

干成孔旋挖桩施工技术在桥梁工程中的应用

赵兴辉

云南道华建设工程有限公司

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18441

[摘要] 桥梁工程基础部位的建设质量与其使用期间的稳定性与安全性息息相关, 通常会根据建设的地质条件和现场情况, 选择适宜的施工技术, 提高桩基础结构承载力。本文以某桥梁工程为例, 对干成孔旋挖桩施工技术的前期准备、施工流程以及施工中的关键控制点进行了探究, 通过现场检测和质量检验确定施工效果, 结果表明该桥梁工程桩身完整性合格率较高, 桩基承载力强, 满足工程设计要求, 以期为相似工程桩基础高质量施工提供参考。

[关键词] 桥梁工程; 桩基础施工; 干成孔旋挖桩技术

干成孔旋挖桩技术是一种先进施工工艺, 具有低污染、高效率、适应性强的优势, 在现代桥梁基础施工中得到了广泛应用, 尤其在弱透水或无水地层中的应用效果显著。但该技术应用中涉及诸多环节, 需明确各环节的技术要点和注意事项, 严格按照工艺流程规范有序完成各项内容, 保证干成孔旋挖桩技术的应用效果, 提高施工质量, 这对桥梁工程长期、安全使用有着重要意义, 应加强对该技术应用的深入研究。

1. 工程概况

以某城市大跨度桥梁工程为例, 该工程为立交桥, 全长680m, 主桥长220m, 采用(30+50+30)m预应力混凝土连续箱梁结构, 引桥采用20m简支T梁结构。下部结构为柱式墩、肋板式台, 为保证基础结构承载力, 采用干成孔旋挖灌注桩作为基础形式, 一共126根, 主墩桩基和引桥桩的直径和桩长分别1.5m和1.2m、32-35m和25-28m, 单桩竖向承载力分别为5800kN与3600kN。

2. 地质条件和技术选用

该工程建设区域自上而下为素填土层、粉质黏土层、圆砾层和中风化花岗岩层, 地下水位埋深11.5-13.2m, 低于主墩桩基桩端标高; 且圆砾层为弱透水层, 无需进行降水处理, 适合采用干成孔旋挖桩施工技术进行施工。工程所处地区地层复杂, 粉质粘土的强度较低, 遇水易发生软化, 圆砾层的颗粒松散, 稳定性较差, 成孔期间容易出现孔壁坍塌的问题, 需采取有效的护壁措施。另外, 该工程要求在半年内完成下部结构施工, 需保证施工效率。干成孔旋挖桩技术的安全性、环保性、效率性和经济性良好, 所以本工程用该技术替代传统人工挖孔桩与泥浆护壁钻孔灌注桩施工技术。

3. 干成孔旋挖桩施工技术的实践应用

3.1 施工前期准备

3.1.1 场地平整与测量放线

在正式施工之前, 需要清理杂物垃圾, 平整施工现场, 使用压路机碾压场地, 保证压实度达标。要想为钻机提供稳定的施工条件, 还需在钻机行进位置铺设碎石垫层, 防止施工中机械设备下陷影响钻孔质量。为避免形成积水, 还在桩基础施工区域周围设置了排水沟渠, 能将雨水和积水顺利排出。而后进行测量放线, 使用全站仪设备精密测量, 确定施工轴线, 找准每根桩基的位置, 并打入钢筋标记。还要设置平面控制点和高程控制点的位置, 为后续质量检验和参数复核做好准备。

3.1.2 做好材料与设备准备工作

桥梁工程桩基础施工中, 为顺利、高效完成施工作业, 应根据施工需要, 提前做好施工材料和设备。本工程的钢筋材料为HRB400E级钢筋, 主墩钢筋笼主筋直径 $\Phi 25$, 箍筋 $\Phi 10$, 间距分别为150mm和200mm。混凝土材料为C35商品混凝土, 主墩和引桥的钢护筒分别使用直径为 $\Phi 1600$ 和 $\Phi 1300$ 的Q235钢板卷制, 护筒厚度为12mm, 单节长度3m, 焊接连接。钻机设备则为徐工XR360旋挖钻机和三一SR285旋挖钻机, 同时搭配装载机、混凝土输送泵和钢筋笼滚焊机。需要检查每种材料的质量、性能, 确定材料配比, 提前配置所用材料, 还要调试施工设备, 为高效施工奠定基础。

3.1.3 技术交底与试验准备

干成孔旋挖桩施工技术实际应用前, 也要做好技术交底工作, 施工人员需明确技术内容, 掌握施工要点, 确定成孔速度, 还要了解施工过程中可能出现的问题, 提前制定应急处理措施, 在施工过程中将孔壁护壁、钢筋笼安装和混凝土浇筑措施落到实处, 保证整体施工质量。除此之外, 还要做好试验准备工作, 在合适位置进行试验桩施工, 根据试验桩

结果优化和调整施工方案,使各项数据参数更加合理,从而满足桥梁桩基础施工需要。

3.2 钻孔施工

3.2.1 钢护筒埋设

由于本工程地质条件较为特殊,为防止出现塌孔问题,需提前埋钢护筒。先测量定位,确定桩基础的位置,并在其四周布置4个控制桩,找准中心位置。而后使用旋挖钻机开挖护筒坑,以护筒外径为依据,确定坑径大小,后者一般要超过前者200mm。埋设深度为3-5m,钢护筒放入坑中后需要调整垂直度,与中心位置偏差不能超过50mm。再使用黏土回填护筒与坑壁之间的缝隙,采用分层回填方式,同时振捣夯实,以防护筒发生偏移。

3.2.2 钻机就位与成孔

将钻机移动到桩孔位置,调节钻机位置、钻进角度,使用水平仪调节钻机水平度,采用经纬仪观测控制钻杆垂直度,确保钻头中心与桩孔中心在同一条直线上,有效控制钻进偏差,不能超过20mm。为保证每段的钻进质量,采用分层成孔方式,根据不同土层结构特点,调整钻斗类型,素填土段和粉质黏土段采用短螺旋钻斗,成孔速度分别为1.8-2.0m/h和1.5-1.8m/h,在钻进过程中时刻注意孔壁完整性,若发现缩孔现象,需使用钻斗二次扩孔;圆砾层段和中风化花岗岩段则采用岩石钻斗,成孔速度分别为1.0-1.5m/h和0.5-1.0m/h,钻进过程中需定期提升钻斗卸渣,观测孔内情况,如果发现坍塌问题,需立即回填干渣压实处理后再继续钻进施工。

3.2.3 检测与清孔

清孔也是成孔作业中的一项重要内容,先要检查孔的质量,测量孔的深度,一般会设置3处以上的测量点,并取测量数值的平均值作为实际参数,应保证实际孔深超过设计数值,为清孔处理预留足够空间。再使用孔径仪检测孔径,在孔壁周围设置4个检测点,同时控制孔的偏差,若孔径未达到设计标准,还需扩孔处理。钻孔完成后,需清理孔底残渣,主要使用清孔钻斗的刮渣板进行清理操作,但整个过程需调控好升降速度,避免速度过大扰动地层。清理后的孔底沉渣厚度一般不超过50mm,如果沉渣较厚还要重复清理,直至达标。

3.3 钢筋笼制作与安装

3.3.1 钢筋笼工厂化制作

本工程使用的钢筋笼主要在工厂制作,根据设计图纸内

容,确定钢筋加工尺寸。钢筋笼的工厂化制作可严格控制材料用量,也能控制施工精度,保证接头和焊接位置质量达标。在主筋、箍筋和丝头加工完成后,按照技术工艺组装钢筋笼,主要使用滚焊机进行连接处理,先调整主筋间距,最大偏差不能超过10mm,再缠绕箍筋,采用双面点焊方式与主筋连接。为避免钢筋笼在下放过程中与孔壁碰撞,还应设置厚度为70mm的保护层垫块。钢筋笼制作完成后需进行全面检查,主要包括尺寸外观,涉及钢筋间距、钢筋笼长度、直径等,确认没有问题后才能运输到施工现场。

3.3.2 钢筋笼吊装安装

钢筋笼进场前也会进行质量验收,质量合格后使用汽车起重机吊装钢筋笼,将吊装点设置在钢筋笼主筋与箍筋的连接位置,每段钢筋笼都要对称设置2个吊装点,确保其受力均匀,以防结构变形。还要在钢筋笼顶部焊接吊环固定钢筋笼。为保证钢筋笼的吊装质量,采用分段吊装方式,主墩钢筋笼的长度为35m,为方便操作将其分段制作和现场焊接,第一段吊起放入孔内后,利用型钢将其固定在钢护筒上,再依次吊装后续钢筋笼。钢筋笼安装完成后需要检测扭矩值,不得小于 $300\text{N}\cdot\text{m}$,然后焊接接头部位。最后要检测垂直度,使用经纬仪观测钢筋笼垂直度,偏差不能超过1%,若偏差较大需调节起重机的速度和起吊幅度。待达到设计标高后,需复核检测,确认没问题后使用型钢固定,以防出现上浮现象。

3.4 混凝土浇筑

3.4.1 安装导管

本工程施工中采用导管浇筑方法,主要采用 $\Phi 300\text{mm}$ 钢管导管,设置两节导管,分别为2.5m长导管和1m短导管,二者采用法兰连接方式,连接后密封处理。导管全部连接后要水密性和承压试验,检测压力值为0.6MPa,持续15分钟,确保没有出现渗漏问题。还要检查导管内部光滑程度,清除混凝土残渣。而后安装导管,同样利用汽车起重机吊装导管,使其沿着钢筋笼中心位置缓慢下放,下放到距离底部300-500mm的位置,导管顶部则需要超过孔口1.5m,为顺利浇筑奠定基础。

3.4.2 混凝土浇筑

混凝土浇筑是干成孔旋挖桩施工技术应用的重要环节,先做好浇筑准备工作,配制所用的混凝土材料,控制好材料的坍落度与和易性,如果性质不达标,需要及时调整浆液性能。准确计算混凝土的用量,根据孔径、导管内径、导管内混凝土高度以及管道到底部的距离,确定首批混凝土方量,

采用混凝土输送泵将混凝土送入到导管中,但要控制浇筑速度,以免速度过快导致钢筋笼上浮。为提高浇筑质量,需持续供应混凝土材料,保证连续浇筑施工,并在浇筑期间实时观察混凝土面高度,根据相关数值调整导管埋深,通常需控制在2-6m之内,防止出现断桩或者导管堵塞的现象。由于混凝土凝固过程中会出现收缩情况,需多浇筑混凝土材料,超过设计桩顶标高0.8-1.0m,而后停止浇筑,拔出导管。再刮平混凝土表面,清除浮浆。

3.5 养护与施工检测

混凝土浇筑后需要及时养护,在桩顶表面覆盖土工布,并采用洒水养护方式,使其始终保持润湿状态,以免混凝土中的水分过度蒸发导致桩体结构开裂。养护时间通常为1周以上。养护过程中需控制其周围5m范围内的施工情况,不能使用重型机械作业,以免影响桩基质量。桩基检测完成后,需要及时回填密实处理,以防雨水进入影响结构质量。混凝土浇筑完1周后,需要检测桩身质量和完整性,采用无损检测方式,对所有桩身进行细致检查,对于主墩桩基,额外选择3根进行钻芯法检测,确认结构密度是否达标。本工程桩身的混凝土密实度和桩端处理层情况良好。同时,要以相关技术规范标准为依据,抽取桩基总数的5%(共6根,126×5%≈6)进行单桩竖向静载试验,分别主墩和引桥部位各选择3根开展相关检测工作,试验荷载为设计数值的2倍,持续载荷时间为2小时,最后所有桩基承载力均达标。

4. 干成孔旋挖桩施工技术的关键控制点

4.1 控制成孔垂直度和孔壁稳定性

桩孔垂直度是否达标会直接影响后续施工的顺利程度,也关系到桩基承载力和结构安全性,为保证相关数据参数达标,在钻机就位过程中,需做好偏差控制工作,借助水平仪调节钻孔平台的水平值,确保偏差不超过0.1%;还要在钻进过程中使用双经纬仪双向观测钻杆垂直度,每钻进2m进行一次复核,若出现偏移情况要及时处理,确保将偏差始终控制在1%以内。圆砾层段钻进应将钻斗速度控制在15r/min以内,使其保持较小离心力,避免孔壁偏斜。

要保证孔壁结构状态稳定,针对不同地质条件特点,采用差异化控制措施,对于粉质黏土段,应尽量缩短孔壁暴露时间,在成孔后的半小时内完成钢筋笼安装施工。如果在施工出现缩径情况,采用扩孔钻斗二次扩孔,确保达到施工标准;圆砾层段则需要边钻进边回填,每钻进1m回填50mm厚干渣,将其压实处理。如果出现孔壁坍塌问题,需停止钻进

并回填素土,等到整体结构稳定后重新钻进施工。

4.2 控制钢筋笼安装精度和混凝土浇筑质量

钢筋笼制作过程中,需严格按照设计要求精准下料,同时确定具体的参数指标,如钢筋间距等,将偏差控制在允许值范围内。安装过程中也要做到规范操作,并进行双侧同步吊装,以防结构变形。待钢筋笼下放到设计位置后,将其固定在钢护筒上,以免在浇筑阶段出现上浮情况。而进行混凝土浇筑时,应检查好混凝土材料的质量和性能,还要检测导管气密性,以免浇筑时出现渗漏问题。施工技术人员要调控好导管埋深,以防断桩。每半小时测量一次混凝土液面高度,以此为依据确定导管埋设深度,为连续浇筑打好基础,保证混凝土浇筑质量。

结语:

干成孔旋挖桩技术在粉质黏土和圆砾层中的成孔效率高、安全性强、环保性好,可满足桥梁桩基础施工质量要求,也能缩短施工时间。要想保证施工质量,则应严格把控成孔垂直度、孔壁稳定性、钢筋笼安装精度和混凝土浇筑质量,避免施工中出现桥梁孔壁坍塌、桩身离析等问题。而该技术与传统泥浆护壁工艺相比,施工成本更低、效率更高,对周围环境的影响小,综合效益显著。未来,应持续提升干成孔旋挖桩技术在复杂地质条件下的应用水平,积极引入智能化技术,提升施工精度和效率,推动桥梁工程进一步发展。

[参考文献]

- [1] 邱文湖. 干成孔旋挖桩施工技术在市政道路桥梁工程中的应用探讨[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2025(8): 95-98.
- [2] 谭国文. 市政道路桥梁工程中干成孔旋挖桩施工技术的应用及效果探讨[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2025(9): 111-114.
- [3] 刘涵. 桥梁工程中的桩基础干成孔旋挖桩施工技术[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2025(4): 105-108.
- [4] 刘洪彬. 干成孔旋挖桩施工技术在道路桥梁施工中的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2025(1): 34-37.
- [5] 张泰铭. 干成孔旋挖桩技术在道路桥梁施工中的应用与优势分析[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2025(6): 52-55.