

孔底注浆护壁在砂质含水层长螺旋钻孔灌注桩中的应用

李旭庆

(河南省地勘局地质二队,河南 焦作 454000)

摘 要:阐述长螺旋钻机在含水砂层施工中钻孔坍塌的原因和孔底注浆护壁的工艺原理,并通过工程实例,介绍孔底注浆护壁工艺在长螺旋钻孔灌注桩中的应用和效果,拓展了长螺旋钻孔灌注桩的适用条件范围。

关键词:孔底注浆;长螺旋钻机;砂质含水层;护壁;钻孔灌注桩

中图分类号:TU473 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)10-0061-03

Application of Wall Protection with Grouting Under-borehole in Long-spiral Bored Cast-in-situ Pile on Sandy Aquifer/Li Xu-qing (2nd Geology Team under Henan Geology and Resources Survey Bureau, Jiaozuo Henan 454000, China)

Abstract: The paper discussed the reasons of bored hole collapsing in sandy aquifer construction with long-spiral driller and the technological principle of wall protection with grouting under-borehole with an engineering case; and also introduced the application and effect of this technology in long-spiral bored cast-in-situ pile, the application limit for long-spiral bored hole pile was broadened.

Key words: grouting under-borehole; long-spiral; sandy aquifer; wall protection; bored cast-in-situ pile

长螺旋钻孔灌注桩施工工艺通常被列为干作业成桩范围内,成桩时要求在地下水位以上、无硬夹层或碎石层,规范中的这些条件限制了它的使用范围。而在工程施工中遇到桩端持力层为砂层或细小砂卵石层,但同时它们也是地表浅层含水层,如果采用泥浆护壁成孔,有时受场地条件和周围环境制约,将会降低施工效率,增加施工成本。笔者采用孔底注浆护壁技术在这种复杂地层中进行长螺旋钻孔灌注桩的施工,充分发挥长螺旋钻机的施工特点,提高了施工效率,降低工程整体施工成本。

1 长螺旋钻机在含水砂层施工孔壁坍塌原因分析

长螺旋钻机在这类含水砂层中成孔时,随着螺旋钻头提离孔底,桩孔底部孔壁极易坍塌,成孔深度和桩端深入持力层的有效深度无法满足设计要求。桩端孔壁坍塌的原因在于:当螺旋钻头提离孔底时,这类持力层中的地下水将会发生渗流,补给到孔底螺旋钻头提升而留下的空间,带动孔壁的沙粒流入该空间内,并且随着地下水位与孔底的高差值增大,渗流的速度加大,带动的砂粒粒径就越大,导致孔壁最后失稳而坍塌。

2 孔底注浆护壁的工艺原理

当螺旋钻头钻至设计孔深后,在提离孔底时,通

过改制的螺旋钻头向孔底同时注入水泥浆,保持水泥浆液面始终高出钻头底部螺旋叶片 0.2~0.3 m,直至螺旋钻头提离地下水位面,水泥浆液面高出水位面 0.5~1 m,而后停止注浆。在注浆过程中,由于水泥浆及时地填补了螺旋钻头向上提升而形成的下部空间,平衡了地下水对孔壁的渗透压力。当注浆结束后,由于浆液液面高于水位面,以及浆液密度大于水的密度,水泥浆对孔壁的压力大于地下水的渗透压力,水泥浆将向孔壁四周砂粒间隙扩散,粘附在孔壁上,并且水泥浆逐渐失水形成一层水泥泥皮。水泥浆在失水过程中,浆液液面逐渐下降直至与地下水重新保持平衡,同时水泥泥皮也保护了孔壁的稳定。

3 施工机具的改进

采用孔底注浆护壁需对长螺旋钻机进行必要的改造。我们使用的是郑州勘察机械厂生产的 ZKL800A 型长螺旋钻机,该钻机动力头的传动轴通过一根抽拉方形钻杆与螺旋钻杆连接,传动轴、方形钻杆以及螺旋钻头内部均为通孔。根据螺旋钻杆的分段长度,在其内部安装 DN25 的镀锌管,并在钻杆两端内部安装固定导正环。动力头传动轴顶部加装一固定导正支座,将岩心钻探所用的轻型水龙头与镀锌管连接,镀锌管的总长度略微大于螺旋钻杆和

收稿日期:2009-03-25

作者简介:李旭庆(1967-),男(汉族),河南济源人,河南省地勘局地质二队岩土工程公司副总工程师、工程师,探矿工程专业,从事岩心钻探、桩基工程、地基处理、供水工程、水利水电灌浆等的施工及技术管理工作,河南省焦作市解放东路,lixuqing671@sohu.com。

方钻杆的总长度。在螺旋钻头底部叶片下方芯杆上开一个喷浆圆孔,孔径略大于镀锌管外径,钻杆内的镀锌管与该孔通过焊接联通在一起。在该喷浆孔外部的钻杆上设置一个可在一定角度范围内自由起闭的弧形盖板。在钻进时,盖板盖住喷浆嘴,防止土粒堵塞喷浆嘴,钻进至设计孔深后,送入水泥浆,在水泥浆的压力作用下,盖板开启,同时盖板可以挡住水泥浆射流,避免直接喷射到孔壁,引起孔壁的坍塌。

4 工程实例

4.1 工程概况

某市人民医院新门诊大楼位于市区,建筑面积约 8000 m²,设计有效桩长为 15.5 m,桩径 600 mm,共计 508 根,受场地条件和施工环境限制,采用长螺旋钻孔灌注桩。混凝土设计标号为 C20,单桩极限承载力≥2100 kN。设计要求桩端深入场地下部第④层中粗砂层 1.5 m。

4.2 地层概况

场地地貌属黄河、蟒河中下游冲积平原,地层属第四纪全新世冲积物,自上而下依次为:①可塑性粉质粘土,平均厚度为 4.1 m;②中密粉土,平均厚度为 3.0 m;③可塑~硬塑粉质粘土,平均厚度 9.9 m;④中粗砂,为含水层,勘察报告显示该层未揭穿,最大揭露厚度 14.0 m。同时勘察报告指出地下静水位在 16.0 m 处。由于当年雨季雨水偏多,施工时,地下水位上升至 15.5 m 处。

4.3 孔底注浆护壁工艺运用

4.3.1 成孔试验

为保证该施工工艺能满足设计质量要求,在施工前,设计单位要求进行成孔试验。为此,我们在工程桩区以外砂层较浅的北部进行成孔试验,目的是选择最不利的地方检验孔底注浆护壁工艺的可行

性,并为施工提供经验和施工参数。

钻机型号为 ZKL800A,泥浆泵选用 BW150 型,输浆管为 DN25×1.0 MPa 钢编高压胶管,并在螺旋钻杆和螺旋钻头内部加装 DN25 输浆管,在螺旋钻头底层下方的钻杆上开一圆形喷浆孔,与钻杆内的镀锌管连通。为选择合适的泥浆护壁材料和配比,并观察护壁效果,共设计了 5 个钻孔。其中一个不加任何护壁措施,作为对照孔。注浆时,浆液液面高于静水位 0.5 m 即停止注浆。

具体成孔工艺如下:钻机就位并调整好钻杆的垂直度后,开始钻进至 15 m 深(水位面以上),提出螺旋钻杆,将钻杆螺旋叶片上的土清理干净,钻杆再次深入至孔底,将抽拉钻杆拔出并固定好,开始二次钻进。成孔分 2 次钻进的目的是为了确保在钻至最下部砂层时,能够减轻整个螺旋钻杆叶片上土的重力,减少钻机动力消耗,确保钻机能快速钻至设计孔深,提升时能快速从孔内提出整个螺旋钻杆和钻头。钻至设计孔深后,开始注浆,数十秒后(考虑输浆管的长度,浆液到达孔底需一定的时间),开始提升钻杆。钻杆的提升速度应与注入孔底的浆液液面上升速度相匹配,保持浆液液面始终高于钻头底部 0.3~0.4 m,严防钻杆提速过快,螺旋钻头底部与浆液液面分离。按照计算和观测钻杆提出孔口的长度,当浆液液面高于地下水水位 0.5 m 后停止注浆,钻杆匀速提升直至钻头完全脱离孔口,立即将孔口盖住,开始测量孔深,然后将钻机移位,清理干净螺旋叶片上的土。

注浆时,钻杆的提升速度可按下列公式计算:

$$v=4Q/(\pi D^2) \tag{1}$$

式中: v ——钻杆的提升速度,m/s; Q ——泥浆泵的输浆流量,m³/s; D ——钻孔的直径,m。

成孔试验结果见表 1。

表 1 成孔试验结果表

试验孔号	孔深/m	注浆材料	浆液性能	钻孔注浆后孔深观测/m					
				0 min	5 min	10 min	15 min	25 min	35 min
1	19.00	无		16.5	16.1	15.5	15.5	15.5	15.5
2	19.10	粉质粘土	密度 1.08 kg/L,粘度 16 s	18.2	17.6	17.1	16.6	16.4	16.4
3	19.00	钠土粉	密度 1.20 kg/L,粘度 25 s	18.7	18.2	17.6	17.2	16.9	16.9
4	19.00	32.5 水泥	密度 1.34 kg/L,水灰比 1: 0.6	18.9	18.6	18.2	18.0	17.9	17.8
5	19.00	32.5 水泥	密度 1.43 kg/L,水灰比 1: 0.8	19.0	19.0	18.9	18.9	18.8	18.6

注:以钻机的螺旋钻头提出孔口作为测量钻孔深度的起始时间。

根据试验结果可以看出,没有采取注浆护壁的钻孔,螺旋钻头提出孔口后,从测得的钻孔深度,可以看出该钻孔已严重坍塌,而采用注浆护壁的钻孔,则随着时间延长钻孔深度值逐渐变小。同时发现,

到最后测量时,明显感到测锤有提拉阻力。分析认为这是因为泥浆失水变稠所引起的,观察提上的测锤表面,也发现这一现象。根据试验结果,采用水灰比为 1: 0.8 水泥浆护壁的 5 号钻孔效果明显好于

其他 4 个。它的孔深不仅可以满足设计要求,而且深度随时间变化的幅度明显小于其他 4 个孔。

分析认为,采用水泥浆护壁,桩的端部为水泥浆或水泥与砂的混合物,它们凝固后的强度远高于土的强度,从而可以保证桩端质量,并且灌注过程中也容易保证桩身质量,不会发生混浆等事故。此外,孔深变化在满足设计要求的情况下,给从下入钢筋笼、导管到开始灌注混凝土,留有一定的准备时间。通过比较,最后决定采用水泥浆护壁,水灰比按 1:0.8 配制。

4.3.2 试验桩施工

按照上述成孔工艺进行了 3 根试验桩施工。灌注时为了防止混凝土离析和刮擦孔壁,以及混凝土直接落入孔底引起浆液液面剧烈波动而导致的孔壁坍塌,因此灌注混凝土时下入导管。导管底端距孔底的距离控制在 0.5 m 左右。开始灌注时,严格控制混凝土灌入量和速度,并保证灌注连续均匀,减小浆液液面波动。当导管外的混凝土面超过静水面后,才可以加快灌注速度。通过这些严格的技术措施,试验桩施工取得成功。试验桩测试采用高应变和低应变检测法,验证桩的极限承载力以及桩身的完整性。试桩结果见表 2。

表 2 试验桩检测结果表

桩号	孔深/m	地面标高/m	桩顶标高/m	砼强度等级	测试计算桩长/m	单桩极限承载力/kN	桩身结构完整性
试 1	18.0	-1.653	-4.10	C20	15.5	2410	完整
试 2	18.0	-1.666	-4.10	C20	15.4	2340	完整
试 3	18.0	-1.646	-4.10	C20	15.5	2360	完整

试验桩经检测后,又对 3 号试验桩进行了取心验证。取心钻机为 XY-2 型岩心钻机,泥浆泵为 BW150 型。从取出的岩心观察,混凝土结构完整,全部岩心长度为 16.27 m,扣除大应变检测时桩顶

制作高度 0.8 m,桩的长度与检测计算出的结果基本吻合,完全满足设计要求,同时也证明了孔底注浆护壁工艺的可行性。

从试验桩检测结果看出,孔底注浆护壁工艺在这种含水地层中可以满足长螺旋钻机成桩所要求的桩孔深度,并且在一定时间内能保持孔壁的稳定性。混凝土在灌注过程中的施工质量风险也较全孔其他泥浆护壁要低,因此能够保证桩的施工质量。此外,由于孔底注入水泥浆,水泥凝固后的强度高于土的强度,改善了桩端质量,减小因桩底存在沉渣而降低单桩承载力的因素,因而可以提高单桩承载力。

4.3.3 工程桩施工

根据试验桩施工所取得的经验,制定了一系列有针对性的操作规程。在所有进场人员进行学习和贯彻落实,明确岗位职责,落实岗位责任制和奖惩制度。通过严格的管理措施,工程施工质量得以保证,新工艺在整个施工过程中应用顺利,充分发挥了长螺旋钻机施工效率高的特点。整个施工过程中,只使用了一台长螺旋钻机,26 天便完成了 508 根桩的施工。经检测全部合格,满足设计要求。

5 结语

孔底注浆护壁施工工艺解决了长螺旋钻机在含水砂层中的成孔问题,拓展了长螺旋钻机的使用范围,充分发挥长螺旋钻机施工效率高的特点。通过几年来在几个地层相似工程中的实践运用也证明了该工艺的可行性,并且均取得了不错的经济效益。

参考文献:

- [1] JGJ 94-94,建筑桩基技术规范[S].

(上接第 60 页)

浆时在距离压浆孔 2.0~3.0 m 的范围内布置泄压孔,并严格控制注浆压力,注浆压力不得大于钢井壁失稳时的临界压力,也不得超过该处静水压力 0.5 MPa。

6 结语

(1) 钢井壁的失稳主要由其临界应力控制,失稳时的临界应力远小于其屈服强度。

(2) 导致钢井壁失稳的因素不仅包括钢井壁的厚度、屈服强度和加工质量,而且还包括钻井质量、

地下水、二次压浆时的压力等。

(3) 可采用综合预防措施,通过提高钢井壁加工质量、设置加强肋和支撑,保证钻井质量,预留泄压孔和改善二次压浆工艺等方法防止钢井壁的失稳变形。

参考文献:

- [1] 陈绍蕃. 钢结构稳定设计指南(第二版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [2] 张景秀. 坝基防渗与灌浆技术(第二版)[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.