的距离

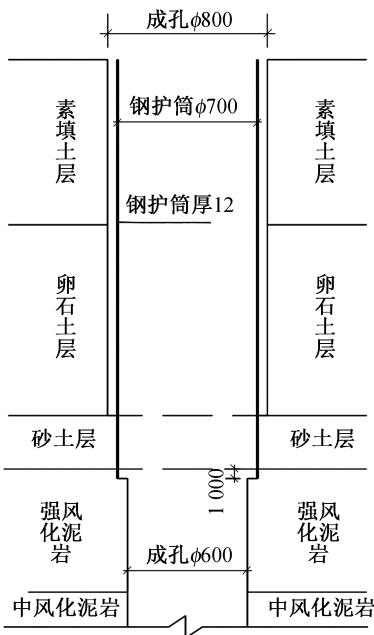


图 1 桩基与地质剖面关系

必须大于前视距离,尤其注意后视方向要对中。旋挖机就位后,复测钻杆中心位置,复测结果满足相关规范要求后方可进行下一步施工,测量护筒顶标高,用以控制混凝土灌注标高。

5.3 钻孔

桩基施工时首先采用 $\phi 800$ 钻头进行成孔作业,成孔深度至流动砂卵石土层面,且钢护筒下沉埋设完成后,再采用 $\phi 600$ 钻头成孔作业至持力层。钻机成孔要求如下。

- 1) 旋挖钻机就位后,钻机钻杆应保持位置准确、垂直稳定,施工过程中需随时检查校正,开始时放慢钻进速度,尤其是孔口 5~8m 段,注意保持放斗平稳,该段在成孔过程中需通过旋挖钻机控制盘监测钻杆垂直度,如有偏差及时纠正。
- 2) 钻机成孔过程中,需根据地质情况控制钻进速度,钻出的桩芯土距桩孔口最小距离 ≥ 5 m,倒出的桩芯土要及时外运出场,保持现场整洁。成孔过程中,需随时清理孔口积土,如遇缩孔、坍孔等异常情况,应及时采取应对措施。成孔达到设计深度后,应参照地质勘察报告中桩基持力层的标高复核实际成孔深度,并及时进行清孔。
- 3) 钻进过程中应对各土层进行留样,且留置土样 ≥ 1 组,进入岩层后应确保每米留置土样 ≥ 1 组。
- 4) 完成桩基成孔后,应保护孔口。

5.4 护筒埋设

钢护筒具有控制桩位、防止孔口坍塌、固定钢筋笼和导正钻具等作用。埋设时,采用振动锤进行加压下沉,下沉深度为孔口穿过流动砂卵石土层,

进入强风化岩层约 1 000mm 处。钢护筒顶部应超出地面 0.5m 以上。随混凝土浇筑缓慢拔出钢护筒,采用振动锤配合履带式起重机完成拔出及转运工作。

本工程桩基采用钢护筒,护筒内直径为 700mm、壁厚 12mm。钢护筒加工制作应满足规范允许偏差,根据地质和坍孔情况确定钢护筒的实际埋设深度,约 24m。先定位和导正钢护筒,然后采用振动锤将钢护筒施压至预定深度。护筒需在施工前完成加工制作,并采用焊接接长,测放出桩位,后采用旋挖钻机进行钻孔,采用护筒导向架进行安装。护筒导向架由型钢焊制而成,采用钢管固定四角;将护筒施压至预定位置时,需严格控制护筒埋设的垂直度,确保护筒垂直度误差 $<0.4\%$,护筒埋设到位后,复测护筒中心位置,以确保护筒与桩基中心偏差 $\leq 50\text{mm}$ 。

5.5 成孔检查

完成桩基成孔后,须全面测量孔底标高、桩位中心线、桩身直径、虚土厚度等,同时做好记录。

5.6 清孔

孔底沉渣厚度是影响桩基承载力的重要因素之一,因此桩基成孔后须清孔。本工程桩基采用干作业、旋挖钻头清孔方式。

1)一次清孔 钻机钻至设计标高后,利用旋挖钻在原位进行一次清孔,将孔内的块状物清理出孔外,降低孔底沉渣厚度。在测得孔底沉渣厚度满足规范要求,并经监理单位验收合格后,及时安放钢筋笼。

2)二次清孔 经过安放钢筋笼、焊接、下放导管等过程,可能擦碰孔壁使泥砂落入孔内,因此混凝土灌注前应进行二次清孔。钢筋笼放置完成后,利用测绳再次测量桩底沉渣厚度,若沉渣厚度不符合规范要求,需将钢筋笼吊出孔外,然后使用机械进行二次清孔,同时再次检测桩孔成型质量是否满足规范及设计要求。施工作业时,现场所有施工机械必须停止作业,完成二次清孔且孔底沉渣厚度符合要求时,立即浇筑混凝土。

5.7 钢筋笼骨架制作及吊装

5.7.1 钢筋笼骨架制作

桩基钢筋笼骨架在现场加工制作,首先制作加强箍,其间距按照设计要求设置,然后在加强箍上标注主筋位置,并将主筋焊接在加强箍上,形成钢筋骨架,最后,将螺旋箍筋按照设计间距焊接在已成型的钢筋骨架上。

钢筋笼制作过程中,在钢筋一周焊接 4 个定位

筋。将 $\phi 12$ 定位钢筋进行双面焊接,焊缝长 50mm,钢筋笼制作时可根据需要增加定位筋,以保证工程质量。

5.7.2 钢筋笼骨架吊装

按设计长度制作好的钢筋笼,经监理单位验收合格后,方可进行起吊运输及安放。

钢筋笼加工制作完成并验收合格后,若距离孔口较近,可直接采用起重机进行转运吊装;若距离较远,可用起重机将钢筋笼吊放到平板拖车上,然后运输到孔口附近。钢筋笼在起吊、转运及安装时应防止变形。钢筋笼运输到孔口附近后,采用汽车式起重机将钢筋笼起吊到一定高度,并将其调整到垂直方向后缓慢放下。

起重机安放钢筋笼入孔时,钢筋笼对准孔位后要慢放、轻放,如下放过程遇到阻力应立刻停止,查明原因后立即采取措施进行处理。

钢筋笼入孔就位后,按设计要求复核钢筋笼安放位置,并作好吊装记录。

5.8 混凝土浇筑

由于采用三段式施工方式,钢护筒与桩孔间有 100mm 空隙,拔出钢护筒后,混凝土下落较严重,无法保证桩身质量,项目部针对混凝土浇筑制定以下措施。

1)第 1 步 混凝土首次浇筑至钢护筒顶标高,并清除表面沉渣、浮浆。

2)第 2 步 首次提拔钢护筒约 10m 高;护筒需缓慢提拔,严禁超拔,以免混凝土下坐后脱离护筒范围,护壁不稳定,出现坍孔、缩孔问题,影响桩身质量。

3)第 3 步 第 2 次浇筑混凝土至钢护筒顶标高下约 1m 处;经计算,桩混凝土充盈系数约 1.3,需超灌约 9m 高钢护筒的混凝土量,才能保证拔出钢护筒、混凝土下坐后顶标高达设计要求。

4)第 4 步 完全拔出钢护筒。

混凝土浇筑注意事项如下。

1)混凝土浇筑速度控制在 $0.6\sim 1.0\text{m}^3/\text{min}$ 。

2)导管下口距孔底约 500mm,混凝土浇筑时,要保证有足够的混凝土初灌量。

3)导管埋入混凝土深度控制在 2~6m 内,严禁将导管提拔出混凝土灌注顶面,并严格控制提拔速度,混凝土浇筑过程中安排专人及时做好浇筑记录并填写记录表,主要填写内容为桩位编号、实测孔径、实测孔深、桩底岩土性、垂直度偏差、沉渣厚度、灌注量、桩位偏差等。

4)混凝土必须连续浇筑,后一批混凝土灌注时

间不得长于首批混凝土初凝时间,同时尽可能缩短导管拆除间隔时间。混凝土浇筑过程中,每间隔 25min,利用测深锤测量桩基孔内混凝土顶面标高,并计算导管埋深情况和混凝土上升高度,以便于及时调整导管埋置深度。

5)控制最后一次灌注量,使灌注高度超出设计桩顶标高 300~500mm,水下混凝土灌注高度超出设计桩顶标高 800~1 000mm,以确保剔凿浮浆后,桩顶混凝土强度满足设计要求。

5.9 基桩检测

根据设计文件及 DBJ51/T 014—2013《四川省建筑地基基础检测技术规程》,采用低应变法测定全数工程桩桩身完整性及缺陷程度,Ⅰ类桩共 812 根,占比 91.34%;Ⅱ类桩共 77 根,占比 8.66%。共抽检 13 根工程桩检测单桩竖向承载力,检测结果均满足设计要求。

6 结语

在国家成都新药安全性评价中心产业化示范基地项目中,通过研究已有旋挖钻孔灌注桩施工方法,提出三段式成孔旋挖钻孔灌注桩施工方法,规避了复杂地质条件下缩孔、坍孔带来的施工困难,并保证桩基施工安全,提高施工效率和综合效益,得到业主及各参建单位的一致认可,同时满足节约

资源、保护环境等要求,创造了良好的社会效益。

1)利用钢护筒成孔,可避免坍孔、缩孔,保证施工质量。

2)采用三段式成孔工艺,混凝土用量虽稍许增加,但能大大降低钢护筒的损耗率,总体施工成本得到有效控制,同时保证施工工期。

参考文献:

[1] 中国建筑科学研究院.混凝土结构工程施工质量验收规范:GB 50204—2015[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.

[2] 上海市基础工程集团有限公司,苏州嘉盛建设工程有限公司.建筑地基基础工程施工质量验收规范:GB 50202—2018[S].北京:中国计划出版社,2018.

[3] 中国建筑科学研究院.建筑工程施工质量验收统一标准:GB 50300—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.

[4] 中国建筑科学研究院.建筑桩基技术规范:JGJ 94—2008[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.

[5] 张亚雄,徐彬,王燕,等.潜孔锤预钻孔后锤击沉桩法在开山石厚填土地地中的应用[J].施工技术(中英文),2022,51(1):89-94.

[6] 申毅.水下旋挖钻孔灌注桩化学泥浆粉造浆护壁施工技术[J].施工技术,2021,50(7):60-62,68.

[7] 袁航,谢曦,浮明明,等.复杂地质条件下大直径长螺旋钻孔压灌桩施工效率提升技术[J].施工技术,2021,50(6):106-109.

[8] 游天亮,吕欣豪,蒋阳阳,等.大直径钻孔灌注桩套管桩头整体破除法应用[J].施工技术,2020,49(6):58-60.