

福州市复杂地层桩基反循环冲击钻进施工技术

刘洪春 (江西省地质工程总公司 基础工程公司 南昌 330029)

福州市元洪大厦写字楼紧邻市中心五一广场花园,业主为外资冠顺房地产开发有限公司,由同济大学设计,福建省第一建筑工程公司总承包,江西省地质工程总公司承担全部桩基工程的施工任务。

写字楼主楼高 110 m (30层),裙楼高 16.8 m (4层)。其中主楼桩基由 109根 $\varnothing$ 1.2 1.4 m,深 60.30 m 左右的嵌岩灌注桩组成,裙楼由 170根 $\varnothing$ 0.8 m 深 35 m 左右的摩擦灌注桩组成。主楼桩单桩允许承载力 8500 kN

福州地区古地质地貌属于山间盆地型构造,沟壑纵多。古河道(床)发育,加上火山岩基底,形成了独特地质特点,反映在桩基施工的地层复杂性。如本工程所处的位置,即为一闽江古河道支流,走向近东西偏南,宽度不详。地表 48 m 以下有两层厚度分布不均、粒度及块度较大的卵砾石、转石松散冲积层,第Ⅰ层厚 2.5~3.5 m,第Ⅱ层厚 2~5 m。58 m 左右为产状倾斜起伏不平、坚硬中风化花岗岩(可钻性达 9~10级,单轴抗压强度 86.8~90.5 MPa)。因此, $\varnothing$ 1.2 1.4 m 桩成孔是决定本工程是否顺利的关键。

在其它两支施工队伍试桩进展缓慢的情况下,建设和总包方邀请我们试桩,我们采用泵吸反循环回转钻进成孔工艺,在规定时间内顺利完成了试桩任务,从而打入竞争十分激烈的福州建设市场。

由于原提供的《地质勘察报告》与实际情况出入较大,在全面展开施工初期施工的

几个桩孔不顺利,效率低,事故较多,成孔质量不够满意。虽经调整成孔方案,仍不理想,但初期的施工对地质条件的复杂性得到了新的认识,并取得了宝贵的第一手补充资料。

经过认真研究,在总结经验教训的基础上,决定再次改变成孔方案,即采用泵吸反循环回转+冲击+冲抓的综合成孔工艺方法,一举攻克了古河床上卵砾石、转石冲积层、倾斜坚硬花岗岩成孔速度、成孔质量难关。平均成孔速度为 3.3天/孔,最长 6.5天/孔,最短 2.4天/孔,事故率由原 20.4%降低到 6.98%。整个工程施工质量、效益、速度得到根本改变。

共完成 $\varnothing$ 1.2 1.4 m 桩 107根,桩深 55.50~69.55 m,总进尺 6450.38 m,砼灌注量 6873.18 m³,充盈系数 1.18; $\varnothing$ 0.8 m 桩 170根,桩深 33.01~39.48 m,总进尺 5857.66 m,砼灌注量 3006.06 m³,充盈系数 1.14。取得了较好的经济效益和技术效果。本工程是同济大学声学研究所福州进行的第一个超声波检测工程,声测 30根,合格率 100%。

下面仅就主楼桩综合成孔工艺方法及相关的技术措施分述如下。

1 桩基设计及技术质量要求 工程地质特点

1.1 桩基设计及技术质量要求

(1)桩位为不规则同心圆形布置,不利于钻机沿轨道移位,施工连续性差。

(2)桩深大、嵌岩深度大,其沉渣(< 10 cm)孔斜($< 1\%$)是两大质量难关

(3)每孔必须钻取 $3D$ (D 为孔径)长的岩心,供工程地质专家现场鉴定中风化层位以定孔深,并且反循环回转钻进、冲击钻进还必须取渣样综合对比。

(4)桩孔必须采用特制 $\varnothing 1.2\text{ m}\times 6.2\text{ m}$ 刚性好的测孔器通孔检测孔径与孔斜,不畅与不到底必须重新修孔。

(5)每根桩必须 3 次清孔(即回转、冲击、下笼后三次专门清孔)

(6)钢筋笼吊装入孔 4 h 即必须灌注,笼长 45~ 50 m 并下到基岩面,其顶部距地面 13 m

(7)选用超声波测桩技术,检测近 $1/3$ 的桩

(8)由建设、总包、设计和市质监站四家组成现场监理工程师 24 h 值班,实施全过程监控,并对每道工序实行“自检、抽检、专检”的三检制。

1.2 工程地质条件

据《工程地质勘察报告》和我们实际施工记录综合表明,场地地层从层位分布、土层结构、主要特征及对成孔工艺方法选择适应性等看,应属于复杂地层类型,详见图 2

由于地层复杂原因给施工造成以下困难(各地层深度均以 12 号桩为例):

(1)表层杂填土回转钻进中,蹩车、超径、反复装冲抓锥处理。

(2)钻进至第 I 层卵砾石粗中砂层($-49.56\sim -52.10\text{ m}$)必堵,严重时起管处理。

(3)第 II 层卵砾石与转石层搅混一起($-57.54\sim -62.50\text{ m}$),厚度 2~ 5 m,为桩孔施工最大障碍层,给施工带来严重危害。如:堵管、卡钻、断钻、打坏或打散钻头,钻机上下跳动,响声异常,严重时电气自动掉闸,事故频出,效率低或无法钻进。

(4)倾斜、坚硬花岗岩层(-64.06 m 以

下)的钻进效率低,深孔入岩的孔斜质量特别突出,钢筋笼不到底即需扫孔修孔,岩面高差不平势必孔孔取心,而取心质量的好坏直接关系到大口径成孔速度与质量

2 试桩及初期阶段成孔方法适应性摸索

2.1 泵吸反循环回转+ 基岩中心掏小孔+ 全面回转钻进成孔方法

19 号试桩孔采取此法。由于该孔未遇第 II 层卵砾石及转石层,采用泵吸反循环回转钻进一直到基岩面,用特制的 $\varnothing 350\text{ mm}/\varnothing 290\text{ mm}$ 密集式大八角柱状硬质合金筒状钻头钻进花岗岩,一是取心供鉴定,二是形成一个 $\varnothing 350\text{ mm}$ 深 1 m 左右先导小孔。最后换特别改制的车刀硬质合金靠贴、切线掏槽式回转钻头全面钻进。

2.2 泵吸反循环回转+ 冲抓+ 分级扩孔回转钻进成孔方法

试桩后初期的 16 11 2 7 31 21 号几个孔采用。由于都不同程度遇到第 II 层卵砾石和转石层、倾斜花岗岩面,试桩阶段的方法不适应。

在泵吸反循环钻过第 I 层卵砾石后,到第 II 层开始蹩车严重,因此改用冲抓锥抓取和反循环回转交替施工,但效果不佳。

这阶段采取的主要应急措施: (1)对钻头的选料、结构、强度性能等又一次作了大的改进,如:针对卵砾石、转石层,主要采用冲抓处理,配以分级回转钻进,改制成柱状硬质合金与车刀硬质合金组合式刮刀钻头,钻头骨架选用厚钢板($16\sim 18\text{ mm}$)进行轴向、径向支撑加固,选用 $\varnothing 30\sim 40\text{ mm}$ 圆轴钢做加强支撑等。针对倾斜坚硬花岗岩难关,特制一种“三阶八翼”牙嵌型正反能用的全断面封闭式柱状硬质合金刮刀钻头和带 $\varnothing 250\text{ mm}$ 前导向小钻头的 $\varnothing 1.2\text{ m}$ 刮刀钻头。(2)配制单、双腰带扶正器及处理各种事故的抓、捞、勾、卡、套多种工具。

附近已建成的 3 个工程全部反映到深

部是一古河床,桩基础也因此而没有座落到基岩中。然而,元洪大厦是必须施工嵌岩桩,不允许变更设计,因此我们再次改进、优化工艺

3 泵吸反循环回转+冲击、冲抓综合成孔工艺方法的具体应用

原则是:扬长避短,相互弥补。即充分发挥泵吸反循环上部地层(指第Ⅱ层卵砾石以上)速度快、清孔彻底等优势,适当配冲抓锥作技术处理;以冲击法一次突破下部2~5 m厚的第Ⅱ层卵砾石与转石混合层和花岗岩层,解决成孔效率、入岩深度和孔斜质量等问题;并以泵吸反循环完成3次专门清孔,解决深孔、冲击成孔钻渣及孔底沉渣难清的问题。为此综合考虑多工艺间接口协调、桩孔施工顺序、设备利用率、工期与质量要求等,对整个成孔成桩工艺流程作了合理调整,既确保了质量,且速度与效益成倍递增。

3.1 设备、机具调整

GPS-15型钻机3台, GPS-10型钻机1台, YKC-31型冲击钻机3台, XY-2型钻机1台, 20 t轮胎吊机2台, 清孔灌浆平台3台, 十字底刃型、十字犬牙型及十字柱牙型冲击钻头7个, $\varnothing 0.6 \sim 0.8$ m活瓣式捞渣筒6个, $\varnothing 0.65 \sim 0.95$ m冲抓锥3个,

G15F100型砂石泵组4台, 6BS砂石泵和3PN泵各1台, 各种反循环回转钻头若干。

3.2 主楼桩施工工艺流程

工艺流程为: 定桩位→埋设护筒→GPS-15型钻机就位→上部地层钻进→清孔→XY-2型钻机就位→钻进取心→YKC-31型钻机就位→下部地层冲击钻进→清孔→下钢筋笼声测管→清孔→水下灌注砼→起拔护筒

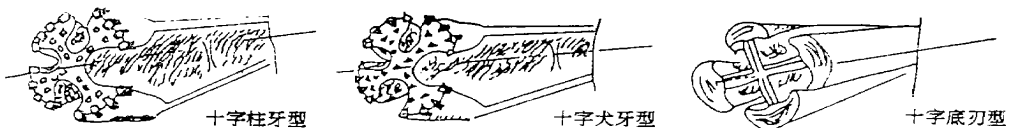
3次(级)清孔全由反循环完成。第一次随钻随清,为金刚石钻进取心创造条件;第二次一般清5~8 h,为下测孔器一次到底创造条件;第三次一般清1~2 h即可,为最后控制沉渣量作保证

采取金刚石钻进取心,确保采取率及心样质量,从而确保鉴定质量和桩孔必须达到的设计嵌岩深度。为确保发挥金刚石钻进技术特点,下入带有扶正器及偏斜器组合式全孔 $\varnothing 168$ mm钻杆作导管。

冲击钻进每10 cm取渣样一次,进一步与钻取的筒状样对比,再次保证中风化岩面判定准确性,确保全断面($\varnothing 1.2$ m或 $\varnothing 1.4$ m)嵌岩深度。发现花岗岩中软弱夹层,继续冲钻至完整岩层为止。

3.3 冲击钻头选择与使用

共使用过三种类型(如附图所示)。



三种冲击钻头

(1)十字底刃型: 由铸钢整体浇铸,冲击刃即为底部十字型,底部弧形及十字刃接触孔底面积大,比压小,钻头体过水断面较小,钻渣不易翻动,易形成垫层,冲击侧压力波动较大,对孔壁稳定有影响。对于浅孔的卵

砾石、块石、漂石处理还是可以的,但对于基岩则不太适应。

(2)十字犬牙型: 13 Mn整体浇铸,冲击刃为犬牙形,钻头体与犬牙一次成型。承压面改线接触为点接触,比压较大,钻进效率

较高,并改善了过水断面,冲钻时侧压力波动对孔壁影响小。由于其它原因,只试用了2个孔,第II层卵砾石和花岗岩总进尺 5.64 m(其中岩层 1.09 m),综合时效 0.11~0.14 m/h,岩层为 0.045~0.06 m/h。初步表明,对于卵砾石层、转石层、坚硬基岩层适应性较好。

(3)十字柱牙型:铸钢整体浇铸本体,冲击刃为重型钢轨(或相应性能厚钢板)切削嵌焊而成,规格 $\varnothing 0.8 \times 1.2$ m两种,视分级钻进和特殊技术处理选用。承压面基本为点(或 $50 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$ 柱面)接触,比压大,钻进效率高,过水断面合理,钻渣容易翻动,侧压力波动对孔壁影响很小。该型钻头成功冲钻 99个孔,无一垮孔。第II层卵砾石+转石层+花岗岩进尺 190.65 m(其中岩层 85.74 m),综合时效 0.08~0.10 m/h,岩层为 0.035~0.05 m/h。实践证明,对于卵砾石层、卵砾石夹砂层、转石层、坚硬花岗岩层有很好的适应性。

冲击钻头转向装置选择转向环,并且独特地在转向环下部装配列车用高强度、高弹性减震弹簧,二者配合,保证钻头有良好的转向性和缓冲性能,保证深孔作业的安全和基岩成孔质量。

3.4 钻进参数选择

开冲时,冲程 < 1 m,并勤冲;卵砾石、转石层冲程 2~2.5 m,频率 6~10次/min;花岗岩冲程 2~3 m,频率 8~12次/min。每进尺 0.5~1.0 m捞渣一次。

3.5 冲钻斜面花岗岩孔斜问题

由于上部一般有第II层卵砾石夹砂存在,故不需另加入片石或碎石等,不必担心孔斜。

3.6 护壁问题

第I层卵砾石以下几乎全属松散不稳定层,钻渣悬浮显得十分重要。一般每孔开冲前加入 3~5推车粘土或 2~5推车粘土和 2~4包水泥,加稠泥浆,达到悬浮钻渣、

短时人工造壁、防止渗漏、缓解压力波动和稳定孔壁之目的。

3.7 冲击取渣样问题

在钻头上设置“U”型缠丝胶管,随钻取样。

3.8 冲钻终孔后清渣

冲钻至监理工程师认可的深度,用 3PN 和 6BS型砂石泵进行反循环专门抽渣、换浆清孔,解决了近 60 m深孔大口径冲钻无法清除钻渣的弊端。利用泵吸反循环优势,直接用灌注导管加特制接头,以全断面移动、上下活动 1~2 m清孔方式,保证了嵌岩桩底沉渣达到平均 19.3 mm(规范为 ≤ 100 mm)。

4 福州地区几种大口径钻孔桩成孔工艺初步比较

福州地区大口径桩基成孔工艺有正循环、冲击、泵吸反循环、反循环+冲击等几种,从施工的几个典型工程看:单纯的正循环或冲击成孔方法弊端较多,如沉渣多、泥皮厚,单一方法通过整套地层尤其是复杂地层困难,桩径与桩深均受限制,一些工程经声测、动测和取心多种方法检测,发现沉渣超标、嵌岩不到位与孔壁泥皮厚等质量问题,造成大量补桩,经济损失和潜在质量危害较大。而反循环或反循环+冲击综合方法施工的工程,如国贸广场、元洪门诊、元洪大厦,则沉渣少,泥皮薄,嵌岩足够,均达到优良工程等级。

5 施工实践体会

元洪大厦桩基工程的圆满结束,是经过艰难摸索、对比、总结、实践,才得以泵吸反循环回转+冲击、冲抓综合成孔技术,解决了工程的质量、速度、效益的问题。同时将金刚石岩心钻探技术引进深桩孔取心,运用了岩石破碎力学、防斜控制技术手段等,体

(下转第 8页)

变截面桩具有优越的承载性能是桩基行业所共识的,但是却一直未能广泛推广,其原因就在于成孔问题没有解决。钻孔变截面灌注桩施工技术实际上是一种新的工法,它会给桩基施工带来可观的经济及社会效益。

随着钻孔变截面灌注桩施工技术的推广应用,应对变截面桩的荷载传递特性和沉降特征深入研究,以指导实践,完成认识上的两个飞跃。

Research on and Use of the Bored Piles with Variable Cross-sections

Guo Yunzhuang

(Guangxi Hydro-and-engineering-geological Investigation Company Liuzhou 545005)

Abstract The fundamental approach to increasing the bearing capacity of bored piles in the soft ground foundation is to construct the piles with variable cross-section. Drawing on the experience in convex-concave piling, it is proposed that the bored piles with variable cross-sections be popularised in the soft ground foundation.

Key words bored piles with variable cross-sections, combinatory boring device, drilling method

(上接第 33页)

现了探矿工程技术的特长和优势,为复杂地质条件下运用综合工艺技术及相应技术措施进行大口径钻孔灌注桩施工,摸索出了一条成功经验。

(1)由于福州地区为山间盆地型及花岗岩基底构造,伴有古河床,粒度大小不一多层卵砾石冲积层分布,有些地方含有花岗岩转石松散层,造成地层条件复杂,桩型设计和施工工艺宜合理选择。

如是嵌岩桩,宜选择泵吸反循环或与冲击、冲抓多种组合方式。尤其是位于有埋深较大冲积层古河床上的工程,靠单一方法难以奏效。

如是摩擦桩,宜以泵吸反循环为主。

(2)推广使用集泵吸反循环回转与钢绳冲击钻进为一体的多功能钻机,必将促进类似福州、厦门地区具有深厚卵砾石层,甚至

4 参考文献

- [1] 周利坤,齐培松.为建广厦万千幢.中国地质矿产报,1996,9,5.
- [2] 楼晓明,陈强华,洪毓康.施工因素对钻孔灌注桩荷载传递特性的影响.工程勘察,1996,(3).
- [3] 秦宗付.凹凸型钻孔灌注桩施工技术.探矿工程,1996,(6).
- [4] 《桩基工程手册》编写委员会.桩基工程手册.中国建筑工业出版社,1995.
- [5] 曾应斌译.多级扩底灌注桩的应用.建筑技术,1986,(4).
- [6] 徐正平.利用凹凸形灌注桩提高软弱厚砂层地基承载力.探矿工程,1997,(6).

漂石层、坚硬花岗岩层的桩基施工。

(3)以反循环钻进为主,并有条件地选择与潜孔锤相结合的方法,提高松散花岗岩转石层、漂卵石层、花岗岩基岩的钻进效率,也不失为一种好的工艺方法。

(4)用冲抓锥与GPS-15型等回转型钻机配合作>40m的深孔冲抓技术处理,仅为权宜之法。即使勉强使用,也需要严格的技术措施与操作规程。绳帽卡应改为穿销绳卡式,不用锥形三面夹头。最好用专门冲抓机,利于减少回转钻机的损坏,提高工效和机动性。

(5)十字犬牙型、十字柱牙型冲击钻头对卵砾石层、转石层均有较好适应性。但前者成本高、不易修复。十字底刃型宜于浅孔卵砾石或基岩层。在上述地层施工中,冲击钻头必须有侧刃及合适的过水断面,最好采用减震弹簧。