

钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中的应用

谭广新

中国葛洲坝集团路桥工程有限公司

摘要: 由于港口码头工程项目的地质条件、桩基要求和施工环境各异, 钻孔灌注桩施工工艺和质量控制往往需要根据实际情况来进行调整和优化。因此, 深入研究钻孔灌注桩施工工艺, 规避质量缺陷, 探索适用于不同地质条件和工程要求的最佳实践, 对于提高工程质量、减少施工风险具有重要意义。本文主要研究钻孔灌注桩的施工工艺和质量缺陷分析, 包括钻孔、灌注混凝土、钢筋笼下放等环节的具体工艺要点, 以及施工质量缺陷等方面的控制措施。总结其施工要点和关键技术, 为提高钻孔灌注桩的质量和施工效率提供参考。

关键词: 钻孔灌注桩; 施工工艺; 质量控制; 案例分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.18.025

一、钻孔灌注桩的定义

钻孔灌注桩是一种通过钻孔将地面钻孔后, 再将混凝土灌注至钻孔内而形成的桩基, 其主要作用是将地基和结构的荷载传递至地基深层, 从而提高地基的承载力和抗沉降能力。根据灌注混凝土的不同, 钻孔灌注桩可分为灌注钢筋混凝土桩、灌注预制混凝土桩和灌注现浇混凝土桩三类。灌注钢筋混凝土桩是在钻孔后, 在孔内布置好钢筋, 再进行混凝土灌注。其主要特点是承载力高、施工周期短、可靠性好。灌注预制混凝土桩是将预先制好的混凝土桩体直接灌注至钻孔内。其主要特点是尺寸精确、施工速度快、质量易于控制。灌注现浇混凝土桩是在钻孔后, 将混凝土现场搅拌后, 灌注至钻孔内。其主要特点是适应性强、可控性好, 可实现大直径桩施工。

二、钻孔灌注桩施工工艺

拟建码头工程位于荆州市监利市白螺镇工农村附近, 拟建工程地理位置交通发达。本工程拟建3000t级(水工结构按靠泊5000t级船设计)通用泊位2个。设计年吞吐量252万t, 其中散货210万t、件杂货42万t。建设相应的堆场、道路、辅助生产生活建筑, 配备相应的装卸、运输机械设备和供水、供电等设施。码头钢管桩基础从江心到岸边设计编号依次为M1~M7。M7排35根钢管桩不需进行嵌岩桩施工, M1~M6排210根钢管桩内需进行嵌岩桩施工。M1、M2排嵌岩桩为直桩, 数量70根。M3~M6排嵌岩桩为斜桩, 数量140根, 斜桩设计斜率6:1, 水平横向偏转角18°。单根嵌岩桩芯柱混凝土分为钢管桩段和嵌岩段, 其中钢管桩底部外伸段入岩不少于7m, 桩径850mm, 钢管桩段浇筑长度10.5m, 桩径968mm。钢筋笼主筋直径25mm, 箍筋直径16mm和10mm,

混凝土强度等级C30。

(一) 护筒的加工与埋设

钻孔前应埋设护筒, 用于增加桩位的固定, 并对孔口增加保护, 提升孔壁的静压力。护筒采用钢板制作, 并根据桩的直径, 选用配套直径的钢护筒, 设计桩径应比护筒直径小100mm。护筒位置、坐标、垂直度和高程由全站仪控制。护筒的上口高于地表10~20cm, 护筒四周分层回填, 对称夯实, 避免孔口的塌陷。

(二) 钻机成孔

钻机安装就位后, 转盘中心和护筒中心这三者在同一铅垂线上, 其偏差不得大于2mm。待钻头吊好, 钻杆连接与泥浆系统接通之后, 启动泥浆循环系统, 开始钻进。钻进开始后, 需不间断地进行作业。

(三) 清孔

清孔采用气举反循环工艺清孔, 钻机停止工作, 停置两小时使孔内悬浮物沉淀至孔底, 然后清出孔内沉淀物。清孔时以一清为主, 二清为辅, 尽量确保一清达到效果。在吊入钢筋骨架后, 灌注水下混凝土之前, 应再次检查孔内泥浆性能指标和孔底沉淀厚度, 如超过规定, 应进行第二次清孔, 符合要求后方可灌注水下混凝土。港口码头工程采用二次清孔法。第一次清孔在成孔完毕后进行, 第二次清孔在下放钢筋笼与导管后进行。二次清孔后的0.5h内, 应浇筑混凝土。第一次清孔的目的是使沉淀层尽可能地减薄, 提高孔底的承载力。当钻孔达到设计标高, 经终孔检查后, 即进行清孔。由于第一次清孔达到要求后, 要安放钢筋笼及导管, 孔底又会产生沉渣, 需进行第二次清孔。当复测的沉渣厚度达到设计要求, 小于10cm, 此时, 二次清孔就算完成了。

(四) 钢筋笼下放与安装

钢筋笼制作棚搭设在施工现场, 专用于钢筋笼加工制作架子。单节钢筋笼的长度被设定为9m一节, 采用相邻搭接接头错开的方式, 并保证间距大于1m。钢筋笼主筋采用搭接焊, 在同一截面上的接头被要求不大于50%。焊接采用单面焊, 焊接焊缝长度不小于10d。在运输、起吊和安装过程中, 为防止钢筋笼变形, 起吊点宜设在加强箍筋(全长的1/3)处。

(五) 水下混凝土灌注

港口码头工程桩基根据混凝土强度设计要求, 嵌岩桩施工采用的C30泵送商品混凝土, 配合比经试验验证后方可使用。定期安排人员前往商混公司取样混凝土材料(砂、碎石、水泥、外加剂)进行检测。

商混公司提供的商品砼需具有良好的和易性、流动性。坍落度控制在180~220mm。混凝土的初凝时间应不

小于10h, 确保浇筑顺利进行。混凝土正式浇筑前进行混凝土试拌, 验证混凝土性能。混凝土浇筑前现场抽样检测坍落度值和混凝土性能。在混凝土灌注完成并达到初凝时间后, 钢筋笼吊筋可以切断, 拔出护筒。导管和护筒应冲洗干净, 清除孔口的泥浆, 然后对孔口进行回填。对桩柱的混凝土浇筑, 应按设计要求进行超灌, 保证桩身混凝土强度达到设计要求。超灌部分按要求凿除, 桩头表面无松散石子及其他杂物。

三、钻孔灌注桩常见质量缺陷分析

(一) 孔壁坍塌

在钻机施工的过程中, 气泡出现在泥浆中, 说明有出现孔壁坍塌的可能性。钻孔速度没有达到有效控制, 在孔壁中来不及形成泥膜, 是孔壁坍塌的原因之一。另一方面, 护壁泥浆的配比错误, 导致泥浆的容重和浓度不足, 造成孔壁强度不足, 也是孔壁坍塌的重要原因。因此, 在施工过程中, 施工人员要严格按施工规范来进行施工, 塌孔的桩孔应及时回填。

(二) 钻孔缩颈

缩颈孔是港口码头工程桩最常见的质量问题。导致该问题的原因是在桩体浇筑的过程中, 桩体周围的土壤产生膨胀而造成的。在旋挖钻机施工的初期阶段, 当料筒被提升时, 筒式钻头没有完全起到护壁作用, 会产生负压力, 并作用到钻头下部, 形成吸钻现象, 造成孔壁颈缩。因此成孔时, 泵量应当被加大, 使速度加快, 在孔壁形成泥皮, 避免引起膨胀。

(三) 钢筋笼上浮

灌注桩成孔后, 一定概率下, 钢筋笼会发生上浮现象。因此, 混凝土浇筑过程就成为控制钢筋笼是否上浮的关键因素。灌注导管在混凝土中的埋深, 决定了运动混凝土体的长度。当浇筑钢筋笼的导管埋入较深时, 由于桩上层的混凝土浇筑时间增长, 导致混凝土和钢筋笼之间具有一定的相互缠结力。当导管底端不能及时抬升到钢筋笼底部以上时, 钢筋笼就会被从导管流出的混凝土带动上浮。因此在浇筑时, 要准确计算导管的埋设深度和已完成的混凝土面标准高度。解决上浮现象, 需要充分考虑导管的放置位置。应将导管放置在钢筋笼底部, 再进行浇筑。

(四) 灌注桩桩底沉渣过多

桩底沉渣也是导致钻孔灌注桩出现质量问题的主要原因之一。桩底沉渣过多, 会导致混凝土与岩基结合不完整, 桩基的承载力减弱。施工中, 若忽视操作规定, 清空不彻底, 或是未进行二次清孔, 都是造成桩底沉渣过多的原因。因此, 当灌注桩成孔后, 应将钻头提至距离孔底10~20cm处, 保持钻头空转, 并减缓转动速度, 保证循环清孔的时间大于30min。将锤式转斗放入孔底, 用来抓出孔底的沉渣。

(五) 断桩

在钻孔灌注桩港口码头工程中, 断桩是指钻孔灌注

桩在施工或使用过程中, 由于各种原因而出现的桩身破坏或断裂。断桩问题的出现, 给港口码头工程质量和安全带来了很大的隐患和风险。断桩出现的一个原因, 是施工中的导管底端跟孔底的距离过大, 从导管中流出的混凝土被冲洗液稀释, 导致水灰比增大, 浇筑混凝土无法及时完成凝结, 造成了断桩问题的发生。因此在桩孔钻成后, 清孔是必要的。同时, 混凝土要做到连续及时浇筑。

四、钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中的应用质量管理策略

(一) 桩机选择和调试

钻机选型时根据工程设计桩基尺寸, 地质条件, 工艺要求等条件选择合适的桩机类型与型号。在使用桩机前, 对其进行必要的调试和检验。检查桩机的各项功能和部件是否正常运行, 包括钻孔、灌注系统、液压系统、控制系统等。进行必要的试运行和模拟操作, 确保桩机能够稳定、有效地执行施工任务。对桩机的性能进行验证, 确保其符合规范要求。可以进行一些测试, 如承载能力测试、沉降控制测试以及相应的试验操作。通过检测和记录关键参数, 如动力、速度、力矩等, 评估桩机的性能和准确性。为了确保桩机的操作安全可靠, 应进行定期维护和保养。根据桩机制造商的建议, 制定维护计划, 并进行定期的检查和维修。包括但不限于检查油液、滤芯和密封件的状态, 清洁液压系统, 润滑关键部件, 调整和校准控制系统等。提供合适的培训和指导, 确保操作人员熟悉桩机的操作程序和安全要求。操作人员应了解桩机的各项功能、工作原理和安全规范。培训涵盖日常操作技巧、应急措施和维护保养要点。以上措施有助于确保桩机的性能符合规范要求, 操作安全可靠。请在实施过程中遵守相关的安全规定和操作指南, 以确保施工过程的顺利进行和施工质量的达到预期要求。

(二) 施工方案设计

制定详细的施工方案对于确保钻孔灌注桩施工质量和顺利进行非常重要。详细了解工程的要求和地质条件, 包括工程设计参数、荷载要求、地层情况、地下水位等。这些信息对于制定合适的施工方案至关重要。根据工程要求和地质条件, 确定钻孔位置和布置。考虑到结构荷载、地基的均布性和均质性, 合理布置钻孔位置, 确保桩基间的距离符合设计要求。确定钻孔灌注参数, 包括注浆类型、注浆材料的配比和用量、注浆压力和注浆速度等。根据地层情况和设计要求, 选择适当的注浆方案, 确保灌注效果和桩体的强度。根据工程要求和地质条件, 确定钻孔桩的深度和直径。深度应考虑到承载层或稳定土层的深度, 确保桩的埋设符合设计要求。直径应根据设计荷载和地层条件来确定, 以确保足够的承载能力和稳定性。

施工方案应经过专业设计审核, 确保其符合规范要

求和工程实际。与施工团队进行充分的沟通和协调，确保施工方案的可行性和实施性，解决问题和提出改进意见。在施工过程中，根据实际情况和发现的问题，及时对方案进行更新和调整。确保施工方案与实际施工的要求和工艺相匹配。最后，施工方案的具体内容应根据工程特点和要求进行详细制定，同时参考相关规范和标准。与专业设计人员、地质工程师和施工团队保持密切的沟通和合作，以确保施工方案能够顺利实施，并达到预期的质量和效果。

（三）土层勘察和监测

在钻孔灌注桩的施工前，进行充分的土层勘察是至关重要的。确定需要进行土层勘察的范围，主要关注桩基区域和工程影响范围内的土层情况。根据工程的要求和规模，选择合适的勘察方法和技术。进行地质调查和勘察，了解地质条件和地层特性。这包括土层的类型、分布、厚度、强度、密实度、水位等关键参数。收集并整理相关地质资料和已有的勘察报告，以充分了解施工地点的地质背景。对钻孔灌注桩关键位置进行详细地质勘探，包括桩基位置和周边区域。采用适当的勘察方法，如岩芯钻探、试坑、岩土钻探等，以获取更详细的土层信息和土壤参数。通过现场实验和室内试验，测定土层中的土壤参数，如抗剪强度、压缩性、含水量、密度等。这些参数对于确定钻孔灌注桩的设计参数和灌注参数至关重要。在施工过程中，进行实时监测和记录，以确保施工的质量和安全性。监测参数包括孔深、孔径、孔壁沉降、注浆量、压力等重要指标。使用合适的监测设备和工具，记录和跟踪施工过程中的变化和参数。

（四）材料选择和质量控制

选择合适的注浆材料、桩材和灌注材料，并对其进行检验和抽样检测，是确保钻孔灌注桩施工质量的重要步骤。选择符合规范要求的注浆材料，如水泥、混凝土、膨胀剂等。考虑工程设计和地层情况，确保注浆材料具有适当的强度、流动性和耐久性等特性。根据工程设计要求，选择适合的桩材，如钢管桩、预应力混凝土桩等。确保桩材符合规范要求，具有足够的承载能力和耐久性。选择适合的灌注材料，如砂浆、沙浆、碎石等。根据地层情况和工程要求，确定合适的灌注材料类型和配合比例。对所选材料进行检验和抽样检测，确保其质量符合要求。根据相关规范和标准，进行化学成分、物理性质和强度等方面的测试。严格控制材料的配合比例和质量，确保注浆和灌注的效果和强度。根据施工方案和设计要求，精确控制材料的配比，以确保注浆和灌注的质量和一致性。材料的使用情况进行记录和跟踪。记录关键参数，如材料批号、生产日期、供应商信息等，并追踪材料的交付和使用情况。通过选择符合规范要求的材料，并进行检验和质量控制，可以确保施工

过程中使用的注浆材料、桩材和灌注材料符合要求，从而提高钻孔灌注桩的施工质量和工程可靠性。

（五）施工过程管理

对施工人员进行专业培训，确保他们熟悉施工工艺和操作规程。设立施工班组，明确每个工序的责任和要求。监督施工过程，及时发现和解决问题。确保施工过程符合设计要求，充分实施质量控制措施。为施工人员提供适当的专业培训，确保他们熟悉钻孔灌注桩的施工工艺和操作规程。培训涵盖施工流程、施工方法、安全措施、质量要求等方面。通过培训，提升施工人员的专业技能和知识水平。根据施工任务和工序，设立相应的施工班组，明确每个工序的责任和要求。针对钻孔、灌注、测量等工序，明确施工班组的组成、工作职责和配合关系。确保施工人员清楚其在施工过程中的责任和要求。制定相应的质量控制方案，针对施工过程中的关键环节和要求，实施有效的控制措施和检验程序。严格按照规范要求，对施工过程和成果进行质量控制和质量检查。及时发现和解决问题，确保施工质量符合设计要求。

重视施工安全，培养施工人员的安全意识和操作技能。提供必要的安全培训，强调施工过程中的安全要求和安全操作规程。建立安全管理制度，持续监督和改进安全工作。

（六）质量验收和检测

在施工完成后，进行质量验收和检测。采用非破坏性检测和抽样检测等方法，对灌注桩的质量进行评估和验证。对关键参数进行检测，如桩身强度、注浆质量、桩顶水平度等。确保施工的灌注桩质量符合规范和设计要求。以上是一些常见的钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中应用的质量管理策略。在实际操作中，应根据具体工程情况和规范要求，综合考虑工程的特点和风险，制定适应的质量管理措施，并进行适时的质量监控和评估。

五、结语

在实际施工中，应根据具体情况和实际需要，进行合理的调整和优化，避免盲目套用标准和规范，从而导致施工质量不理想。同时，还应注意施工过程中的安全问题，保障施工人员的身体健康和生命安全。在未来的港口码头工程实践中，应进一步加强钻孔灌注桩施工技术的研究和推广，提高施工效率和质量水平，为工程建设和社会发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 孙衍臣, 史立强, 刘洪喜, 等. 钻孔灌注桩施工工艺及技术管理研究[J]. 价值工程, 2022, 41(24): 91-93.
- [2] 葛菲菲. 市政工程中钻孔灌注桩施工工艺研究[J]. 建筑与预算, 2022(12): 80-82.