

超长钻孔灌注桩的关键施工技术

罗德龙

(华中科技大学 武汉 430074)

摘 要 以滨州黄河公路大桥直径 1.5 m、深度 123.5 m 的钻孔桩为例,从钻机选择、钻孔方法确定、施工工艺及质量控制检测几个方面,介绍超长桩的关键施工技术。

关键词 钻孔桩 超长桩 施工技术

滨州黄河公路大桥位于山东省滨州市城西,是连接渤海经济圈与长江三角洲经济圈间最便利的陆路通道的重要组成部分。大桥全长 1 698 m,主桥结构为 6 跨连续 PC 箱梁三塔斜拉桥,主桥全长 768 m($2 \times 42 \text{ m} + 300 \text{ m} + 300 \text{ m} + 2 \times 42 \text{ m}$)。主梁为预应力钢筋混凝土箱梁,主塔采用双柱式索塔,其中主塔高 125 m,边塔高 75 m,基础为钻孔灌注桩。其中主塔桥墩下每墩钻孔桩 25 根,直径 1.5 m,设计桩长 115 m,桩纵横净间距均为 3.5 m,呈密集排列。实际钻孔深度达 123.5 m,桩穿过的地质覆盖层为粉砂土、亚粘土、粘土等。

1 钻机选择及钻孔方法的确定

根据工程实际,考虑施工的基本思路是:

- ① 钻孔施工在水上平台上进行,稳定性差;
- ② 桩孔密集且桩又长,对桩垂直度和孔壁稳定性要求严格;
- ③ 钻进过程必须平稳,钻具导正性要强;
- ④ 桩孔深度大清孔困难,泥浆性能要好,并有足够大的泵量。

基于以上考虑,采用泥浆护壁,选用郑州产 KP-2000 型钻机 6 台、江西产 GW-25 型钻机 4 台。

从直观上看 GW-25 型钻机比 KP-2000 型钻机大且重,应该更稳定,钻孔应很直。但由本工程实际效果来看,GW-25 型反不如 KP-2000 型,虽然 GW-25 型主机很重,稳定性好,但转速较慢,转矩也较小,而 KP-2000 型虽有摆动但很均匀,且转速快,转矩大,钻的孔反而更直些。

由于实际钻孔深度已超过机械自身限值,经厂家检查机械后,认为可以进行超限值深度钻孔施工。

2 施工工艺

2.1 搭设工程平台

由于大桥施工工期长,且主桥墩处冲刷较剧烈,为了施工安全、方便,故采用固定平台。平台采用 28 根直径 80 cm,桩长 28 m 的钻孔灌注桩作支撑基础。考虑黄河冲刷深度为 9 m,采用桩柱一体设计,桩内用直径 60 cm 的钢筋笼作骨架。用双片贝雷片做纵向承重梁,用 I55 工字钢做横向承重梁,工字钢上铺 15 cm \times 20 cm 方木,形成工作面。施工时采用土袋围堰外加槽钢防护。

平台搭设完成后,通过上混凝土罐车进行贝雷片的变形观测,将观测值与理论计算值和规定限值进行比较,同时钻机的位置要全盘考虑。因为平台上需布置 10 台钻机,使施工连续进行,并且要求中间的孔先钻,以便灌注和钻孔施工。

2.2 护筒设计、沉设

钻孔桩设计桩径 1.5 m,根据规范要求^[1],护筒直径定为 1.8 m。主墩钻孔桩靠近主河道,根据地质分析淤泥层在 9 m 左右,所以护筒长度设定为 9 m。厚度根据经济、合理、适用的原则,用 8 mm 钢板卷制而成,最上面 1 m 采用双层设计,便于防止下护筒变形(为防变形也可设临时米字型剪刀撑)。对于覆盖层(软-流塑状土层),护筒宜短不宜长且不必过厚。

护筒在钻孔平台上利用振动锤及导向设施来完成下设。依桥位控制点,用全站仪测出钢护筒的准确位置,并在平台上设桩位临时控制点。为了控制钢护筒下沉垂直度,在平台贝雷架上设置导向系统,下沉过程随时对护筒垂直度检查校正,并用全站仪进行钢护筒平面位置控制。用钢尺与垂球进行垂直度观测,同时用水准仪配合监测,用标高推算垂直度。如果出现较小倾斜,可在下沉过程中用导

链纠正,如果出现较大倾斜,需拔出重新下沉。

2.3 钻孔

2.3.1 钻机就位

要求钻机支垫牢固,钻尖对中(偏差小于 10 mm),钻杆垂直(钻孔垂直度偏差不得大于 1/300),采用相应精度的水平尺测量。为保证钻孔垂直度,机架滑车中心、磨盘中心、桩位中心 3 点

必须成一直线^[2](这点很重要,许多大的偏差均因忽视此项检查而造成)。

2.3.2 泥浆的调制

钻孔开始阶段,泥浆一般由水、粘土(或膨润土)和添加剂按适当配合比配制而成,其性能指标如表 1 所示。中间及后期的钻孔泥浆采用已完成基桩的泥浆。

表 1 泥浆性能指标表

钻孔方法	地层情况	泥浆性能指标						
		相对密度	粘度 /Pa·s	含砂率 /%	胶体率 /%	失水率/ mL·(30 min) ⁻¹	泥皮厚/ mm·(30 min) ⁻¹	剪切力 /Pa
正循环	一般地层	1.05~1.20	16~22	8~4	≥96	≤25	≤2	1.0~2.5
反循环	一般地层	1.02~1.06	16~20	≤4	≥95	≤20	≤3	1~1.25

注:地下水位高时,指标取高限,反之取低限;地质状态较好,孔径较小的取低限,反之取高限。

在正常钻进时,泥浆根据地层的不同略做调整,钻进时泥浆稠些为好。一般要求比重为 1.1~1.2,粘度为 18~22S,含砂率<8%。

2.3.3 钻孔

钻速是保证孔不倾斜的关键因素,开钻时应慢速钻进,待导向部位或钻头全部进入地层,方可加速钻进,当遇地层软硬变换时,应轻压慢钻,以防钻孔偏斜。需要注意:在粉砂土地层要慢速钻进,防止扩孔系数过大,或在地层变化处出现缩径现象。在地层变化处捞取渣样,判明后记入记录表中并与地质剖面图核对。钻进采用增重减压钻进,保持孔底承受的压力不超过钻具重量之和(扣除浮力)的 80%,以避免斜孔、弯孔和扩孔现象。护筒内外水头差保持在 2.0 m 以上。

成孔过程中,必须做好泥浆的维护管理工作。每 0.5 h 测一次泥浆的稠度和相对密度。根据泥浆成分的变化,分析孔内、护筒脚等部位的变化而做出相应的处理措施,并密切注意黄河流量与水位情况,及时调整泥浆面位置。钻进时孔位倾斜检查用水准仪、经纬仪、水平尺配合进行。

2.3.4 钻孔检查

清孔后,用 JJC-1A 型孔径检测仪和 JJX-3B 型测斜仪对孔径、倾斜度以及沉淀厚度进行测定,测试检查合格后做好下放钢筋笼的准备。

2.4 制作、安装钢筋笼

钢筋笼主筋采用挤压套管技术进行连接。挤压套管连接按相关要求操作,此处不赘述。

制作过程中,注意把检测管与箍筋焊接牢固,且位置准确。钢筋笼内加设加强筋,以保证在搬运、吊放时不变形。每隔 2 m 设保护层钢筋,并加设混凝土垫块,以保证钢筋笼位置正确,且有一定

厚度保护层。每节钢筋笼连接时,检测管内注满清水,以保证检测管不会因压力不足而进泥堵塞。施工中要注意上下钢筋笼的位置,保持轴线一致,防止笼身弯折,以避免提导管时钩挂钢筋笼。

2.5 清孔、灌注水下混凝土

2.5.1 清孔

因本桥对沉淀厚度(≤15 cm)要求标准较高,故通过导管利用气举反循环二次清孔。将高压金属气管下放导管内约 40 m,启动大功率空压机(≥9 m³)利用高压气流带动,将钻渣排到沉淀池。

2.5.2 灌注水下混凝土

混凝土灌注用的导管使用前应试拼,并经试压(压力 1.1 MPa)确保不漏水。灌注过程中,导管埋深控制在 3~6 m,混凝土连续灌注,防止导管内形成空气囊。为了保证桩头混凝土质量,最后灌注时导管在 1~2 m 范围内上下移动,桩顶超灌 1 m 左右(取规范规定大值)的混凝土。为了减少后期桩头破除的难度,混凝土灌注完成后,及时用特制吸浆泵系统进行超灌混凝土泥浆的排除,但注意桩顶以上 50 cm 内混凝土不得搅动。

为延缓混凝土初凝时间,提高混凝土和易性,混凝土掺加适量粉煤灰和高效减水剂,使混凝土初凝时间延至 10 h 以上。115 m 桩最长时间在 8 h 内完成灌注,快则可在 3~4 h 内完成。

3 钻孔垂直度和孔底沉淤的控制

3.1 钻孔垂直度的控制

因两桩净距只有 3.5 m,若按规范规定取垂直度 1/100,则两孔几乎相交,所以垂直度采用 1/300。为满足垂直度的要求,采取以下措施。

(下转第 74 页)

试验满足设计要求后,即进行粉喷桩施工。通过试桩,进一步明确施工区的地质构造,正式确定粉喷桩的入土深度,优化设计,并掌握机械的使用性能、钻进和提升速度、单位时间的喷灰量。

(4) 平整场地,清除障碍物。场地低洼时,回填粘性土。

4 质量控制

4.1 施工工艺流程

清理场地→桩位放样→钻机就位→机体校正→钻进至设计深度→高压送气打开喷粉孔→反复提钻并喷水泥粉→至工作基准面下 0.3 m 停止喷粉→重复搅拌提升→成桩→移位

4.2 质量控制措施

(1) 严格控制进场水泥质量,确保筛选后的粉体粒径不大于 5 mm,并清除其中的杂质。

(2) 准确确定桩位,使桩位偏差 ≤ 10 cm,垂直度偏差 $\leq 1.5\%$,并随工程进展,随时复核桩位。

(3) 控制搅拌机的提升和搅拌速度,提升速度为 0.6~0.8 m/min,搅拌速度为 40 r/min,确保喷灰和搅拌连续均匀进行。

(上接第 72 页)

(1) 使用导正性能较好的笼式双腰带钻头,并增焊加劲片。

(2) 钻杆使用 219 mm 法兰盘联接方式,钻进过程中钻杆保持竖直状态。

(3) 全孔增重减压钻进并控制进尺速度。

(4) 钻具使用有一定高度的筒状导正器。

3.2 孔底沉淤的控制

(1) 采用双泥浆泵并联供应泥浆,提高泥浆循环速度,增强泥浆携带沉渣的能力。

(2) 用优质膨润土和化学外加剂(如纯碱)提高泥浆粘度,以缓解砂粒沉淀速度(纯碱量要严格控制,尽量少用或不用)。

(3) 严格要求钻杆接头的密封性,保证泥浆全部从孔底返出。及时排除废泥浆,勤捞沉渣,补

(4) 控制水泥粉喷量,使掺入量 $\geq 13.32\%$,确保水泥掺量符合设计要求。

(5) 控制搅拌桩深度,坚持打到持力层,满足设计深度,并保证整长搅拌。

(6) 专人负责施工记录,确保深度误差 ≤ 5 cm,时间误差 ≤ 5 s。

5 质量检验

该项目粉喷桩工程于 2003 年 9 月 8 日开工,至 10 月 20 日完工。粉喷桩成桩 28 天后,委托合肥工业大学建筑工程测试中心于 2003 年 11 月 19 日至 21 日进行了检测。

测试中心依据国家行业标准《建筑桩基检测技术规范》,共随机抽取 16 根桩进行低应变桩身质量检测,进行单桩复合地基静载试验三组,所用测试仪器与设备为:加速度传感器 SY-1, RSM24FD 浮点工程动测仪,弹性聚能能力锤、冲击力锤。低应变动测结果表明:随机抽检的 16 根桩中,桩身水泥土均匀完整的有 15 根,另外 1 根仅浅部搅拌不均匀、欠密实;静载试验结果表明复合地基承载力标准值为 213 kPa,达到设计要求。

充优质泥浆。

(4) 采用气举反循环二次清孔。

4 混凝土灌注桩检测

当桩混凝土达到一定强度后,即可进行混凝土灌注桩超声波检测,确定混凝土灌注桩质量。检测顺序:AB→BC→CA。经 CTS-25 型检测仪进行声测检查,主桥的钻孔灌注桩质量均为优良。用 JJX-3B 型测斜仪检查桩基倾斜率,均在 1/300 以内,完全达到设计要求。

参考文献

- 1 中华人民共和国行业标准. JTJ041-2000 公路桥梁施工技术规范. 北京:人民交通出版社,2000. 38~48
- 2 凌治平. 基础工程. 北京:人民交通出版社,1996. 60~67

Critical Construction Technology of Extra Long Bored Pile

Luo Delong

(Huazhong science and technology university, Wuhan 430074, China)

Abstract: Taking the 1.5 m diameter, 123.5 m depth piles of Binjou yellow river highway bridge for example, this paper introduces the critical construction technology of the extra long pile.

Key words: bored pile; extra long pile; construction technology