

# 水泥搅拌桩在公路软土路基处理中的应用

王佳音

(河北省承德市双交建工集团有限公司,河北省承德市,067000)

**摘要** 水泥搅拌桩技术是软土路基处理的重要手段,通过水泥与土体的强制搅拌形成复合桩体,可有效提升路基承载力并减少不均匀沉降。文章对水泥搅拌桩施工关键技术进行了总结,并结合常见问题成因与处理措施,旨在为工程实践提供技术参考,推动施工标准化与质量可控化,助力公路软土路基处理技术的高效应用与创新发展。

**关键词** 水泥搅拌桩;公路;软土路基

中图分类号:U416.1 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)06-0068-03

随着我国基础设施建设的快速发展,软土地基处理技术成为保障工程安全与耐久性的关键环节。水泥搅拌桩作为一种经济高效的地基加固方法,通过水泥与土体的物理化学反应形成复合桩体,可显著提高地基承载力、减少沉降并增强稳定性,广泛应用于公路软土路基处理中<sup>[1]</sup>。然而,其施工质量受地质条件、工艺参数及过程管控的直接影响,需严格遵循规范要求,精准把控测量定位、材料配比、搅拌工艺及复搅强化等核心环节,减少施工过程中质量问题的出现。因此,对水泥搅拌桩施工关键技术及常见问题的处理方式进行总结和分析具有重要的意义。

## 1 工程概况

本工程位于河北省承德市境内,为公路软基处理项目,软基土层以淤泥质黏土、粉质黏土为主,天然含水率为30~50%,承载力特征值为60~80kPa,地下水位埋深为1.5~2.0m,属典型软弱地基。设计采用水泥搅拌桩进行加固处理,共布设桩体84根,桩径 $\Phi 500\text{mm}$ ,设计桩长8~12m,桩间距1.2~1.5m,呈梅花形布置,水泥掺入比18~20%,水灰比0.5,设计要求28d无侧限抗压强度大于1.2MPa,复合地基承载力不小于150kPa。施工采用深层搅拌桩机,配套自动计量与记录系统,重点控制桩体垂直度、喷

浆量连续性、复搅深度,并针对高灵敏度软土易扰动特性,采取跳打施工与间歇期管控,确保成桩质量与地基稳定性。

## 2 水泥搅拌桩施工关键技术

### 2.1 施工准备

水泥搅拌桩施工前准备要点:①场地处理:清理地表杂物,压实松软地基,全站仪放样定位(误差 $\leq 50\text{mm}$ );②材料控制:采用合格P.O水泥,检测安定性及凝结时间,通过适配试验确定早强剂掺量<sup>[2]</sup>;③设备调试:检查桩机动力系统及钻杆垂直度,校准喷浆装置及自动记录仪,测试灰浆泵,确保水灰比稳定;④技术准备:完成施工交底,明确工艺参数,核查水电及环保设施。

### 2.2 测量放样和定位放线

依据设计图纸坐标,采用全站仪或GPS精准定位桩位,结合钢尺复核桩间距,确保平面位置偏差控制在 $\pm 50\text{mm}$ 以内。放样时需插设钢筋或木桩标记清晰,并设置保护措施防止点位破坏,复杂场地需加密控制网。放线完成后,需经监理复测确认,记录实测数据,确保桩位、桩数及布置形式完全符合设计要求,为后续钻机就位及成桩质量提供基础保障。

### 2.3 钻机就位

钻机就位是确保水泥搅拌桩成桩精度的关键步骤。施工时需将钻机移至标定桩位,通过液压调平系统及水平仪校准钻机平台,确保钻杆垂直度偏差 $\leq 1\%$ ;利用导向架或定位器对中桩心,定位误差控制在 $\pm 50\text{mm}$ 以内<sup>[3]</sup>。同时需检查钻头磨损程度、喷浆系统通畅性及自动记录仪运行状态,确认参数

作者简介:王佳音(1989~),女,河北承德人,本科,工程师,研究方向:路桥建设及养护。

设定与设计要求一致。就位完成后需经监理复核,并记录初始坐标及垂直度数据,为后续搅拌下沉提供精准作业基础。

#### 2.4 搅拌下沉

施工时,钻机启动后,钻杆带动搅拌叶片旋转切入土层,同时通过喷浆管向土体喷射水泥浆,实现“边搅拌、边下沉”。下沉过程中需严格控制速度,通常为0.5~1.0m/min,确保喷浆量与下沉深度同步匹配,并通过自动记录仪实时监测喷浆量、转速及垂直度偏差<sup>[4]</sup>。搅拌叶片持续切割土体,使水泥与软土充分混合,形成初步均质的水泥土体,直至钻头达到设计桩底标高,为后续喷浆提升及复搅奠定均匀性基础。

#### 2.5 二次下沉和提升

水泥搅拌桩施工中,通过二次喷浆复搅工艺提升桩体质量:首次喷浆提升后,钻机再次下沉至桩底并补喷水泥浆,利用叶片反向旋转对初凝前桩体进行全深度复搅(1~2次),消除“夹层”等缺陷。复搅时控制提升速度0.5~0.8m/min,确保浆土充分融合。该工艺能显著增强桩体连续性,形成结构致密、强度达标的水泥土桩,提升复合地基承载力。

#### 2.6 质量检测 and 移机至下一桩位

水泥搅拌桩施工质量控制要点:完成单桩施工后,需立即进行质量检测,重点检查桩位偏差( $\leq 50\text{mm}$ )、桩径、桩长及垂直度( $\leq 1\%$ ),并选取不少于总桩数1%的代表性桩体进行复合地基静载试验验证承载力。对检测发现的强度不足或断桩等问题桩体,应及时采取补桩、复搅或注浆加固等措施处理并重新验收。施工设备移机时,应缓慢退出钻机并彻底清理钻杆及喷浆管路残留物,移机过程保持平稳,避免碰撞成品桩或扰动周边土体。后续施工严格采用“跳打”或间隔施工方式(间隔时间 $> 24\text{h}$ ),以降低挤土效应影响<sup>[2]</sup>。

### 3 施工过程中常见问题的处理

#### 3.1 堵管或喷浆不畅

施工中若遇堵管或喷浆异常,应立即停钻排查。首先,检查浆液配比,水灰比通常为0.45~0.55,防止因浆液过稠或离析导致流动性不足;其次,清理喷浆管路,拆卸堵塞段,清除水泥结块或异物,检查过滤网是否破损并更换。处理完成后,应复打受

影响桩段,重叠距离大于0.5m,确保桩体连续性。

#### 3.2 桩体强度不足

桩体强度不足多因水泥掺量不足、搅拌不均、土质异常或水灰比失控导致。处理时需优先补强,采用局部复搅补喷水泥浆或增设补强桩,同时提升水泥掺量至20~25%、降低钻速至0.5m/min、增加复搅次数至2~3次,更换合格材料并严控水灰比。对严重缺陷桩应返工重做,并针对特殊土质预掺固化剂改良<sup>[5]</sup>。桩体处理后需钻芯取样复验强度,结合施工监测数据优化工艺,避免二次缺陷,确保符合规范要求。

#### 3.3 桩位偏移

桩位偏移主要由测量放样误差、钻机对中偏差、施工震动或软土挤土效应引发。处理时需立即停钻复测,若偏移量小于50mm可调整钻机重新精准对中;若偏移大于50mm则按设计补桩或增设纠偏桩,并优化施工顺序,如跳打、延长间隔时间等,以减少挤土影响<sup>[6]</sup>。若是出现系统性偏移,则需全面复核测量控制网并校准仪器。

### 4 结语

水泥搅拌桩施工技术通过水泥与土体的强制搅拌形成复合桩体,有效提升软土地基承载力。该工程通过控制好测量放样、钻机精准就位、分层喷浆搅拌下沉与提升、复搅强化等关键施工工序的质量控制,有效减少了水泥搅拌桩施工过程中出现的堵管或喷浆不畅、桩体强度不足及桩位偏移等质量问题,确保了桩体的均匀性,经检测强度达到设计要求,满足工程竣工验收的要求。

#### 参考文献

- [1] 师占宾.水泥搅拌桩施工技术在地基处理中的应用[J].建筑技术开发,2025(2):151-153.
- [2] 杨秀丽.水泥搅拌桩施工技术在软弱地基改良工程中的应用[J].四川水泥,2024(11):154-156.
- [3] 李明旭.深层水泥搅拌桩施工质量控制及特殊情况的处理[J].中华建设,2024(11):151-152.
- [4] 许博萃.公路工程软基段水泥搅拌桩补强技术研究[J].交通世界,2024(10):59-61.
- [5] 朱鹏飞.基于超深地连墙水泥搅拌的桩联合施工技术[J].中国建筑金属结构,2024(3):62-64.
- [6] 陈政.基于水泥搅拌桩的软土地基加固技术分析[J].重庆建筑,2023(10):41-44.