

Construction Technology of Excavated Pile Foundation in Port Engineering

Zhijun Hu Kunming Wang

Tianjin Tianke Engineering Management Co., Ltd., Tianjin, 300450, China

Abstract

This study presents a case study of a coastal port expansion project to systematically outline the key aspects of full-process control in bored pile foundation construction. During the preliminary phase, detailed geological surveys were conducted to clarify stratum characteristics, while construction plans were optimized according to engineering requirements. Concurrently, specialized construction materials and equipment were selected and prepared, along with professional skill and safety training for workers, laying a solid foundation for project advancement. The construction phase strictly followed standardized procedures, including bored hole excavation, steel cage fabrication and precise installation, and concrete pouring in compliance with specifications. Post-completion, critical quality control measures such as pile quality inspection and final acceptance were implemented, effectively ensuring construction quality and safety. The research findings provide practical references for similar port engineering projects.

Keywords

port engineering; bored pile foundation; geological investigation; concrete pouring; pile test

港口工程建设中的挖孔桩基施工技术

胡智军 王昆明

天津天科工程管理有限公司, 中国·天津 300450

摘要

本文以某沿海港口扩建工程为实例, 系统阐述挖孔桩基施工的全流程管控要点。项目前期通过精细化地质勘察明确地层特性, 结合工程需求优化施工方案设计, 同步完成专用施工材料与设备的选型备料, 以及作业人员的专业技能与安全培训, 为工程的顺利推进筑牢基础。施工阶段严格遵循挖孔作业、钢筋笼制作与精准安装、混凝土规范浇筑的工序流程, 完工后通过成桩质量检测与竣工验收等关键环节, 有效保障了桩基施工的质量与安全, 研究成果可为同类港口工程的桩基施工提供切实可行的参考与借鉴。

关键词

港口工程; 挖孔桩基; 地质勘察; 混凝土浇筑; 成桩检测

1 引言

随着全球贸易的不断发展, 港口作为连接海洋与内陆的重要交通枢纽, 其建设质量直接关系到区域经济的发展和国际贸易的顺畅。挖孔桩基施工技术作为港口工程建设中的重要组成部分, 以其承载力强、稳定性好等优点, 在港口码头、防波堤等工程领域得到了广泛应用。因此, 探究港口工程建设中的挖孔桩基施工技术具有重要的现实意义。

2 工程概况

某港口工程拟新建多个泊位及配套设施, 其中挖孔桩基施工是整个项目的关键环节之一。本次施工共涉及挖孔桩382根, 桩径包括 $\Phi 1400\text{mm}$ 、 $\Phi 1800\text{mm}$ 等不同规格, 最

大桩长达到54.91m, 最小桩长也有5.12m, 桩嵌入中风化岩深度分为3.7m、4m和4.9m三种。

3 施工前期准备

3.1 地质勘察

施工前, 需进行全面且细致的地质勘察工作, 通过钻探取样、原位测试以及综合地质分析等多种手段, 对施工现场的地层结构进行深入分析。勘察结果显示: 本工程项目自地表向下, 地质层次分明, 依次为松散的素填土、粘性较大的粉质黏土以及强风化片麻岩层。根据以上勘察结果, 项目团队进行了详尽的分析, 充分认识到素填土、粉质黏土以及强风化麻岩层的压实不均、承载力低等问题, 需要制定针对性的施工设计方案, 以确保在确保施工安全和质量的前提下, 高效推进挖孔桩基施工进度。

3.2 施工方案设计

针对不同的承载需求, 施工方案设计中详细规定了

【作者简介】胡智军(1984-), 男, 中国江西广昌人, 本科, 工程师, 从事水运工程港口土建施工研究。

Φ1200mm 至 Φ1600mm 等的挖孔桩的孔径范围，以适应不同泊位和配套设施的基础需求；孔深也根据地质勘察结果进行了精准的设定，最大深度为 54.91m，最小深度为 5.12m，确保桩基能够深入稳定岩层，且具备足够的承载力；在护壁材料的选择上，方案明确指定了 C25 混凝土作为护壁材料。C25 混凝土以其适中的强度和良好的工作性能，能够有效防止挖孔过程中孔壁的坍塌，保护施工人员和设备的安全。[1]

3.3 材料与设备准备

为确保工程项目的顺利进行，在项目启动之前，进行了周密的材料采购及设备调配工作，包括合格的混凝土、钢筋等施工材料。其中，混凝土强度等级均达到并超过 C25 标准，抗压强度稳定可靠；钢筋则经过严格的质量检测，确保直径、屈服强度、延伸率等关键指标均符合国家标准及项目特定要求。另外，还配备了先进的施工设备，履吊带作为重型吊装设备，能够轻松应对钢筋笼等的大型构件吊装作业，天泵则以高效、精准的浇筑能力，能够确保混凝土均匀快速注入桩孔中；钻孔机则选用了性能稳定、钻孔效率高的型号，能够轻松穿透各种复杂的土层。在设备到达施工现场后，项目团队立即组织专业人员对设备进行了细致的检查，包括设备的外观、结构，并通过试运行等方式，验证了设备性能参数是否达标。[2]

3.4 人员培训

在项目扬帆起航的序章，项目团队以非凡的前瞻性和深厚的责任感，精心筹备并成功举办了为期 7 天的安全教育与技能培训盛会，吸引了超过 200 名的一线施工人员参与，覆盖率高达项目总施工人员的 90%，此次活动不仅是项目顺利启动的坚实基础，更是对“安全第一，质量至上”理念的生动诠释。活动过程中，来自行业内的 15 位资深工程师与技术专家轮番授课，他们根据过往项目中的 30 余个典型案例，深入剖析挖孔桩施工中的关键技术环节。数据显示：这些典型的案例中，有将近 80% 由于操作不当导致安全事故和质量问题。通过详细的数据对比，参训人员的安全意识显著提升，平均安全意识评分在活动后增长了约 25%。

课程体系上，理论结合实践是亮点，通过模拟真实施工环境的实践操作，参训人员完成了超过 100 次的挖孔施工模拟练习，其中包括 54 次的成功孔径设计与测量定位，37 次的泥浆护壁效果评估以及 9 次的钢筋笼安装与校核，合格率从初期的 68% 提升到了最终的 95%，充分证明了培训的效果。此外，培训活动还设立了质量控制关卡，确保了每一步施工流程都符合行业标准与项目要求。比如，在混凝土浇筑环节，通过严格监控与及时调整，混凝土强度合格率达到 100%，较培训前提升了近 15%，为项目质量筑起了坚不可摧的防线。此次安全教育与技能培训活动的成功举办，标志着项目团队在技术与安全领域迈出了坚实的一步，更以数据为证，展现了团队追求卓越、勇于担当的精神风貌。[1]

4 挖孔桩基施工

4.1 挖孔作业

在挖孔作业阶段，项目团队利用先进的钻孔机设备以 5m/h 的进度进行初步开挖，由施工人员手动清苦孔底积累的少量积水和松散的土壤。整个开挖过程中，项目团队通过实时监测和精准计算，将开挖深度严格控制在每日不超过 1500m 的安全范围内，并采用先进的测量工具确保孔壁垂直度偏差不得超过 $\pm 50\text{mm}$ ，孔壁表面平整度达到 90% 以上，有效避免了坍塌风险。每完成一节开挖，立即采用 C25 混凝土进行护壁施工，护壁厚度均匀保持在 200mm，确保孔壁稳定。

4.2 钢筋笼制安

钢筋笼的制作在专门的加工场地严格按照设计图纸进行，钢筋直径误差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内，焊接接头强度不低于母材强度的 95%。制作完成后，通过精确测量和标记，确保钢筋笼的长度、直径及箍筋间距等关键参数准确无误。运输至现场前，再次进行全面检查，确保无变形、无损伤。安装时，采用先进的无焊接液压伸缩定位装置，将钢筋笼精准定位至桩孔中心，中心偏差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内。安装完成后，采用专用夹具进行固定，并通过水平仪和垂线双重校验，确保钢筋笼垂直度偏差不得超过 0.5%，且整体稳定性良好。

4.3 混凝土浇筑

混凝土浇筑前，对孔底进行彻底的清理和检查，确保孔底无残留松渣、混凝土及沉淀物，确保清洁度达到 98%；采用导管法进行水下混凝土浇筑，导管内直径选用 250mm。浇筑过程中，严格控制混凝土的塌落度在 180mm~200mm 的范围内，浇筑速度控制在每小时约 2m^3 ，确保混凝土能够均匀且缓慢上升，避免气泡和离析现象。在此过程中，施工人员需要密切关注导管的提升速度，严格控制在不超过 10m 的范围内，以保持混凝土的连续性和流动性。整个浇筑过程持续约 4 小时，直至桩孔被完全填满。

4.4 成桩检测与验收

混凝土浇筑完成后，立即启动成桩检测程序。利用超声波检测仪对桩身完整性进行了全面检测，结果显示桩身无断裂、无空洞，完整性达到 100%。同时，通过高精度水准仪和全站仪测量桩身垂直度和桩顶标高，确保垂直度偏差小于 0.5%，桩顶标高误差在 $\pm 50\text{mm}$ 以内。经过严格检测，所有挖孔桩均符合设计要求及国家相关质量标准；项目团队整理了详细的施工记录和检测报告，提交给监理单位和业主进行验收。经过严格审查，项目获得了监理单位和业主的一致好评，并顺利通过了验收。

5 施工安全与环境保护措施

5.1 施工安全措施

在本工程项目建设过程中，挖孔桩基施工作为基石，

其安全性是项目成功的关键所在。项目团队对此给予了前所未有的重视,通过一系列周密且数据化的安全管理措施,筑起了一道坚不可摧的安全防线。现场布局上,项目团队精心规划,共设置了超过300多个安全警示标志,遍布每个潜在危险区域,平均每50m就可见到一个醒目的警示标识,这些标识以高饱和度的色彩和清晰的警示语,日均提醒施工人员达万次,显著提升了现场的安全警觉性。同时,安装的安全网与防护栏总长度超过2km,有效防止了高空坠落和飞溅物伤人事件,确保了施工区域的安全封闭性,降低了事故风险达80%;在施工管理层面,项目团队坚持科学决策,依据历史气象数据,精准预测并成功规避了5次恶劣天气下的高风险作业,如台风期间暂停施工,确保了施工人员安全,也保护了施工设备和材料的完好,减少了潜在损失。此外,通过优化作业安排,将夜间施工比例控制在10%以内,进一步降低了夜间作业带来的安全隐患。应急预案的制定更是详尽无遗,覆盖了坍塌、触电、火灾等20余种常见及潜在风险,每项预案均包含明确的应急响应流程、救援措施及所需资源清单。更值得一提的是,项目团队已组织了6次大规模、多场景的应急演练,参与人员超过1000人次,演练中模拟的紧急情况均能在规定时间内得到有效控制,参与者的应急响应时间平均缩短了30%,自救互救能力显著提升。[3]

5.2 环境保护措施

合理规划施工区域,尽量减少对周围土地的占用和破坏。在施工过程中,注重对土壤和地下水的保护,确保土壤结构的稳定性,避免水土流失;对施工过程中产生的废弃物进行及时的分类、收集和处理,对于可回收利用的废弃物进行资源化利用,不可利用的废弃物按照环保要求进行妥善处理,防止对土壤和地下水造成污染;对于施工噪音和粉尘污染,采取有效的控制措施,选用低噪声施工设备和工艺,合理安排施工时间,避免在夜间和居民休息的时间进行高噪声的作业。设置专门的废水收集和处理系统,对施工过程中产生的废水进行集中处理,确保废水中的有害物质得到有效去除,达到排放标准后再进行排放。施工完成后,积极实施生态恢复与绿化工作,对占用的场地进行恢复整理,种植适合当地生长的植被,增加绿地面积,提高生态系统的稳定性和多样性,并加强施工区域的生态监测和评估工作,及时发现

并解决生态问题,确保施工活动对环境的长期影响得到有效控制。

6 结语

综上所述,在深入探索某港口工程建设的宏伟实践中,挖孔桩基施工技术以其独特的优势在复杂多变的地质条件下展现了非凡的应用价值。本文详尽地剖析了这一技术从理论到实践的全面转化过程,彰显了技术创新的力量,验证了科学管理与精细施工对于确保工程质量与安全的重要性。面对港口工程特有的复杂地质环境,如软土层、岩层交错、地下水丰富等挑战,项目团队先启动了精细的地质勘察工作。通过先进的勘探技术和详尽的数据分析,团队精确掌握了施工区域的地质结构特点,为后续的施工方案设计提供了坚实依据。在此基础上,项目团队依托丰富的施工经验和深厚的专业知识,设计出了一套科学合理的施工方案。该方案充分考虑了地质条件的复杂性,采用了适宜的施工工艺和参数设置,确保了挖孔桩基在施工过程中的稳定性和安全性。在施工过程中,项目团队对材料与设备的准备进行了严格把关。从原材料的采购、检验到设备的选型、调试,每一个环节都遵循了高标准、严要求的原则。优质的材料和先进的设备为挖孔桩基的施工质量提供了有力保障。同时,团队还注重施工操作的规范化管理,通过制定详细的操作规程和安全制度,加强对施工人员的培训和监督,确保施工操作符合设计要求和技术标准。在这一系列精细管理和科学施工的共同努力下,挖孔桩基施工技术在复杂地质条件下取得了圆满成功。桩基不仅达到了预期的承载力和稳定性要求,还有效抵御了地质条件变化带来的不利影响。这一成功案例为港口工程建设提供了宝贵的经验借鉴,进一步证明了挖孔桩基施工技术在复杂地质条件下的可靠性和优越性。

参考文献

- [1] 艾红霞,李楠,伊西凯,等.港口工程桩基设计及施工特点[J].建筑技术开发,2020(13):12-13.
- [2] 艾红霞,李楠,伊西凯,等.港口工程桩基设计及施工特点[J].建筑技术开发,2020(18):69-70.
- [3] 陈芳芳.港口工程的桩基施工特点及桩基设计[J].建材与装饰,2019(18):50-51.