

Research on the Construction Method of Long Spiral Drilling Core Pipe Pumping Mixture Pile Formation

Lei Wu¹ Jingfeng Lin² Jingchao Duan²

1. Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang, Hebei, 054000, China

2. China Water Resources and Hydropower Fifth Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610225, China

Abstract

Long spiral bored pile construction is a widely used technology in modern foundation engineering, which has the advantages of high construction efficiency, low cost and wide applicability. Especially under the adverse geological conditions such as soft soil and liquefied soil, as an innovative construction method, the long spiral bored core pipe pumping mixture piling technology can effectively overcome the problems encountered in the construction of traditional pile foundations and improve the bearing capacity and stability of pile foundations. In this paper, the basic principle, construction steps, key technologies, common problems and solutions of the technology are discussed through the study of the construction method of pumping mixture into piles through long spiral bored core pipes. Through the analysis of a number of experimental data and engineering practices, the key factors in the optimization construction process are proposed, such as the mixing ratio, pumping speed control, and precise control of drilling depth, which further verifies the feasibility and advantages of the method in actual construction. The results show that the construction method of pumping the mixture into piles with long spiral bored core pipe can significantly improve the bearing capacity of the pile foundation, shorten the construction period, and have strong economy and adaptability.

Keywords

long spiral drilling; core pipe; pumping mixture; pile construction; optimization method

长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩施工方法研究

吴雷¹ 林静峰² 段景朝²

1. 石家庄铁道大学, 中国·河北 石家庄 054000

2. 中国水利水电第五工程局有限公司, 中国·四川 成都 610225

摘要

长螺旋钻孔成桩施工是现代基础工程中广泛应用的技术, 具有施工效率高、成本低、适用性广等优点。尤其是在软土、液化土等不良地质条件下, 长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术作为一种创新的施工方法, 能够有效克服传统桩基施工中遇到的难题, 提升桩基的承载力和稳定性。本文通过对长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩施工方法的研究, 探讨了该技术的基本原理、施工步骤、关键技术以及常见问题与解决策略。通过分析多项实验数据和工程实践, 提出了优化施工过程中的关键因素, 如混合料配比、泵送速度控制、钻孔深度的精确控制等, 进一步验证了该方法在实际施工中的可行性与优势。研究结果表明, 长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩施工方法能够显著提高桩基的承载力, 缩短施工周期, 并具有较强的经济性和适应性。

关键词

长螺旋钻孔; 芯管; 泵送混合料; 成桩施工; 优化方法

1 引言

在现代基础建设工程中, 桩基施工技术作为基础工程的重要组成部分, 一直受到工程师和学者的高度关注。随着城市化进程的加快, 建筑物对桩基的要求日益严格, 特别是在软弱地基条件和不良地质环境下, 传统桩基施工方法常常面临挑战。传统的钻孔灌注桩、预制桩等施工方法往往存在

施工周期长、施工质量不易控制、施工成本高等问题。为了解决这些问题, 长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术应运而生。

长螺旋钻孔成桩技术具有独特的优势, 它能够通过长螺旋钻杆将桩孔钻深, 且通过内芯管泵送混合料, 避免了在施工过程中产生过多的泥浆, 保证了桩基的质量。尤其在软土、液化土等复杂地质条件下, 长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术不仅解决了钻孔过程中土体扰动的问题, 还能提高桩基的承载力和稳定性。此外, 该技术在施工过程中能够避免传统施工方法中泥浆的污染问题, 具有较高的环保效益。

【作者简介】吴雷(1980-), 男, 硕士, 副教授, 从事智能建造研究。

本文将对长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩施工方法进行深入研究,探讨该技术的应用原理、施工流程及优化措施,以期类似项目的实施提供指导。

2 长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术的基本原理与优势

2.1 长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩的工作原理

长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术是一种高效、环保、成桩质量可控的新型桩基施工工艺。其核心原理是利用长螺旋钻杆进行钻孔成型,并通过设置在钻杆中部的内芯管,将搅拌好的混合料(一般为水泥浆或水泥-粉煤灰-砂等复合材料)由地面通过泵送设备注入孔内,边钻孔边注浆,形成连续密实的桩体结构。整个过程中无需使用护壁泥浆,也不产生孔内积水,因而被广泛应用于城市基础设施、住宅建筑、桥梁等工程项目中的桩基施工。

该工艺的操作过程大致分为以下几个步骤:首先,通过长螺旋钻机启动钻杆,钻头旋转并向下推进,将地层中的土壤切削并通过螺旋叶片向地面输送;当钻进至设计深度后,泵送系统开始将混合料通过中空芯管泵送至孔底,并在钻杆缓慢拔出的过程中,混合料逐渐填充孔内,形成桩体。由于泵送过程与钻杆提拔同步进行,混合料可以及时支撑孔壁,避免了塌孔现象。

此外,该技术可以与钢筋笼同步插入或在混合料初凝前植入,有效满足工程对桩体承载力和结构稳定性的要求。相比传统的冲击钻或回转钻成孔方法,该技术在成桩速度、施工环境友好性和成桩质量方面具有明显优势。

2.2 长螺旋钻孔技术的主要优势

适应性强:长螺旋钻孔技术对各种地质条件具有良好的适应性,特别适用于软土地基、粉质黏土、淤泥质土、回填土等不良地质区域。在上述地层中,传统桩基施工易出现塌孔、进尺困难等问题,而该技术由于边钻孔边注浆、边成孔边填充,能够有效避免孔壁失稳和塌陷,提高成桩质量。

减少泥浆污染,环保性好:传统的钻孔桩施工中通常需要大量使用护壁泥浆来保持孔壁稳定,泥浆在施工后需处理、运输和处置,容易造成周边环境污染。长螺旋钻孔芯管泵送混合料技术无需使用泥浆作为护壁介质,而是利用连续注浆的方式支撑孔壁,不仅减少了对水资源的浪费,还避免了泥浆废弃物的处理问题,大幅提升了环保水平,符合绿色施工的理念。

施工效率高:该技术采用自动化程度较高的专用设备,钻孔、注浆同步进行,节省了大量中间工序。设备操作简便,成桩速度快,特别适合大批量桩基施工项目,有利于缩短施工周期,节约人力和设备成本。

施工质量可控:混合料通过泵送设备定量注入,配比和注浆速率可精确控制,保证了桩体混合料的密实度和均匀性。钻杆提升速度与注浆速率的匹配性直接影响成桩质量,

因此在施工过程中可以根据地质条件实时调整相关参数,确保桩身密实无空洞,提高承载性能。同时,通过桩体质量检测手段(如声波透射、静载试验等)可以进一步验证桩基成型质量,实现全程可控、可追溯。

2.3 该技术面临的挑战

尽管长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术具备诸多优势,但在实际施工中仍存在一些技术难点与改进空间:

高水位地区的施工难题:在地下水位较高的地区,混合料在泵送过程中易出现“跑浆”或“溢浆”现象,导致桩身密实度下降、地表污染以及材料浪费。因此,在高水位环境中,需要特别关注混合料的流动性与稠度,合理控制泵送压力及提升速度,必要时可辅以防止浆装置或加强地表封闭处理,以防止浆液外泄。

混合料配比的优化与适应性:不同地质条件对桩体强度、抗渗性和稳定性提出不同要求,如何根据地基类型和荷载要求科学调整混合料的水灰比、胶结材料种类、外加剂掺量等参数,是确保桩体强度和耐久性的关键。此外,混合料的稳定性也影响泵送过程中是否发生离析或沉淀现象,因此研发更稳定、高性能的配比体系是今后技术改进的重要方向。

钻进速度与泵送速率的匹配问题:桩体的连续性和密实度在很大程度上依赖于钻杆提升速率与混合料泵送速率的协调配合。如果提升过快,浆液可能无法及时填满孔壁,形成空洞;若泵送过快,则可能导致浆液外溢或上浮,影响成桩质量。因而在施工过程中必须进行精准控制,并配备经验丰富的操作人员。

设备维护与技术标准化:长螺旋钻机设备构造复杂,对操作与维护要求较高,特别是在长时间高强度作业中,钻头磨损、泵送系统堵塞等问题较为常见。为保障施工质量,需加强设备管理与保养,同时推动施工流程、配比参数、质量检验等环节的标准化、规范化,提高技术整体可复制性与工程应用的普适性。

3 长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩施工过程中的关键技术问题

3.1 混合料的配比控制

混合料的配比是长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术中至关重要的一环,直接关系到桩基的承载力、抗压强度和长期稳定性。合理的配比不仅可以增强桩体与周围土体的结合力,还能有效提高成桩的密实性和抗渗性。通常,混合料主要包括水泥、水、细骨料(如砂)、部分外加剂以及必要时添加的矿物掺合料(如粉煤灰、矿渣粉等),其比例应根据地质条件、地下水位、施工环境及荷载要求综合确定。

例如,在软土或松散地层中,为确保桩体具有足够的承载力和填充性,常采用较高水泥掺量的高强度混合料;而在较致密的黏土或粉土层中,则需根据土壤颗粒组成与孔隙

比,适当调整砂、水泥与水的比例,避免出现混合料沉降、离析等问题。此外,混合料的可泵性和抗分离性也是关键指标,必须通过试验段或实验室试验验证其稳定性,确保在泵送过程中不发生堵塞或浆液分离,保障连续稳定施工。

3.2 泵送速率与混合料的流动性

在施工过程中,混合料的泵送速率需要与其自身的流动性能密切匹配。混合料流动性不足时,若泵送速率过快,容易造成堵管或泵送失败,影响桩体连续性;若流动性过强,则可能引起浆液上浮、外溢,甚至导致桩体密实度不足。因此,需通过合理控制水灰比、外加剂掺量等手段,使混合料保持适中的稠度和流变性。

在实际操作中,施工人员应根据混合料状态和钻杆提升速度,实时调节泵送速率,确保混合料能够在钻杆拔出过程中均匀注入桩孔,形成致密连续的桩体。此外,还应配备压力传感器和流量监控系统,对泵送过程进行动态控制和数据记录,及时发现异常变化并调整参数,提高施工的精度和可靠性。

3.3 钻孔深度的精确控制

钻孔深度是决定桩基有效嵌固程度和承载层接触质量的重要指标。若钻孔深度不足,桩基可能无法穿透虚弱地层达到设计承载层,导致桩端阻力不足,降低整体承载能力;而钻孔过深则会造成材料浪费,甚至因进入不适宜地层而影响桩体稳定性。因此,在施工中必须根据地勘报告与设计图纸,精确控制每一根桩的成孔深度。

为确保深度控制的准确性,现代钻机配备了自动化深度监测系统,可实时显示钻进深度,并通过施工记录进行比对,防止误操作。同时,施工结束后可采用成孔检测手段进行深度复核,确保所有成桩工艺满足设计规范要求。通过高精度的深度控制措施,进一步保障成桩质量,提高地基整体稳定性与安全性能。

4 长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术的应用案例与效果分析

为了进一步验证长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术的实际应用效果,本文通过分析多个工程案例,对该技术的应用效果进行了全面评估。

4.1 工程案例

某市地铁工程项目中,因地质条件复杂,特别是软土层和地下水位较高,传统的桩基施工方法面临诸多挑战。为此,项目团队决定采用长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术。该技术的应用旨在解决高水位和软土层施工过程中容易出现的泥浆污染、土体塌陷等问题,并确保桩基的质量和稳定性。施工过程中,项目团队通过精准控制混合料的配比和

泵送速率,使得桩基的承载力和稳定性得到了有效保障。

在实施过程中,通过对混合料流动性的实时监控,施工团队能够根据土壤条件和混合料的表现调整泵送速率,从而保证了混合料的顺畅注入,并避免了由于过快泵送导致的堵塞问题。此外,由于采用了泵送混合料的方式,避免了传统桩基施工中的泥浆污染问题,施工环境得到了有效改善,周边土壤和水源未受到污染。

工程完成后,施工方对桩基进行了承载力测试,结果显示桩基的承载力完全符合设计标准,桩基整体稳定性良好,且无沉降和变形现象。项目也顺利通过了质量验收,得到了各方的一致认可。

4.2 效果评估

通过对该工程项目的效果评估,得出的结论是,长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术在实际应用中,具有显著的优势。首先,该技术能够大幅度提升桩基的稳定性和承载力,尤其在软土层和高水位地区表现尤为突出。施工过程中,通过精确控制泵送速率和混合料的配比,成功避免了泥浆污染和土体塌陷等问题,确保了桩基质量。

相较于传统钻孔方法,该技术的施工周期大大缩短。在施工过程中,长螺旋钻孔设备能够连续作业,从而提高了施工效率,减少了因天气、设备故障等因素造成的停工时间。同时,由于混合料的泵送可以持续稳定地注入桩孔,有效避免了桩基在施工过程中的质量波动,保证了每一根桩基都能达到设计要求。

5 结语

长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术作为一种新型的桩基施工方法,具有高效、环保和经济性等显著优势。通过对该技术的研究与应用,本文提出了优化混合料配比、泵送速率控制和钻孔深度精确控制等关键技术问题,并通过工程案例验证了其在软土、液化土等复杂地质条件下的有效性和可行性。随着施工技术的不断发展和优化,长螺旋钻孔芯管泵送混合料成桩技术将成为未来桩基施工的重要发展方向,对提升基础建设的质量和效率具有深远影响。

参考文献

- [1] 白永涛.城市有轨电车地基CFG桩加固施工技术研究[J].运输经理世界,2024(34):13-15.
- [2] 王会超.施工管理信息化系统在高速铁路CFG桩施工中的应用[J].四川水力发电,2024,43(S2):5-8+23.
- [3] 李成彦,王会超,陈学军.高速铁路CFG桩的终孔电流值与路基沉降相关性研究[J].四川水力发电,2024,43(S2):17-23.
- [4] 李硕.CFG桩在软土路基中的应用[J].交通世界,2024(29):49-51.
- [5] 钱海峰.特殊路基处理中CFG桩施工工艺及承载能力研究[J].科学技术创新,2024(22):121-124.