

福州江滨地区超高层建筑灌注桩成孔工艺分析

张志刚^{1,2}

(1. 赣中南地质矿产勘查研究院, 江西 南昌 330029; 2. 江西省地质工程(集团)公司, 江西 南昌 330029)

摘要:以福州江滨地区2个有代表性的超高层建筑桩基础工程实例为依据,通过无卡式冲击+正循环,旋挖+气举反循环,回转+泵吸反循环3种成孔工艺之间的比对,提出了在福州市江滨地区超大粒径厚层卵石与花岗岩地层灌注桩施工成孔工艺方面的一些见解,认为回转+泵吸反循环是较为可靠的工艺。

关键词:超高层建筑;灌注桩;厚层卵石;花岗岩;回转+泵吸反循环成孔工艺;福州江滨地区

中图分类号:TU473.1⁺4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)06-0084-04

Borehole Completion Process of Cast-in-place Pile for Super High-rise Buildings in Fuzhou Riverside Area/ZHANG Zhi-gang^{1,2} (1. Ganzhongnan Institute of Geology and Mineral Exploration, Nanchang Jiangxi 330029, China; 2. Jiangxi Geo-engineering (Group) Corporation, Nanchang Jiangxi 330029, China)

Abstract: Taking 2 representative project examples of super high-rise buildings in Fuzhou riverside area as the basis, by the process comparison of conventional percussion drilling + normal circulation drilling, rotary drilling + air lift reverse circulation drilling and rotary drilling + pump suction reverse circulation drilling, some opinions are presented for the grouting pile drilling construction in thick layer of super large-size gravel and granite formation in Fuzhou riverside area, rotary drilling + pump suction reverse circulation process is decided to be reliable.

Key words: super high-rise buildings; cast-in-place pile; thick layer of gravel; granite; borehole completion by rotary drilling + pump suction reverse circulation drilling; Fuzhou riverside

1 问题的提出

近年来,随着海西经济开发区的日益加快,福州市城市建设步伐不断加快。

福州市超高层建筑的主楼桩基多选用灌注桩。设计单位在其持力层的选择上通常采用2种方式。一种是选取卵石层作为持力层,施工成桩后再通过后注浆工艺实施桩侧或桩端注浆以取得较大承载力。这种工艺由于后注浆的施工特点,实际操作中桩底注浆工序质量如无严格控制,难以有效保证桩基承载力达到设计要求。第二种是直接选取中风化花岗岩作为桩端持力层,该种设计必须穿过该地区厚度6~30 m不等的卵石层,桩端进入持力层深度为0.6~1倍桩直径,以达到获取较大承载力的目的。

与其它类型的桩基相比,嵌岩钻孔灌注桩具有以下优点:

(1)嵌岩部分充分利用基岩的承载性能,具有较高的侧阻力和桩端阻力;

(2)因基岩压缩性小,单桩的沉降小,群桩沉降不会因群桩效应而增大,群桩承载力也不会因群桩

效应而降低;

(3)以嵌岩桩为基础的建筑物在地震过程中所产生的地震效应弱,抗震性能较好。

但嵌岩钻孔灌注桩要求每根桩都必须合格,不允许有任何疏忽,这就要求施工把控好每个质量节点。

本文结合笔者近年在福州江滨地区施工的数个超高层建筑的桩基础经验,选取2个有代表性的工程实例,对于在超大粒径厚层卵石与花岗岩地层内进行灌注桩施工的几种常规成孔技术进行总结对比,供同仁参考。

2 工程实例 1

2.1 工程概况

拟建项目1位于福州市鼓楼区江滨西大道,距闽江河道约200 m,距江滨路主干道约50 m,工程规划用地面积15624.6 m²,总建筑面积163863.6 m²,其中地下建筑面积36504.6 m²,拟建物由一幢47层的办公主楼及1~3层附属商业裙楼组成,设3层大底盘式地下室(地下车库)。拟建场地原为闽江古

河滩,在闽江河道北侧,属冲淤积平原地貌单元,拟建场地上覆第四系堆积、淤积、冲洪积地层,下伏燕山晚期花岗岩。在钻孔深度范围内岩土层可分为9个主层:①杂填土(Q_4^{ml})、②粘土(Q_4^{cl})、③淤泥(Q_4^m)、④中砂(Q_4^{al+pl})、⑤淤泥质土(Q_4^m)、⑥粉土(Q_4^{al+pl})、⑦中砂(Q_4^{al+pl})、⑧卵石、⑨中风化花岗岩(γ_5^3)。

其中⑧卵石表现为花岗岩质,实钻揭示粒径5~60 cm不等,松散堆积;⑨中风化花岗岩(γ_5^3),青灰、灰白色,中粗粒花岗结构,块状构造,主要矿物成分为石英、长石等,岩石较新鲜,锤击声较脆,不易击散,节理、裂隙较发育,裂隙面有铁质浸染、风化明显,岩体完整程度为较破碎,岩心多呈块状—短柱状,属较硬岩,岩石基本质量等级为Ⅳ级, $RQD \approx 40 \sim 61$ 。

拟建场地覆盖层厚度>50 m,层次较多,层位相对稳定,主要表现为淤泥(淤泥质土)与砂(砾卵石)层交替出现,相间成层,为较典型的福州平原海陆相沉积多层结构地貌单元特征,发育有多层地下水含水层。④中砂为场区第一含水层;⑦中砂、⑧卵石及⑨中风化花岗岩为场区第二含水层。

该项目主楼基础采用(冲)钻孔灌注桩,设计桩径1200 mm,桩长56~75 m,总桩数为215根,灌注桩基础持力层为⑨中风化花岗岩(γ_5^3),桩端全截面进入中风化花岗岩持力层 ≥ 0.6 m。

2.2 成孔工艺的选择

该项目一开始沿用福州地区常规无卡式冲击钻成孔手段,该成孔工艺因地层适应性较强、施工综合费用成本较低等优点在福州地区运用较为广泛。但在本项目中,该工艺的不适应性较为明显。

(1)因设计要求桩端进入中风化花岗岩,在进入岩层取样环节中,由于卵石层与中风化层层位相邻,而卵石层岩样因其特殊的形成机理往往表现为中风化状,甚至为微风化状,与持力层中风化花岗岩岩样外观极为相近,冲击钻的正循环悬浮钻渣取样模式容易造成对岩层的误判。部分桩基经成桩后桩底取心检测发现,此种工艺甚至导致一部分冲击成孔的桩端未进入中风化花岗岩而坐落于卵石层内。

(2)由于该工艺的特点,在砂层与厚卵石层内进尺缓慢。受场地较小、钻机容量有限限制,由于采用空心锤,在中风化花岗岩地层内工效缓慢,而且冲击锤头开裂修补频率较高,后换用实心锤头,工效亦

无法提高。上述原因导致该项目前期施工进度严重滞后。

(3)该工艺由于泥浆稠度过大,成桩后孔壁泥皮过厚,客观上降低了桩侧摩阻力,桩端沉渣清除不彻底,也造成桩端承载力受到影响。

针对上述情况,经与建设单位和设计单位充分沟通后,决定改用经过优化后的回转+泵吸反循环泥浆护壁成孔工艺,并辅助以少量正循环冲击钻。使用该工艺后,实际效果明显,不仅成桩质量得到保证,由于单机工效较快,在场地设备容量有限的情况下,整体施工进度也得到了大幅提升。

通过对该场地下伏地质情况的充分了解与分析,实际施工中,对①杂填土(Q_4^{ml})、②粘土(Q_4^{cl})、③淤泥(Q_4^m)、④中砂(Q_4^{al+pl})、⑤淤泥质土(Q_4^m)、⑥粉土(Q_4^{al+pl})、⑦中砂(Q_4^{al+pl})、⑧卵石(Q_2^{al+pl})等层位内采用四翼双腰带单龙门钻头进行钻进,钻进至入岩后对⑨中风化花岗岩换用牙轮钻头。

2.3 成孔工艺流程

成孔流程如下:测放桩位→挖埋护筒→钻机就位→对中平整→接钻头(接四翼钻头)→开钻→钻至岩层,取样确定→提钻→更换钻头(牙轮钻头)→下钻钻进,终孔。

2.4 成孔工艺技术措施

(1)为保证成孔设备扭矩及钻孔垂直度,选用GPS-20型工程钻机,壁厚16 mm的法兰盘连接钻杆;连接螺栓选用10.9级高强度螺栓。

(2)针对本工程情况,考虑到在卵石层内施工钻头受扭矩较大,因此除对钻头中心管部分予以增加厚度至18~20 mm之外,龙门及钻头端部4个翼板均作端部加厚抗扭处理。

(3)考虑到本项目上部中砂和卵石层等地层中钻头梳齿的重要性,从抗冲击能力和耐磨性出发,为减少钻头修补起下钻的成孔辅助时间,特别定制一批高强度硬质合金刀具镶于钻头翼板和龙门上。

(4)在钻头笼部杆件部位焊制钢筋拦网,使笼式钻头钻进过程中可以携带部分大粒径卵石。

(5)该项目中风化花岗岩单轴饱和抗压强度达25~50 MPa,钻进进入岩层后,换用牙轮钻头得以保证岩层内的施工工效及刀具消耗正常。根据现场钻进的实际合理合理地安排钻头的更换时间节点,是保证工效的必要措施。

2.5 施工效果

钻进过程中采用泵吸反循环,成孔过程中对各地层地质情况均能清晰准确地予以揭示,使桩端入岩判定较为准确。此外,该工艺由于清除桩端沉渣较为彻底,提高了灌注桩的端承力发挥。反循环钻孔过程中形成的泥皮较薄从而使摩阻力增大。从而大大提高了单桩竖向承载力。根据对比试验,反循环成桩比正循环成桩提高承载力10%~20%,相对于福州地区常规成孔工艺,采用回转+泵吸反循环泥浆护壁成孔工艺的单位承载力造价必然降低。

混凝土浇注质量得到充分有效的保证。由于正循环钻孔过程中因冲洗液浓度高、密度大所形成的过厚泥皮与孔底沉渣,极易使临近桩顶10 m左右桩身混凝土质量差、强度低,而该部分又是桩受力的关键位置。反循环成孔由于冲洗液密度、浓度、粘度都较低,形成泥皮较薄和钻渣清理较为彻底,因此灌注较为顺畅,桩顶泥浆少,桩头及桩身混凝土质量得到保证。

通过以上相关措施,确保了本项目灌注桩的平均施工工效,在项目施工整体进度已远远落后的情况下得到扭转,如期按照业主要求工期完工,而且施工质量得到保证。

该项目主楼桩基完工后按各种检测手段进行了检测:

按总桩数的30%选取了65根桩进行了现场超声波透射法检测,其中I类桩64根,占检测桩的98.5%;II类桩1根,占检测桩的1.5%。完全满足设计和规范要求。

按总桩数的10%选取了22根桩进行抽心检查,桩身强度、桩身完整性、桩底沉渣厚度、桩端持力层均能完全满足设计和规范要求。

按100%进行低应变检测,其中I类桩212根,

占检测桩的98.6%;II类桩3根,占检测桩的1.4%。

该项目主楼桩基一次性通过竣工验收。

3 工程实例2

拟建项目2与拟建项目1属于同一相邻地段,地质情况基本相近。该项目在试桩阶段采用回转+泵吸反循环泥浆护壁成孔工艺,试桩经各项检测均合格。项目正式开建阶段,设计单位在灌注桩施工工艺上设计选用旋挖+气举反循环成孔工艺。

旋挖工艺因其成孔速度快,污染小,近年运用较为广泛。但在本地域施工,由于场地内地下水含量及水位较高,卵石层厚及松散等实际地质情况,拟建项目桩基完工后经超声波检测发现有近1/3的桩身存在不同程度的缺陷。

分析原因有:旋挖工艺由于其本身的成孔速度过快,原生地层自造浆能力未能充分发挥,江滨地段的松散土层被成孔机具扰动破坏后无法及时施以优质泥浆护壁,成孔后灌注前钻孔局部孔壁不稳定导致坍塌,造成桩身局部夹泥夹砂造成大量桩基出现缺陷。

本项目旋挖施工桩基总承载力不能满足建筑物要求,后又采用回转+泵吸反循环泥浆护壁成孔工艺重新施以补桩160根,确保承载力满足了设计要求。

4 福州江滨地区桩基施工成孔工艺适用性分析

综上所述,在福州江滨地区的超高层建筑灌注桩基施工中,以上3种工艺在实践中均得到了适用性检验。对3种工艺实际运用情况进行综合对比见表1、表2。

表1 不同成孔工艺的优缺点

成孔工艺	特 点	优 点	缺 点
无卡式冲击+正循环	通过冲击锤头反复作用成孔,土层适应性强。但对本地区中砂、松散卵石层进尺较差	垂直偏差小,适用地层范围广,能确保成孔后的桩身质量稳定	泥浆作业,如处理不当可能造成环境污染;采用正循环除渣,桩端沉渣清除不彻底
旋挖+气举反循环	成孔速度快,适合上部第四系全新统冲洪积层施工	成孔能力强,适用范围广	半湿作业;对本区域的松散卵石地层较难适用;成桩后桩身质量不稳定
回转+泵吸反循环	回转钻进成孔,钻进过程中辅以泵吸反循环除渣	成孔能力稳定,能确保成孔后的桩身质量稳定;采用泵吸反循环工艺清渣较为彻底	泥浆作业,如处理不当可能造成环境污染

表2 不同成孔工艺的适用性评价

成孔工艺	成孔可靠性	安全风险	设备资源	施工工效	成桩质量	单位承载力	泥浆污染	施工成本
无卡式冲击+正循环	中	中	中	低	中	中	高	高
旋挖+气举反循环	低	中	低	高	低	中	中	中
回转+泵吸反循环	高	中	中	中	高	高	中	中

经过综合评测对比之后可发现,鉴于福州市江滨地区特殊地质情况和桩基设计质量保证的要求,在该地区超高层建筑灌注桩基的施工工艺选择上,回转+泵吸反循环泥浆护壁成孔工艺与其它成孔工艺相比,从质量和工效上看应为较为稳定可靠的工艺。

5 结语

对于福州市江滨地区的特殊水文、地质情况,其桩基施工工艺选型应做到因地制宜、合理选择,并针对各工艺使用过程中容易产生的质量缺陷问题及时进行相关技术总结,对工艺采取适当的调整改进措施,以确保超高层建筑桩基础工程的施工质量。

参考文献:

- [1] 林礼进. 地下水对钻孔灌注桩施工的影响及优质泥浆护壁实例分析[J]. 西部探矿工程, 2014, 26(1): 29-32.
- [2] 张淑娟, 李洪厂. 中钢天津响螺湾工程后压浆钻孔灌注桩施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(3): 68-72.
- [3] 李世京, 陈宏儒. 澳门美高梅金殿工程大口径钻孔扩底灌注桩施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(12): 5-8.
- [4] 徐辉, 刘洪刚, 焦景毅, 等. 超长直径灌注桩在超高层建筑中的应用[J]. 施工技术, 2015, 44(8): 109-113.
- [5] 刘驰辉. 论冲孔灌注桩施工技术在高层建筑施工中的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2014, (19).
- [6] 周庆, 郑吉成, 李君, 等. 钻孔灌注桩施工常见故障和处理对策[J]. 施工技术, 2012, 41(1): 28-31.
- [7] 陈飞. 高强度花岗岩中大直径钻孔灌注桩施工技术[J]. 施工技术, 2014, 43(1): 26-28.
- [8] 舒翔, 刘利民. 施工因素对钻孔灌注桩承载力的影响[J]. 施工技术, 2003, 32(1): 25-27.
- [9] 董轶. 复杂地质条件下超高层建筑桩基施工[J]. 建筑施工, 2015, (7): 787-788.
- [10] 马相娟, 陈治法. 影响钻孔灌注桩承载力的施工工艺因素分析[J]. 地质装备, 2008, 9(3): 27-29.
- [11] 顾建平, 王志勇. 上海中心大厦项目主楼桩基的选型与评估——大超长后注浆钻孔灌注桩基础在超高层建筑的应用[J]. 建筑施工, 2009, 31(7): 530-532.
- [12] 刘家宽. 东部沿海地区高层建筑钻孔灌注桩施工质量控制技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2013, (9).