

软土地区提高旋挖钻机成孔质量的措施

王文明

(上海广联建设发展有限公司,上海 200438)

摘要:针对某高架桥工程采用旋挖钻机在软土层钻进中发生的孔口坍塌、缩径、钻头打滑、孔底沉渣厚度大等情况,进行了原因分析,并采取了加长护筒、改进钻头结构、优化钻进工艺、气举反循环清孔、泥浆净化等针对性措施,取得了良好的效果,确保了工程质量,提高了施工效率,施工经验可供类似工程参考。

关键词:旋挖钻机;钻孔灌注桩;软土;钻头结构;气举反循环;泥浆净化

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)09-0068-04

Measures of Hole Quality Improvement of Rotating Drilling Rig in Soft Soil Area/WANG Wen-ming (Shanghai Guanglian Construction Development Co., Ltd., Shanghai 200438, China)

Abstract: According to the collapse, borehole diameter shrinkage, slip of drill bit, large thickness of sediment in the bottom appeared in a viaduct project in soft soil layer with rotating drilling rig, the accident causes were analyzed; and casing lengthening, bit structure improving, drilling process optimizing, borehole cleaning by air-lift reverse circulation and slurry purifying methods, etc. were adopted with good effects. The construction experiences could be reference to the similar projects.

Key words: rotary drilling rig; bored pile; soft soil; structure of drill bit; air-lift reverse circulation; purification of slurry

旋挖钻机因自动化程度高、操作灵活方便、施工速度快、成孔效率高、环境污染小、成孔质量高及适用性强等诸多优势,近年来逐步替代了大量传统的冲击钻机、回转钻机,已成为工程界钻孔灌注桩施工的主要成孔设备。

但在软土地区利用旋挖钻机进行钻孔施工时,如果不采取针对性的技术措施,不仅难以发挥旋挖钻机施工效率高的特点,而且还易发生多种质量问题,影响成桩质量。下面结合工程实例分析和探讨旋挖钻机在软土地区提高成孔质量的措施,以供类似工程参考。

1 工程概况

某高架桥位于江苏省昆山市,基础设计为钻孔灌注桩,桩径 1.2 m,孔深 55~69 m。桩墩间距为 28~80 m,每墩(台)布置 6~10 根桩,共计 969 根桩。

1.1 工程地质条件

根据勘察报告,本工程场区内主要地层情况如表 1 所示。

1.2 水文地质条件

勘察表明,场地稳定地下水位埋深为地面以下 1.80~4.50 m。

2 施工前期发生的质量问题

工程桩选用 SD-25 型旋挖钻机进行钻孔施工,旋挖钻机的主要性能参数见表 2。鉴于钻孔施工时所遇地层主要为粉质粘土,地层造浆性能较好,因此钻孔时主要利用原地层造浆,通过添加膨润土改善泥浆性能参数,利用 3PNL 型泥浆泵往孔内补充泥浆,静态泥浆护壁。

工程前期,完成的 78 根钻孔灌注桩中,共有 46 根桩相继出现了孔口坍塌、缩径、沉渣厚度超标等质量问题。经过成桩后对桩身质量进行超声波检测,其中有 13 根为 II 类桩。

另外,在④粉质粘土层钻进时,出现钻头打滑、糊钻、进尺困难等不良工况,不仅钻进效率低,而且钻具磨损严重。

由于以上问题的频繁发生,导致钻进效率低下,3 台旋挖钻机在 35 天内共完成 78 根桩的施工,单机成孔时间平均为 32 h,旋挖钻机施工进度快的优势没有得到充分发挥。

3 原因分析

3.1 孔口坍塌

本工程前期施工过程共有 8 个钻孔发生孔口坍塌,钻孔超声波检测发现,坍塌位于护筒底口以下,

收稿日期:2013-04-23

作者简介:王文明(1977-),男(汉族),湖北通城人,上海广联建设发展有限公司基础公司总经理、工程师,岩土工程专业,从事岩土工程工作,上海市杨浦区国伟路 135 号 10 号楼 222 室,glwmm1102@163.com。

表1 场区内主要地层分布

层号	地层名称	分布深度/m	层厚/m	地 层 简 述
① ₁	粉质粘土	0~12	6.29	灰、褐灰色,可塑状态,局部软塑状态,干强度中等,韧性一般,高压缩性
① ₂	淤泥质粘土	5.7~10.1	5.29	灰色,软塑~流塑状态,具薄层状态结构,层面夹粉土,干强度中等,韧性一般,高孔隙比,高压缩性
② ₁	粉质粘土	8.4~17.3	4.83	灰黄、青灰色,可塑状态,干强度中等,韧性一般,中等压缩性,局部夹铁锰质氧化物及粉土薄层
② ₂	粉土、粉砂	11.1~21.3	3.86	黄、灰黄色,湿~很湿(饱和),稍密状态,干强度低,韧性低,粉砂分选性一般,主要矿物成分为石英、长石
③ ₁	粉质粘土	14.0~36.0	14.52	灰黄、黄色,可塑状态为主,局部硬塑状态,中等~中等低压缩性,含铁锰结核,局部夹少量砂姜,土质较好,切面较光滑,全线连续稳定分布
③ ₂	粉质粘土	23.8~42.5	5.79	褐灰、灰色,软塑~软可塑状态,干强度中等,韧性一般,中等压缩性,上部夹粉土,局部与粉土互层,粘性重,土性欠均匀
③ ₃	粉土或粉砂	29.2~45.6	6.92	灰色,饱和,中密~密实状态,分选性一般,主要矿物成分为石英、长石,粉土干强度低,韧性低,摇震反应中等,夹粉质粘土
④ ₁	粉质粘土	41.4~51.4	3.93	灰、灰黄、青灰色,可塑状态,干强度中等,韧性一般,中等压缩性,局部夹有少量粉土薄层或砂姜,该层土分布欠连续,局部分布
④ ₂	粉质粘土层	45.4~55.4	5.43	俗称硬土层,可塑~硬塑,中等压缩性,含氧化铁斑点,局部分层底附近夹少量粘性土,摇震反应无,土面稍有光泽,干强度中等,韧性中等
⑤ ₁	砂质粉土	50.4~60.7	4.43	中等压缩性,含云母,局部夹薄层粘性土、粉砂及粘质粉土,土质不均匀,呈中密~密实状态
⑤ ₂	灰色砂层	未钻穿		中等压缩性,由石英、长石、云母等颗粒组成,以细砂、中砂为主夹少量砂质粉土,呈密实状态

表2 SD-25型旋挖钻机的主要性能参数

钻塔有效高度/m	23.0	最大钻孔深度/m	77
加减压油缸行程/mm	5700	动力头型号	KDK250
油缸加压力/kN	250	动力头回转扭矩/(kN·m)	250
油缸起拔力/kN	250	动力头回转速度/(r·min ⁻¹)	8~30
主卷扬单绳拉力/kN	220	柴油机功率/kW	221
副卷扬单绳拉力/kN	75	底盘长度/mm	5535
带导管钻孔直径/mm	1600	底盘宽度/mm	4300
不带导管钻孔直径/mm	2000	主机质量(不含钻具)/t	67

深为2~4 m的部位。分析坍塌原因,主要有以下几点。

(1)地表土体易于失稳。表层土体为高压缩性、软塑~可塑状粉质粘土,在较大的荷载作用下易剪切破坏,导致孔壁失稳。

(2)护筒埋设深度不足。本工程孔口护筒采用壁厚8 mm的钢板制作,直径为1400 mm,埋设深度为2.0 m,护筒底部仍处于失稳破坏区,在上部荷载作用下易于坍塌。

(3)旋挖钻机对表土层的挤压作用。在施工前期,在旋挖钻机底部铺垫了厚30 mm的钢板,以防止钻机的不均匀沉降,减小钻机作业过程中对土体的挤压作用。但由于旋挖钻机自重较大(约800 kN),在行走及钻进过程中仍对孔壁产生了较强的挤压作用,导致护筒底部土体失稳坍塌。

3.2 缩径

成孔后利用超声波钻孔检测仪对钻孔直径、垂直度和沉渣厚度等进行检测,发现部分钻孔在①₂淤泥质粘土层发生了缩径,虽采取了提高泥浆粘度(漏斗粘度为22 s)和密度(1.12~1.22 g/cm³)的措施,但均未解决缩径现象,前期施工的78个钻孔中

有51个钻孔缩径,最小孔径仅为1035 mm。最后将钻头直径加大至1350 mm,才保证了①₂层钻孔直径达到设计要求。但混凝土的平均充盈系数达到1.31,导致混凝土的大量浪费,增加了成本。分析缩径原因,主要为以下几点。

(1)钻杆提升过程中孔内补浆不及时,导致泥浆液面下降。随着钻孔深度的增加,孔内钻具所占的体积随之增大,在提升钻杆过程中,如果补浆不及时,待钻头提出孔外时,孔内泥浆液面将出现大幅下降,严重时下降至地面下3 m。

(2)钻杆提升速度过快,在钻头底部产生负压,在钻头反复的抽吸作用下流塑~软塑状地层缩径。旋挖钻机使用的筒状钻头外壁直径为1140 mm,与孔壁之间的径向间隙仅为30 mm。另外在钻进过程钻斗外壁上会粘附部分粘性土,使得该间隙过流面积减小。钻头在提升过程中,上、下腔之间泥浆的流动受阻,钻头下腔将形成真空负压,产生严重的抽吸效应,导致松软地层缩径。

3.3 孔底沉渣过厚

本工程钻孔桩桩端为⑤₂层,该层以细砂和中砂为主,夹少量砂质粉土。钻进过程中经常出现孔底砂土捞不干净、沉渣厚度难以满足要求的情况,不仅影响桩基承载力,而且易形成桩身夹层等混凝土缺陷。分析其原因,主要有以下方面。

(1)砂层厚度较大,钻进过程泥浆中含砂率不断增加。本工程钻孔施工过程所遇砂层厚度>10 m,随着钻孔深度的增加,砂粒在钻头的扰动下不断浸入泥浆,导致泥浆中的含砂率不断提高。

(2) 钻孔施工过程中采用静态泥浆护壁, 泥浆不循环, 钻进时泥浆中悬浮的砂粒和粉土粒难以沉淀, 终孔停钻后形成孔底沉渣。

(3) 正循环清孔时仅使孔底沉渣悬浮在泥浆中, 无法使其从泥浆中分离, 一旦停止泥浆循环, 砂粒就迅速沉淀。虽然在灌注前利用导管和泥浆泵进行了正循环清孔, 且清孔时间长达4~5 h, 但由于泥浆中砂粒沉淀缓慢, 无法彻底解决泥浆含砂率高的问题。停止清孔后砂粒重新沉淀, 导致孔底沉渣过厚, 且对桩身质量形成隐患。

3.4 钻头打滑

在④₂粉质粘土层钻进时经常出现钻头打滑、糊钻、不进尺现象。个别钻孔钻进该层5.4 m需耗时3 h, 钻进效率低下, 且刀齿磨损严重。钻头打滑的原因主要有以下方面。

(1) ④₂为可塑~硬塑状粉质粘土层, 具有较高的韧性和塑性, 钻进时不仅钻齿难以切入, 而且易于糊钻。

(2) 钻头的刀齿布置不合理, 刀齿切削角为45°, 齿体与地层接触面积较大, 难以切入地层。

(3) 旋挖钻机配备的摩擦式钻杆, 动力头加压受到一定的限制。

4 采取的针对性措施

针对前期钻孔施工过程中出现的问题, 经过认真分析原因, 总结经验, 在随后的施工中, 采取了以下预防和控制措施。

4.1 加长护筒

从超声波钻孔检测资料可知, 孔口坍塌位于孔深4 m以浅。因此, 在后期施工时, 将钢护筒长度由2.0 m增加至5.0 m, 以避免旋挖钻机挤压表土导致钻孔坍塌。同时, 护筒加长后可以隔离地表水的渗漏, 保持孔内水头高度。

4.2 优化钻进工艺

针对①₂淤泥质粘土层缩径情况, 在后续施工中主要采取了以下措施。

(1) 确保钻具提升过程中孔内泥浆面的稳定。根据计算, 当钻孔深度达到69 m时, 钻具在孔内所占的体积为3.2~3.4 m³ (钻头内渣土所占容积不同引起的体积偏差), 为了避免提钻过程中泥浆补充不及时导致孔内液面下降, 每个钻孔开孔前, 在孔口安放围浆圈以存放泥浆。围浆圈利用厚6 mm的钢板制作, 其尺寸为3.0 m×2.0 m×0.5 m(长×宽×高)。在下放钻头过程中孔内排出的泥浆储存于

围浆圈内, 待钻具提升时补充至孔内, 钻头提出孔口时, 能够保证泥浆面不低于地面0.5 m, 确保了孔内泥浆水头高出地下水位1.3 m以上。

(2) 严格控制钻头在①₂淤泥质粘土层的提升速度。对应孔位处的地质报告, 每孔钻进前对操作手进行交底, 明确①₂层的深度和厚度。钻进过程中, 钻具在该层位置处提升时将提升速度控制在15 m/min内, 避免在钻头底腔形成负压。

(3) 控制①₂淤泥质粘土层的钻进速度, 钻进该层时缓慢下放钻头, 并慢速回转, 控制每斗的进尺>0.8 m, 该层中总的钻进时间<0.5 h。

4.3 改进钻头结构

为改善旋挖钻机钻进④₂粉质粘土层时钻头打滑、糊钻、不进尺等不良工况, 优化了旋挖钻头刀齿的布置形式, 根据刀齿在钻头底板的不同位置, 将刀齿齿角由原45°增加至45°~70°不等, 以减小钻头刀齿与地层的接触面积, 利于刀齿切入地层。同时适当减少刀齿的数量, 增大相邻刀齿间距, 尽量减少糊粘现象。钻头刀齿布置情况参见图1。

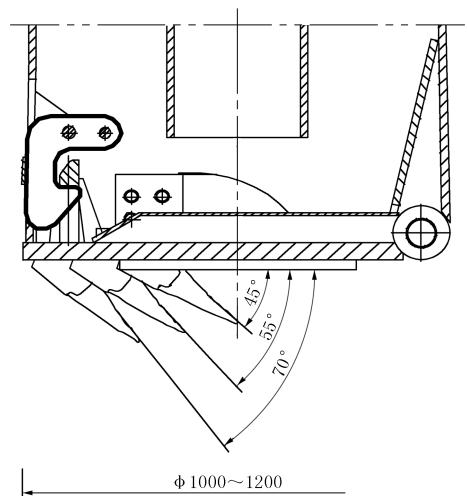


图1 钻头刀齿布置图

另外, 在④₂粉质粘土层钻进时, 注意操作。钻头放到孔底后, 采取突然加压钻进, 当仪表显示钻压提高时持续加压钻进。当钻进到位后, 将钻头反转关严, 防止斗内土体掉入孔底。

4.4 反循环清孔

针对孔底沉渣过厚的问题, 在灌注混凝土前利用导管气举反循环清孔, 通过泥浆净化装置进行泥砂分离, 以快速降低泥浆的含砂率, 从根本上解决孔底沉渣问题。

反循环清孔系统由导管、空气压缩机、风管、排渣管和泥浆净化装置组成。在钢筋笼安放完毕后,

利用汽车吊安放 $\text{O}250\text{ mm}$ 的导管,并将直径 50 mm 的 PVC 风管安装于导管内,在导管顶部分别连接排渣管和外风管,排渣管出口与泥浆净化装置的进浆口相连。清孔选用 0.9 m^3 、 0.8 MPa 的空气压缩机,清孔时的排浆量可达到 $120\text{ m}^3/\text{h}$ 以上,配备处理量为 $200\text{ m}^3/\text{h}$ 的 ZX-200 型泥浆净化装置进行泥砂分离。

清孔时,利用风管将压缩空气供入导管内一定深度(风管插入导管内的深度控制在 36 m),压缩空气与泥浆混合形成密度小于泥浆的气液混合物,在导管内外压差的作用下,泥浆在导管内快速上升,形成反循环携带泥砂排出孔外。反循环排出的泥浆通过泥浆净化装置的旋流和筛分,将砂粒及部分粉粒从泥浆中分离,从而降低泥浆的含砂率,实现泥浆的净化。

利用反循环清孔整个过程约需耗时 2.5 h ,不仅使清孔效率大幅提高,解决了孔底沉渣过厚的问题,同时净化后的泥浆可以重复使用,节约了成本。

5 效果比较

改进工艺前后的施工质量及工效情况对比详见表 3。

表 3 改进工艺前后的钻孔质量及工效情况对比

项目	完成桩数	塌孔率 /%	硬层平均钻进效率 / $(\text{m}\cdot\text{h}^{-1})$	一次成孔缩径桩数 比例 /%	一清平均耗时 /h	充盈系数	一类桩比例 /%
改进前	78	10.26	1.2	65.4	5	1.31	83.3
改进后	891	0	3.8	8.75	2.5	1.13	97.6

通过表 3 可以看出,由于采取了针对性控制措施,工程后期未出现过孔口坍塌情况,也未出现孔底沉渣过厚的问题,缩径与钻头打滑现象也得到了明显改善,在 151 天内完成了 891 根桩的施工任务,单机平均成孔时间约为 12 h ,桩基质量得到了明显改善,工效大幅提高,创造了良好的经济效益。

参考文献:

- [1] 杨文秀. 浅议旋挖钻施工钻孔桩的优势[J]. 山西建筑, 2007, (2): 128-129.
- [2] 宋刚. 旋挖工艺在复杂地层中应用的难点及解决措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, (12): 19-20.
- [3] 周红军. 旋挖钻进技术适用性的初步研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(8): 39-45.
- [4] 黄金灿, 余志文, 郭盛. 气举反循环工艺在钻孔桩二次清渣工序中的应用[J]. 探矿工程, 2003, (S1): 55-56.
- [5] 丁建中. 旋挖钻机钻头提升速度的探讨[J]. 施工技术, 2007, (3): 79-81.
- [6] 张宝. 旋挖钻机在粉砂、细砂层地质条件下钻孔施工与质量控制[J]. 城市建设理论研究, 2012, (8).

国务院办公厅发布《关于进一步加快煤层气(煤矿瓦斯)抽采利用的意见》

本刊讯 2013年9月14日国务院办公厅发布了《关于进一步加快煤层气(煤矿瓦斯)抽采利用的意见》(简称《意见》)。《意见》针对当前煤矿瓦斯防治和煤层气产业化发展的新形势,从加大财政资金支持力度、强化税费政策扶持、完善煤层气价格和发电上网政策、加强煤层气开发利用管理、推进科技创新和加强组织领导等6个方面加大了政策扶持力度,以期进一步推动煤层气产业的健康持续发展。

近十几年来,我国煤层气产业在国家一系列利好政策的扶持下,虽然取得了一定成绩,但存在的问题仍比较突出,特别是煤层气和煤炭矿权重叠、开采技术不达标、天然气价格低迷等原因导致煤层气开采动力不足。除山西外,国家政策层面明确推动的新疆、辽宁等煤层气资源主要蕴藏地区表现平平。同时,煤层气产量虽年年有增长,但利用率(利用量与抽采量比值)却并不高。

《意见》提出,将通过提高财政补贴标准、强化中央财政奖励资金引导扶持、加大中央财政建设投资支持力度、落实煤炭生产安全费用提取政策等四项措施加大对煤层气抽采利用的财政资金支持力度。

在税费扶持政策方面,《意见》提出,将完善相关增值税优惠政策、加大所得税优惠力度。

对于煤层气价格和发电上网政策,《意见》要求,各地要严格落实放开煤层气(煤矿瓦斯)出厂价格政策;煤矿企业利用煤层气(煤矿瓦斯)发电优先自发自用,富裕电量需要上网的,由电网企业全部收购;根据煤层气(煤矿瓦斯)发电造价及运营成本变化情况,按照相应原则,适时提高煤层气(煤矿瓦斯)发电上网标杆电价。

煤层气开发利用管理方面,《意见》指出,要建立煤层气、煤炭协调开发机制,统筹煤层气、煤炭资源勘查开采布局和时序,合理确定煤层气勘查开采区块。此外,增设一批煤层气矿业权,通过招投标等竞争方式,优先配置给有开发实力的煤层气和煤炭企业。

《意见》强调,新设煤层气或煤炭探矿权,必须符合矿产资源、煤层气开发利用等规划,并对煤层气、煤炭资源进行综合勘查、评价和储量评审备案;要研究提高煤层气最低勘查投入标准,限期提交资源储量报告;鼓励规模化开发利用;规范煤层气投资项目管理。

此外,《意见》还提出将在加快科技研发应用、加强创新平台建设方面推进相关科技创新工作。各部门要在协调指导、目标考核、督促落实方面加强组织领导。