

水泥搅拌桩在岩土工程中的应用研究

凌榕良

(广西中岩基础建设有限公司, 广西 南宁 530022)

摘要 在各类地基处理技术中, 水泥搅拌桩以其对软土地基的改良效果显著、提高地基承载能力、增强抗震性能、环保等优势, 逐渐成为工程师青睐的施工方法。本文聚焦于探讨水泥搅拌桩技术在岩土工程中的应用, 深入分析了水泥搅拌桩施工技术原理及具体应用要点。研究表明, 水泥搅拌桩技术在改良和增强岩土特性的多个方面显现出明显优势, 通过特定比例的水泥掺和土壤, 能够显著提升土壤的整体密实度、增强其抗剪强度、降低渗透率。

关键词 水泥搅拌桩; 岩土工程; 施工流程; 质量控制; 土体强度

中图分类号: TU753.3

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.07.037

0 引言

在现代城市基础设施建设中, 岩土工程作为其中的重要环节, 其技术的进步与应用直接关系到建设工程的质量和安。水泥搅拌桩技术以其在改良软土地基、提升地基承载能力与抗震性能等方面的显著成效, 日益成为岩土工程中的关键施工方法之一。研究水泥搅拌桩在岩土工程中的应用, 不仅有助于深入理解其技术原理, 还能够全面把控施工过程中的关键环节, 以提升工程质量并带来显著的经济效益和环境效益。在城市化迅猛发展的背景下, 深入探究该技术的应用优势与实施要点, 对于促进岩土工程技术的规范化与高效化具有重要的实际意义。

1 水泥搅拌桩施工技术概述

在土建领域, 水泥搅拌桩施工技术是一项广泛运用的加固技术。此技术运用机械原理, 使得水泥浆液与软土充分搅拌混合, 经历物理与化学反应后达到优化地基强度和稳定性的作用。该技术运用的基本原理涉及多方面, 其中重要的是利用特定施工机械向地下灌注水泥浆液, 与原土充分融合形成新的构造性材料, 提升地基的整体承载能力和抗剪强度。在施工过程中, 工程师需要调整水泥浆液配比, 依照施工要求进行搅拌, 以保证加固效果和地基的稳定性, 满足后续工程需要。技术实施形式多样, 包括单桩、联桩、交错桩和网格桩, 每种形式根据地面条件和工程类型调整应用^[1]。

2 水泥搅拌桩施工技术在岩土工程中的应用优势

2.1 土地资源的高效利用

水泥搅拌桩技术的应用显著提高了土地资源的有效使用。在岩土工程中, 特别是面临软土地基问题时, 传

统施工方法常常涉及大规模的软土挖掘和高强度材料的填入, 这种方法不仅耗费了大量时间、人力与物资资源, 还可能带来土建设工程技术和自然环境的双重局限。与之相较, 水泥搅拌桩技术通过加强原土的稳定性和提升其承载能力, 显著减少了自然资源的消耗与排放。

2.2 强化施工环节的灵活性与适应性

水泥搅拌桩技术展示了高度的施工灵活性和环境适应能力。地质条件和土壤类型的差异性要求岩土工程施工阶段采取动态调整的科学方案, 以优化施工流程, 提升施工效率并降低工程成本。面对传统加固技术在适应不同土质上的局限性, 水泥搅拌桩技术可以根据不同土壤性质, 通过调整固化材料的配比, 以满足在各种地质条件下的施工要求。该技术的运用保障了施工效果并减少了不同土壤环境对施工的不利影响。

3 水泥搅拌桩施工技术在岩土工程中的应用要点

3.1 前期准备工作

第一, 在实施任何工程之前, 应选择合适的深层搅拌桩机, 因其技术与性能的差异可能对最终质量产生显著影响。施工团队需要根据水泥搅拌桩的具体尺寸以及现场条件, 对深层搅拌桩机的性能和适用性进行深入评估, 并确保有充分的应对机制以应对不同软土地基的挑战。针对深度较大的软土地基, 整合使用不同类型的搅拌设备将是提高工程效率、降低实施难度的有效方法。第二, 在采购阶段, 甄选负责任的水泥供应商, 确保提供的材料符合严格的质量标准至关重要。另外, 在施工前进行水泥质量检验, 对水灰比的科学调配工作, 确保泥浆配比标准与设计要求保持一致, 同样不应被忽视。因此, 建立严谨的采购与质

量检测体系将有助于从根本上保证施工的成功。第三,为了精确施工作业,施工团队必须严格遵守设计规范,并使用先进的测量设备进行精确定位。待定位完成后,用明显的标志标记桩位,使施工人员可以清楚地识别每一根桩的具体位置,这是避免施工错位的关键所在。持续提高桩位调整的准确性和可靠性,将是整个工程顺利进行的基础保障^[2]。

3.2 试桩施工

试桩阶段是验证施工工艺适用性和可行性的关键环节。在全面施工展开之前,此阶段工作可为施工团队提供技术和操作参数,以适应具体工程要求。试桩过程要求密切监测混合料性能,确保其达到预期标准。施工团队需要详细记录试桩结果,包括每一步的参数设置及施工环境条件,进而分析数据,优化施工方案。通过开展科学严谨的试桩,才能为后续的正式施工做好充分准备。

3.3 测量放样

在广泛意义上的岩土工程中,测量放样工作是一项重要的技术环节。因为它直接影响到施工的准确性与工程的高效性,这意味着,通过对施工图纸内容的严格解读与分析,精准地完成测量放样工作,可以很大程度上减小施工误差,使施工过程井然有序。详细准确地记录放样数据,保证放样工作与实际施工要求的一致性,是确保工程质量的关键步骤。执行前的测量放样,为工程建立了一个可靠的基准,从而使整个施工过程能够稳健进行^[3]。

3.4 成桩作业

精确地调整深层搅拌桩机位是确保桩基工程质量的关键初始步骤,这要求依据预先进行的测量和放样数据来修正机位,保证其符合施工规格。为保障深层搅拌桩导向架的垂直度及稳定性达到规定的施工标准,任何位置上的偏差都应严格控制在5 cm以内,而垂直度误差也不得超出1.5%,这点至关重要,因为它直接关系到后续成桩作业的品质。桩机使用其自身的步履行走系统移动,塔架提吊搅拌桩机就位,水泥搅拌桩机到达指定桩位、对中。当地面起伏不平时,采用搅拌桩机的液压平衡装置使起吊设备保持水平。检查钻杆长度,钻头直径,将桩机移到指定位置对好桩位。在调整机位后,采取措施提高深层搅拌机的运行效率是进一步的施工要求,包括使用搅拌轴对桩位原土进行充分搅拌,并运用仪器精确调整搅拌轴的插入深度。面对坚硬土质,通过输浆系统增加适量水分可以有效降低插入难度,确保搅拌轴能下沉到适当深度,同时要注意控制水量以维护搅拌桩结构的强度。当搅拌轴下沉至预定深度后,即时注入预先搅拌均匀的水泥浆液到软土地基之中,是实现稳定成桩的技术要点。在

水泥搅拌桩施工阶段,适当的水泥浆液材料配比是质量控制的核心要素。根据工程需要,固化剂的加入必须经过专业技术人员的精确计算和性能检测,以确保外加剂的使用量符合设计要求,同时对制备的水泥浆液进行水灰比测试,必要时取样进行强度检测,充分保证水泥搅拌桩的结构质量。一旦水泥浆液制备完成,应立即投入使用,确保其不出现分层离析。在施工过程中,确保水泥浆液的泵送顺畅,避免间断时间过长,对于维持水泥搅拌桩结构的品质至关重要。合理掌握泵送速度以及流量泵的使用,以提升加固土体的整体结构性能。精确记录材料消耗与施工效率等信息,以及在注浆过程中科学调整压力至0.4~0.6兆帕(MPa),并将喷浆速度与输浆速度保持均衡,这些都是增强施工水平和确保结构均质性的关键技术措施^[4]。

3.5 后期工作

在深层搅拌桩成桩之后,要根据施工设计的要求进行细致的提升速度调整,要避免因速度过快或过慢造成对最终结构质量的不利影响。从过往的施工经验中得知,最适合的提升速度为每分钟0.5 m。在实际操作深层搅拌桩过程中,密切监控施工参数的准确性,由专业技术团队进行详尽的记录,这些记录将成为后续工程验收的科学依据,并在施工过程中保持灵活的应用性,突破预设的设计方案。例如,将搅拌轴下插到特定深度,使其旋转,直至达到设计标高后再进行喷浆,表明一根搅拌桩作业的完成。为了最终获得高质量的桩体,应科学调整提升速度,以缓慢方式提升搅拌机,尤其在浆液出口达到设计标高后,需要稍微暂停提升,并在该位置保持稳定旋转状态,以提高桩头部结构的力学性能。按照施工标准继续后期的水泥搅拌桩施工,这一系列的做法可确保构建出结构完整且性能稳定的水泥搅拌桩体系。

3.6 质量检查

3.6.1 质量检查要点

在水泥搅拌桩的施工过程中,质量检查是确保结构性能达到预期标准的关键环节。检查的内容和标准依据设计要求及施工工艺的不同而有所差异。开展挖掘检查时,施工人员需要按规定数量挖掘桩体,检查其外观完整性并评估软土与水泥浆液的混合均匀度。钻芯检查则更侧重于评估桩体材料的均匀性和承载能力。位移观测和沉降测量贯穿整个加固过程,用以综合评价加固效果。具体到检查工作开展的时间节点如下:(1)成桩3 d内,采用轻型动力触探(N10)检查上部桩身的均匀性,检验数量为施工总桩数的1%,且不少于3根。(2)成桩7 d后,采用浅部开挖桩头进行检查,开挖深度宜超过停浆(灰)面下0.5 m,检

查搅拌的均匀性,量测成桩直径,检查数量不少于总桩数的 5%。(3)成桩 28 d 后,采用双管单动取样器钻取芯样作水泥土抗压强度检验,检验数量为施工总桩数的 0.5%,且不少于 6 点。(4)基槽开挖后,应检验桩位、桩数与桩顶桩身质量,如不符合设计要求,应采取有效补强措施。

3.6.2 质量检查实施

在实际质量检查中,静载试验是一种被广泛应用于评估水泥搅拌桩性能的技术。该过程涉及复合地基检测和单桩检测两种形式。复合地基检测能提供关于地基承载能力的全面信息,因此通常是首选。为保障桩体满足静载试验条件,需要在成桩 28 d 后对桩数进行核对。若无法完全通过静载试验确定桩体质量,可采取钻芯取样的方式来进行强度检查,检验数量不应少于 3 根,即总量的 0.5%。取样时还应关注桩头部位的桩径适应性、搅拌均匀性,相应检查不应少于总桩数的 5%。

4 水泥搅拌桩施工技术在岩土工程中应用的质量控制措施

4.1 深化施工前的现场调研与规划

为确保水泥搅拌桩施工技术的可靠性与效率,施工团队必须在施工前期投入足够时间与资源,进行仔细的现场勘察。了解工程地形、地质特性、地下水位等关键要素至关重要。在此基础上,施工现场布局应进行精心调整,从而合理地配置施工设备与材料的存放区域。根据施工材料与设备特性,制定出高效的运输方案,以确保所有必需材料能迅速运送至施工点,从而提高整体工作效率^[5]。

4.2 精准调整加固深度与重视环境影响

在搅拌桩加固深度上,必须科学精确地进行调整,一般目标是超过设计深度 50 cm,这有助于确保结构的整体稳定性和承载力。施工完毕后,应当采取人工方式清理桩头,确保达到设计标准。应常规监测地下水位变化,评估其对成桩质量的潜在影响。施工阶段应收集相关参数,如桩长、桩径等,用以优化施工方案,为工程验收提供依据。

4.3 运用工艺试验优化施工参数

工艺试验的实施对于掌握精确施工参数至关重要。通过试验结果,施工方案能够更有针对性地进行调整,以提升其适用性。在软弱地基区域,应根据实际承载能力调整浆液用量或搅拌次数,增强局部区域的加固效果。

4.4 加强工序间衔接与提高施工效率

施工中各工序之间的衔接工作也不容忽视。调整相邻桩体注浆的时间间隔,保持在 1 天以上,最佳次数

应为 4 次,以提升软土地基的均匀性。另外,科学调整搅拌设备参数,发挥设备的最大功效。在搅拌作业期间,做好检测工作,确保桩位和垂直度偏差在规定范围内。任何偏差一旦超过标准,应立即采取纠正措施。

4.5 优化浆液用量计算与泵送系统

确保浆液的正确计算与使用对于成桩质量至关重要。施工要求必须准确无误地进行浆液配比与使用,随制随用,防止因存放时间过长导致的浆液变质。泵送系统的稳定运行同样需要保障,确保钻头提升速度与浆液输送的协调,尽可能避免任何施工中断。若中断不可避免,应合理处理,如降低搅拌头至停浆点以下一定距离,待恢复后方可继续搅拌及提升作业。

4.6 细化桩顶部位处理与特殊情况应对

在桩顶位置接近设计标高时,进行二次喷浆搅拌以细化处理尤为关键。尤其是在桩顶的 1~1.5 m 深度范围,实施精确控制的喷浆搅拌工艺,确保最终桩头的质量。例如,当浆液达到设计标高时,应停留搅动 15 秒以增强结构稳定性和耐久性。针对施工中可能出现的问题,如漏浆等,应及时识别问题源头,并提出相应措施进行及时修复。同样,对于相邻桩体搭接时间的调整,需要科学合理以保障结构整体稳定性,若有必要,通过补桩或注浆的方式进行加固。

5 结束语

水泥搅拌桩技术在岩土工程中的应用,已经显示出其在提升土地使用效率、降低对周边建筑物影响、提高施工灵活性等方面的显著优势。随着工程实践的深入和技术研究的持续发展,该技术有望在施工参数优化及施工质量控制方面取得新的突破,其在推动基础设施建设质量提升和绿色环保施工方面也将继续发挥关键作用。未来,随着相关技术标准的完善和工程建设需求的精细化,该技术将更好地服务于城市的可持续发展,并在岩土工程领域发挥更加重要的作用。

参考文献:

- [1] 吴伶俐.三轴水泥搅拌桩施工技术的探讨[J].四川水泥,2025(01):148-150.
- [2] 赵翔,周国辉,王彦虎.水泥土搅拌桩联合堆载预压软基处理沉降特性研究[J].交通科技与管理,2025,06(01):136-139.
- [3] 罗天泽.水泥搅拌桩在高速公路软基处理中的应用[J].交通世界,2024(35):94-96.
- [4] 黄卜维.水泥搅拌桩处理软土地基沉降特征分析研究[J].交通世界,2024(34):91-93.
- [5] 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.