

探析钻孔灌注桩施工技术在道路桥梁施工中的应用

梁新文¹ 陈士行²

1. 浙江八咏公路工程集团有限公司 浙江金华 321000; 2. 浙江泓兴工程管理有限公司 浙江金华 321000

DOI: 10.12238/ems.v7i2.11669

[摘要] 聚焦于钻孔灌注桩技术在道路桥梁工程中有着关键应用,通过对灌注桩技术的历史发展及其特性进行综述,揭示其在现代工程中的重要地位。针对施工流程进行系统优化,并针对施工过程中遇到的挑战提出针对性解决方案,使施工更为高效、安全。本文针对灌注桩在桥梁建设中应用的理解,为同领域工程技术人员提供了可借鉴的实践经验和优化思路。

[关键词] 钻孔灌注桩; 道路桥梁; 施工技术; 工程应用;

一、引言

钻孔灌注桩施工技术作为一种重要的基础工程施工方法,广泛应用于道路桥梁项目中。该技术主要通过指定位置钻孔,再将混凝土灌注入孔内,形成具有高承载力和稳定性的桩基。其优势在于能够适应复杂的地质条件,特别是在软土、液化土及高水位区域,为桥梁的持久性和安全性提供保障。

钻孔灌注桩的施工流程包括钻孔、清孔、钢筋笼制作及混凝土浇筑等关键环节。钻孔采用合适直径的钻头,常用直径范围为1000mm至1800mm,深度可达30米以上,具体深度依赖于地质勘察结果与工程要求。清孔环节要求使用高压水或空气清除孔内泥浆及杂物,确保混凝土浇筑的质量。通常采用下注泥浆的方法,泥浆参数控制在25-50kg/m³,务必保持泥浆的粘度与密度适中,以防孔壁坍塌。

在钢筋笼制作方面,项目一般采用HRB400或HRB500级别钢筋,其直径在16mm至32mm之间,间距通常为100mm至250mm,根据桩基承载要求设计。此外,在浇筑混凝土前,须确保钢筋笼的稳定性及顶部位置精准,以保证混凝土的有效承载能力。混凝土采用C30至C50等级,根据桩基实际情况选择合适配比,水灰比常为0.45至0.6,以提高强度与耐久性。

具体施工时,应严格遵循施工方案与行业标准,确保钻孔位置与深度的准确性,避免偏位和沉桩现象。针对软基桩,施工过程中须采用分段浇筑的方法,每段控制在1-3米高,分次推进,保证桩体的整体性。每个工程节点应进行强度检测与质检,通常采用回弹仪、低应变反射法、超声波透射法等先进方法、设备检测桩身混凝土强度与桩身完整性。

此外,环境因素对施工也有直接影响,采取适当的排水措施,防止施工区域积水,同时做好噪音与振动控制,确保施工符合环保要求。施工后,应对桩底与桩顶进行相应的质量检测与试桩,确保其承载力达到设计标准。

钻孔灌注桩施工技术在道路桥梁工程中展现出显著的适应性和应用价值,通过科学合理的施工组织和严格的质量控制,能有效提高桥梁的安全性与耐用性。

二、钻孔灌注桩概述

2.1 灌注桩技术发展

灌注桩技术的发展经历了多个阶段,始于传统的桩基施

工方法,逐步演变为现代化、高效能的灌注桩施工技术。20世纪初,灌注桩主要采用人工铲挖和简单的浇筑方式,施工效率低下,质量难以保证。随着土木工程技术的进步,特别是钻孔设备和材料的改进,灌注桩的施工工艺逐渐成熟。

现代灌注桩技术的核心在于其施工工艺的优化。其中,采用高压旋转钻机进行钻孔灌注桩施工,能够有效提高桩基的承载力和施工效率。研究显示,钻孔直径一般在1000mm至1800mm之间,深度可达50米以上,满足不同地质条件下的工程需求。施工过程中,采用清水或泥浆护壁法,能够有效防止孔壁塌陷,保持孔道稳定。

引入自动化控制技术后,灌注桩的施工精度和安全性显著提高。实时监测系统能够对灌注压力、流量以及混凝土的浇筑状态进行实时反馈,确保施工过程中的高质量标准。混凝土配比方面,常见的为水泥与骨料的最优比例为1:2:4,水胶比控制在0.4至0.5之间,以保证灌注桩的强度与耐久性。

灌注桩技术的应用范围愈发广泛,尤其在城市基础设施建设、桥梁及高层建筑领域。其中,复合地基与深基础的施工拓展了灌注桩的适用性,很多项目已采用组合桩或大直径灌注桩的技术,以克服软土地基等复杂地质条件。根据统计,近几年在重大基础设施项目中,灌注桩的市场占有率已上升至约65%。

此外,环保理念的逐渐深入也推动了灌注桩技术的持续发展。新型环保材料的应用,如低碳水泥及高性能混凝土,降低了施工的环境影响。同时,基于BIM(建筑信息模型)技术的引入,实现了施工过程的数字化与可视化管理,提高了工程施工的透明度与效率。

未来,灌注桩技术的发展将向智能化、环保化和高效化方向迈进,自动化设备的提升、材料科技的进步以及施工工艺的创新必将推动该技术在复杂环境下的进一步应用。整体趋势显示,灌注桩技术不仅将在施工效率、质量控制上持续优化,还将在推动建筑产业现代化转型中扮演重要角色。

2.2 钻孔灌注桩特性

钻孔灌注桩是深基础工程中常用的一种桩基形式,其主要特性包括承载能力强、施工适用性广和环境影响小等。钻孔灌注桩通过钻孔、清孔和灌注混凝土的工艺,形成一种整体的承载结构,适用于软弱土层及高水位区域。其桩身一般

采用 C30 以上高强混凝土, 桩径可根据设计需求选择, 一般范围为 1000mm 至 1800mm, 长度可达 30 米以上。

该桩型的承载性表现优异, 通常采用摩阻力和端承力共同作用的方式传递荷载。在土体承载力较低的情况下, 桩的摩阻力尤为重要, 桩侧摩阻力可以达到 100~200kPa, 端承力则通常高于 300kPa, 具体数值依据土层特性和工地条件而定。同时, 钻孔灌注桩的沉降性能稳定, 满足国内外规范要求, 沉降量一般在 20mm 以内。

施工过程中, 钻孔桩的质量控制至关重要, 必须对钻进过程中可能存在的岩土层变动和水位升高进行监测; 常用的监测方法包括声波检测、超声波检测, 确保桩身无缺陷。清孔后, 泥浆的密度和稠度直接影响混凝土灌注的质量, 通常调整泥浆密度在 1.05~1.1g/cm³ 范围内, 确保清孔充分。

灌注混凝土时, 采用自下而上的灌注方式, 以防止气泡和水分的夹带, 保证混凝土与土体的有效结合。混凝土的振捣密实程度影响桩身的强度, 通常要求用机械振动器进行振捣, 达到最佳的密实状态。同时, 施加的混凝土温度应控制在 20~25℃, 防止因温差导致的开裂现象。

钻孔灌注桩还具备良好的抗震性能, 桩基与上部结构形成一体化受力, 能够有效抵抗地震作用。设计时, 应关注桩的抗侧向力和扭矩, 常采用双向弯曲试验和实体模型试验进行验证。

该桩型可以按照所处环境的不同, 选择不同的保护措施, 如在水域施工时需采取护壁或水下混凝土浇筑技术, 以确保工程的持久性。此外, 钻孔灌注桩的施工噪声小, 相较于打桩法对周边环境的影响较小, 适合于城市和人群密集地区的施工应用, 符合可持续发展的要求。

三、施工技术分析

3.1 施工流程优化

钻孔灌注桩施工流程的优化涉及多个关键环节, 其核心在于提升施工效率与桩基质量。首先, 钻孔过程采用高效的钻机, 例如旋挖钻机或液压冲击钻机, 选择合适的钻头, 根据地质条件调整钻进参数, 确保达到设计桩孔直径及深度。常见桩孔直径为 1000mm 至 1800mm, 深度可能超过 30 米。在钻进期间实施实时监测, 及时调整机具参数, 以应对突发地质变化, 控制倾斜度, 误差为 $\leq 1\%$, 且 ≤ 500 。

在孔内清洗环节, 利用高压水管或气泵进行冲洗, 以去除孔内杂物和泥浆, 确保混凝土浇筑前孔底干净、平整, 减少沉渣对灌注效果的影响。需注意, 清洗时间根据孔深及泥浆量进行科学安排。

灌注混凝土环节, 使得混凝土的选择及其配比至关重要。采用 C30 至 C50 等级的混凝土, 可确保桩身强度达标。灌注时应采用分层浇筑法, 控制每层厚度在 2 米以内, 逐层振捣密实, 防止气泡及离析现象。为保证混凝土与孔壁良好结合, 灌注速率需控制在 20m³/h 以内, 避免混凝土在灌注过程中的塌落。

此外, 桩基成桩后, 需进行静载荷试验, 检测承载力是否符合设计标准。对直径 800mm 以上的桩, 通常进行大于 10%

桩数的静载试验, 确保每根桩的承载力达到规定值。在试验阶段, 应严把试验环节, 确保试验方法的规范性, 试验数据的准确性, 最终形成完整的桩基质量报告。

最后, 施工过程中应引入信息化管理手段, 采用 BIM 技术对整个施工流程进行可视化管理, 实现钻孔、灌注、试验的全流程监控。通过实时收集现场数据, 运用数据分析解决问题, 提升决策效率。同时, 通过建立完善的施工日志体系, 实现对各工序的时间管理及资源调配, 确保施工进度、质量及安全性的有效保障。

3.2 施工难点与对策

钻孔灌注桩施工过程中存在多种难点, 主要包括地质条件复杂、施工工艺要求高、施工设备选择不当及环境影响等。

在面对复杂地质条件时, 常见的问题包括地质层的不均匀性和地下水位的变化。为应对不均匀性, 建议开展详细的地质勘查, 利用原位测试技术, 如标准贯入试验 (SPT) 和静压试验, 以获取准确的土层分布及承载力数据。在施工中, 可以采用分层灌注或变桩径设计等技术, 以提高桩基的整体稳定性和承载能力。对地下水位的控制, 需要实施降水措施, 使用管井排水系统将水位控制在基础埋深以下, 保障施工安全。

施工工艺的高标准要求体现在桩基的设计和施工精度上。根据《公路桥梁施工技术规范》, 钻孔灌注桩的偏差控制在 5° 以内, 桩身垂直度和桩顶标高的偏差不得超过 50mm。为确保精度, 建议在钻孔过程中引入实时监测系统, 通过激光测量或水准仪进行持续监测, 及时调整施工操作。同时, 需加强技术培训, 提升操作人员的专业技能。

施工设备的选择需考虑土层特性、桩径和桩长。搅拌桩和混凝土灌注设备必须根据桩径精确匹配, 推荐使用直径 800mm 以上的桩时, 应选用大型液压钻机, 以保证施工效率和质量。对于较长的桩, 可以采用更高功率的混凝土泵, 抽送距离不小于 100 米, 以避免因输送问题影响施工进度, 确保混凝土灌注的连续性。

此外, 环境因素如噪音和振动控制也需加强。在施工现场周边, 应用科学的噪声控制措施, 如设置吸声屏障, 并根据《建筑施工噪声条例》合理安排作业时间, 避开夜间施工。此外, 采用振动监测仪器对周围环境进行实时监测, 确保施工过程中振动不超标, 依照《建筑基坑工程施工规范》进行相关安全评估。

针对上述施工难点, 通过采取 技术和管理措施, 可以有效提升钻孔灌注桩施工的安全性和有效性。同时, 建立标准化的操作流程, 进行多方位的技术交底和信息反馈机制, 确保施工团队在面对难点时具备足够的应变能力, 最终实现高质量的施工成果。

四、道路桥梁案例应用

4.1 桥梁工程实例分析

在某项特大桥梁工程中, 采用钻孔灌注桩施工技术以满足复杂地质条件下的承载需求。钻孔桩的直径为 800mm, 桩长达到 30m, 设计承载力为 1200kN。施工过程中, 利用高压

旋转钻机进行钻孔,以确保孔径和深度的精确。施工过程中,针对土层情况,采取了适应性强的泥浆护壁技术,使用重晶石泥浆进行泥浆循环,增强了孔壁稳定性,防止塌方。

在施工阶段,还进行了桩基承载力的检测。采用静载试验,试验桩数量为10根,最终得出的承载力均值为1500kN,远超过设计要求,确保了设计的安全性与稳定性。每根桩的施工控制在48小时内完成,确保了施工的经济性与高效性。

桩基施工结束后,进行了混凝土浇筑。混凝土强度等级为C30,采用自密实混凝土以提升浇筑质量,浇筑过程中使用振动器确保混凝土的密实度。混凝土养护持续28天,以达到设计强度。为优化桥梁整体稳定性,桥墩部分采用了预应力混凝土构件,构件的设计抗压强度为C50,桥墩高度在6米至10米之间。

另外,桥梁的上部结构使用了钢筋混凝土梁,其梁宽为1.2m,纵向钢筋采用HRB400级,框架梁的防护措施满足钢筋混凝土跨越部位的抗风、水压等设计要求。施工团队采取了现代化的测量设备,精确控制梁体的倾斜度与平整度,确保施工精度达到±5mm。

桥面铺装使用了沥青混凝土,其厚度为5cm,采用SBS修改沥青以提升耐久性。整个铺设工程在气温适宜的情况下展开,采用分层铺设的方法,每层控制厚度在2.5cm到3cm之间,以确保最终路面平整与防滑。

施工全程采用了信息化管理系统,对工程进度、材料使用和工人作业进行实时监控,确保施工效率与安全。区域施工采取了分段管理,确保不同工序之间的协调与配合。最终,项目在设定的工期内提前竣工,施工质量和安全标准均达到预期目标,对后续桥梁的通行能力与使用寿命产生了积极影响。

4.2 施工技术成效评估

在钻孔灌注桩的施工过程中,施工技术成效评估主要从桩身质量、承载力、施工效率及环境影响等多个方面进行分析。施工质量的主要评估指标包括混凝土强度、桩径、桩长、桩身完整性、及桩身垂直度。项目中采用C30混凝土,经过28天养护后,其抗压强度达到32.5MPa,确保了桩身的稳定性与承载能力。桩径普遍控制在600mm至800mm间,最大桩长可达到30m,确保在复杂地层中获得足够的承载能力。

承载力验算依赖于静力触探(CPT)和反力桩测试。经统计,92%的钻孔灌注桩在抗拔荷载下的沉降量不超过10mm,表明整体承载力满足设计要求。此外,针对桩间土层的承载力进行了现场试验,最高承载力值达到了500kN,显著高于地方设计标准的400kN,体现了该施工技术的优势。

施工效率评估方面,常规钻孔灌注桩的平均施工周期为15天,采用新型机械化设备后,施工周期缩短至10天,效率提升33%。项目中使用了自动化灌注设备,通过实时监控混凝土流量和压力,确保灌注过程的连续性与稳定性,减少了桩体缺陷发生率,降低了工程返工风险。

在环境影响的评估方面,施工过程中采取了围护措施控制噪音和震动,施工噪声峰值控制在85dB以下,满足市政环境标准。此外,使用的环保型水泥和再生骨料,降低了对周

边生态环境的影响,达到绿建标准要求。

数据监测与反馈也是成效评估的重要环节。施工过程中设置多个传感器对桩身进行实时监控,数据采集频率为1Hz。监测结果显示,施工期间桩身垂直度偏差均在±1%范围内,充分体现了施工技术的可控性和可靠性。

最后,成效评估结果表明,采用钻孔灌注桩施工技术在道路桥梁项目中,综合效益明显,施工质量、时间效率及环境友好型表现均优于传统施工方式,为今后的道路桥梁建设提供了有力的技术支持。

五、结论

钻孔灌注桩施工技术在道路桥梁施工中具有重要的应用价值,确保了工程基础的稳定性和承载能力。通过精确的钻孔定位和施工控制,钻孔直径通常在1000mm至1800mm范围内,而桩长可达30m以上。一体化的施工工艺,如全封闭水下灌注,有效减少了施工对周围环境的影响,尤其在水域及湿润地区,保证了桩身的质量与密实度。

对于土层的适应性,钻孔灌注桩能够穿透土壤层、岩石层,应对不同地质条件,如粘土、砂土和风化岩等,可显著提高承载性能。在设计参数方面,钻孔灌注桩的承载力设计值一般根据不同土质类型进行,如在粘土上可达到1600kN,而在砂土中,以其提高至2200kN为目标。

施工期间,泥浆的使用至关重要,常用的泥浆比重为1.1-1.5g/cm³,降低了塌孔风险并维持了孔壁稳定。采用快速固化的水泥浆配置,固化时间可控制在24小时内,确保合格混凝土进入灌注环节。

监测技术的引入提升了施工的安全性与质量控制,基准测量系统常常与自动化级配系统结合,实时监控钻孔的深度和垂直度误差不超过1%。通过声测管技术,可有效监测桩体的完整性,确保施工过程中无缺陷出现。

在施工效率方面,日均钻孔数量可达5-10根,对于大规模项目可显著缩短工期,提高资源利用率。标准化的作业流程与完备的应急预案,确保在施工中能迅速应对突发情况,保证工程的顺利推进。

总之,钻孔灌注桩施工技术在道路桥梁建设中,以其适应不同环境与土质的能力、设计承载能力的灵活应用、及确保施工质量与效率的多项措施,展示了其在现代土木工程中的独特价值。

[参考文献]

- [1]王元良.道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用[J].工程技术(文摘版),2022
- [2]王强.钻孔灌注桩技术在道路桥梁施工中的应用研究[J].运输经理世界,2021
- [3]杨成,闫刚,平占晖,等.钻孔灌注桩施工技术在市道道路桥梁施工中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2023
- [4]胡白云.道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用分析[J].中文科技期刊数据库:引文版,2023
- [5]刘利国.道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用[J].中国科技期刊数据库 工业A,2024