

公路桥梁钻孔灌注桩施工质量控制策略

孙俭宝

(安徽开源路桥有限责任公司, 安徽 合肥 230088)

摘要 钻孔灌注桩作为公路桥梁工程中广泛应用的基础形式,其施工质量直接关系到结构安全与服役寿命。在实际施工过程中,受地质条件、工艺参数及操作规范等多重因素影响,易出现钻孔倾斜、塌孔、钢筋笼上浮及断桩等质量问题。本文围绕上述典型问题,系统分析其成因机制,并提出针对性的质量控制对策。通过精准监测钻孔垂直度、优化泥浆护壁体系、强化钢筋笼抗浮措施以及智能监控导管理深等手段,构建全过程、多维度的质量保障体系,并强调施工过程中的动态调控与协同作业,旨在提升钻孔灌注桩的整体施工质量,为公路桥梁基础工程提供技术参考。

关键词 钻孔灌注桩; 施工质量控制; 泥浆护壁; 钢筋笼上浮

中图分类号: U445.551

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.03.030

0 引言

公路桥梁是交通基础设施的重要组成部分,其结构稳定性和耐久性直接关系到基础工程的施工质量。钻孔灌注桩由于具备承载力高、适应性强、施工扰动小等特点,在复杂地质条件下得到广泛应用。该工艺的流程较为复杂,涉及成孔、清孔、下笼、灌注等多个环节,任何一道工序控制不当都可能引发严重的质量缺陷。当前,钻孔倾斜、塌孔、钢筋笼上浮及断桩等问题在实际工程当中仍然较为常见,这不仅会影响桩体的完整性,还可能危及上部结构的安全。本文主要聚焦上述四类典型问题,从施工操作、材料性能以及过程监控等方面着手,提出切实可行的质量控制策略,以期能为同类工程提供参考。

1 公路桥梁施工中钻孔灌注桩常见问题

1.1 钻孔垂直度偏差问题

在钻孔的过程当中,钻杆受力不均匀或者地层软硬交替出现的情况,有可能会造成钻孔的轨迹偏离原本设计的轴线。钻机安装的时候没有处于水平状态、导向装置失去精准度或者钻具出现磨损却没有及时进行更换,都会加剧钻孔垂直度的偏差。在岩土交界面的位置,钻头容易受到侧向阻力的影响而发生偏移现象,如果没有实施有效的纠偏措施,偏差就会随着钻进深度不断累积。钻孔垂直度超过限定标准会削弱桩身的承载能力,影响接桩的精度,并且有可能造成后续钢筋笼无法顺利下放。倾斜的孔壁在灌注混凝土的

时候容易形成局部的薄弱区域,降低桩体整体的均匀性。施工人员如果忽视对钻孔情况的实时监测或者对监测数据的响应存在滞后,也会增加此类风险。钻孔垂直度的控制不仅仅依赖于设备的精度,更需要结合地质条件动态调整钻进参数,以此确保成孔轨迹符合相关规范的要求。

1.2 孔壁失稳引发塌孔的问题

钻孔灌注桩完成成孔之后,孔壁暴露在地下水和土压力的作用之下,倘若护壁措施不够充分,就非常容易发生局部或者整体的塌陷情况。如果泥浆比重过低、黏度不足或者失水率过高,就会削弱泥浆的支撑与封堵能力,从而无法有效平衡地层的侧压力。在砂层、粉土层或者松散填土的区域当中,颗粒之间的黏结力较弱,孔壁的自稳能力较差,塌孔的风险会显著增加。清孔作业的时间如果过长,或者反复提放钻具对孔壁造成扰动,也有可能诱发孔壁的坍塌。一旦出现塌孔的现象,情况较轻时会导致沉渣厚度超出标准,情况严重时会造成埋钻、卡笼等事故,严重影响到施工进度以及桩体的质量。泥浆性能的稳定性、循环系统的连续性,还有成孔之后等待灌注的时间控制,都是防止塌孔的关键要素^[1]。在施工过程当中,必须要维持泥浆参数处在合理的区间范围,并且避免对孔壁产生不必要的扰动。

1.3 钢筋笼在灌注过程中的上浮问题

在进行混凝土灌注的过程中,由于导管内部混凝土流动所产生的浮力作用影响,钢筋笼有可能会被顶

作者简介: 孙俭宝(1990-),男,本科,工程师,研究方向:公路工程、道路与桥梁。

托从而出现上移的情况。如果钢筋笼自身重量不足、固定措施失去效果或者导管提升操作存在不当之处,那么钢筋笼上浮的现象将会更为明显。当灌注速度过快、混凝土坍落度过大或者首批混凝土冲击力过强时,均会加剧浮力所产生的效应。钢筋笼出现上浮问题不仅会改变其原本设计的标高,还可能会造成保护层厚度不足、主筋位置出现错位等一系列问题,进而对桩身的受力性能以及耐久性产生影响。在部分工程当中,因为没有设置有效的抗浮锚固装置或者没有在灌注初期对导管埋深进行控制,最终导致钢筋笼上浮的情况难以得到抑制。若钢筋笼加工时刚度不足或者节段连接不够牢固,那么在浮力的作用下就会发生变形或者解体的情况^[2]。

1.4 混凝土灌注中断导致断桩问题

断桩指的是桩身混凝土在灌注过程中出现中断或者夹层进而形成不连续结构。导管埋深不足、提管过快或者混凝土供应中断等情况,均有可能使泥浆或者沉渣混入桩体而造成断桩。首批混凝土量不足、导管密封失效或者导管堵塞等情况,也会导致正常灌注流程出现中断。一旦混凝土面暴露于泥浆之中,新旧混凝土就无法有效融合进而形成软弱夹层。断桩会严重削弱桩体完整性与承载力,导致不可挽回的质量缺陷。施工组织协调不畅、设备故障频发或者应急措施缺失,是导致灌注中断的主要管理层面的原因。对混凝土和易性、初凝时间等性能控制不当,也可能在灌注后期引发流动性骤降从而增加断桩风险。全过程的连续性保障以及关键节点的实时监控,是预防断桩的核心要求。

2 公路桥梁施工中钻孔灌注桩的质量控制对策

2.1 实施全过程钻孔垂直度监测与动态纠偏

在钻孔作业正式开始之前,要对钻机底座进行精确水平调整,并仔细校核导向架的垂直度。在钻进的全过程当中,应该采用高精度测斜仪或者激光垂准仪,定期对孔斜率进行检测,检测频率需要根据地层变化情况动态灵活调整。在软硬交界的地层或者倾斜岩面的位置,应当降低钻压以及控制好转速,从而避免钻头所受的力出现突然变化。一旦监测所得到的数据显示垂直度快要接近允许偏差的上限时,必须马上暂停钻进作业,认真分析偏斜的方向以及偏斜的程度,并且采取定向的纠偏措施。纠偏可以通过使用偏心钻具、进行局部扩孔回填或者调整钻具配重等方式,逐步修正孔的轴线。纠偏操作必须谨慎小心地进行,防

止因为过度修正而引发二次偏斜的情况。所有的监测数据都应当进行实时记录并且纳入施工日志当中,将其作为质量追溯的重要依据^[3]。在钻孔完成之后,必须再次对全孔的垂直度进行复测,确认其符合规范要求之后才能够进入下一道工序。垂直度的控制贯穿成孔的整个过程,它依赖设备、工艺以及人员的协同配合。

2.2 科学配制与动态调控泥浆护壁性能

泥浆配制需要依据地层特性来选择合适的膨润土类型,并且要严格控制水土比、pH 值以及添加剂比例。新拌制的泥浆必须经过充分搅拌与熟化处理,以此确保其具备足够的黏度、胶体率和静切力。在泥浆循环使用的过程当中,应该持续监测泥浆比重、含砂率以及失水量,及时补充处理剂或者置换已经劣化的泥浆。在容易坍塌的地层当中,可以适当提高泥浆的比重与黏度,增强孔壁的支撑力,但要避免因过高导致沉渣增厚。泥浆循环系统应当保持连续运行状态,防止在停泵期间孔内压力出现失衡情况。清孔作业应该采用反循环或者气举法,减少对孔壁的扰动,并且严格控制清孔的时间。在灌注之前,泥浆性能指标必须满足沉渣厚度与含砂率的限值要求。泥浆管理不只是材料方面的问题,更是过程控制的关键环节,需要建立标准化操作流程与实时反馈机制。

2.3 强化钢筋笼定位与抗浮协同控制措施

2.3.1 钢筋笼结构刚度与制作精度控制

钢筋笼的结构刚度直接影响其在吊装、下放以及混凝土灌注过程当中稳定性。在制作过程中,主筋需要保持顺直状态,不可以存在明显的弯曲或者扭曲情况,以此确保受力均匀。箍筋间距必须严格依照设计图纸来执行,偏差不能超过规范所允许的范围,防止出现局部刚度不足的问题。在钢筋笼底部以及顶部区域增设加强箍筋,能够有效提升整体的抗变形能力,避免在自重或者外力作用下发生形变。所有焊接或者机械连接点都应该饱满、牢固,不能存在虚焊、漏焊或者松动的现象。加工平台要保持平整稳固,采用胎架定位来保证几何尺寸准确无误。钢筋笼节段长度需要综合考虑吊装设备能力与孔深条件,避免过长从而导致挠度过大。制作完成之后必须进行外形尺寸和节点质量的验收,合格之后才可以进入下放工序。结构刚度的保障是后续定位与抗浮措施能够有效实施的前提^[4]。

2.3.2 孔口定位支架与顶部固定装置设置

钢筋笼下放到设计标高之后,必须采用可靠的方式进行位置固定,以防止在灌注过程中发生位移或者上浮的情况,应该在护筒顶部或者地面设置专门的

定位支架, 支架结构需要具备足够的强度以及稳定性, 能够承受钢筋笼的自重以及可能出现的上浮力, 定位支架适宜采用型钢焊接制作而成, 并且要通过地锚或者螺栓与地面进行牢固连接。钢筋笼顶部应当通过焊接短筋、U形卡扣或者高强度螺栓与支架或者护筒进行连接, 从而形成刚性约束, 固定点的数量需要根据钢筋笼的直径与重量进行合理布置, 通常不能少于四处, 并且呈对称分布。固定作业完成以后, 要复核钢筋笼中心位置和设计桩位的偏差, 确保其能够满足规范要求, 所有固定装置在混凝土初凝之前都不可以拆除, 而且要具备抵抗灌注冲击与浮力的能力, 为钢筋笼提供全过程的位置保障^[5]。

2.3.3 中下部抗浮辅助措施配置

除了对顶部进行固定之外, 对于大直径或者深长桩的情况, 需要在钢筋笼的中下部增设专门的抗浮辅助装置, 以此来平衡混凝土灌注时所产生的上托力, 可以在主筋的内侧焊接压重块支架, 通过悬挂预制混凝土块或者钢质配重的方式, 进一步增加整体的自重。压重块的质量应该经过精确计算来确定, 要做到既能有效抑制钢筋笼上浮, 又不会超出吊装设备的承载能力。另一种可行的方式是在钢筋笼的侧壁设置临时拉索, 将拉索的一端锚固于笼体, 另一端固定在地面锚桩上, 通过张紧调节来提供向下的拉力。拉索的材质需要具备足够的抗拉强度, 并且要采取相应的防腐措施。抗浮装置的布设位置应当避开导管的通行路径, 防止对正常灌注施工造成干扰。所有的辅助措施都应该在不影响混凝土流动性的前提下实施, 并且要在施工方案中明确规定安装方法和拆除时机, 以确保这些装置功能有效且操作可行。

2.3.4 灌注过程动态监控与应急响应机制

混凝土灌注阶段是钢筋笼上浮风险最高的时段, 所以必须建立全过程动态监控机制。首先, 安排专职技术人员在孔口持续观察钢筋笼顶部标记位置, 一旦发现异常抬升情况就立即发出暂停指令。其次, 要严格控制首批混凝土下料速度以及方量, 避免高速冲击引发出瞬时浮力激增现象。导管初始埋深应当控制在1.0~1.5米的范围之间, 以此确保混凝土能够有效包裹钢筋笼底部。后续灌注过程当中导管提升要做到平稳缓慢, 每次提升之后必须重新测量混凝土面高度, 并且核算埋深是否处于2~6米的安全区间以内。如果出现轻微上浮状况可以暂停灌注作业, 检查固定点状态并且进行加固处理, 如果上浮较为严重则需要评估是否要终止该桩的施工操作。所有操作指令都由统一

指挥人员负责下达, 要杜绝出现多头指挥的情况。灌注记录应该详细记载钢筋笼状态变化相关内容, 将其作为质量追溯的重要依据, 从而确保问题可查、责任可究。

2.4 建立导管埋深智能监控与灌注连续保障机制

导管在安装之前必须要进行水密性试验, 以此确保接口密封达到可靠标准。在灌注的过程当中, 应该采用自动测深仪或者带刻度测绳实时监测混凝土面高度, 并且要依据此来计算导管埋深。导管埋深需要始终保持在2~6米的范围之内, 严格禁止提管速度过快或者埋深不足的情况。混凝土供应必须保证连续且充足, 搅拌站与运输车辆应该有备用方案, 从而防止出现断供问题。若遇到设备故障或者突发情况, 应该启动应急预案, 比如启用备用泵车或者采取临时缓凝措施。灌注记录要详细记载每车混凝土方量、灌注时间、导管提升次数以及埋深数据, 形成完整且可追溯的档案。导管拆卸操作应当平稳且有序进行, 避免碰撞到钢筋笼或者孔壁。整个灌注过程应该由专人进行统一指挥, 确保各个环节能够实现无缝衔接, 杜绝因人为失误而导致断桩现象。

3 结束语

钻孔灌注桩施工质量控制是一项系统性工程, 涉及成孔、护壁、下笼与灌注等多个相互关联的环节。针对钻孔倾斜、塌孔、钢筋笼上浮及断桩等典型问题, 必须从工艺执行、材料管理与过程监控三个方面入手, 建立全过程、精细化的质量保障体系。各项控制措施应立足于施工实际情况, 强调操作规范性与动态响应能力。只有严格执行技术标准, 强化各工序间的协同配合, 才能确保桩体结构完整、性能可靠, 为公路桥梁工程提供坚实的基础支撑。

参考文献:

- [1] 管志谨. 公路桥梁施工中钻孔灌注桩的质量控制对策[J]. 运输经理世界, 2024(23):85-87.
- [2] 何云枫, 赵聪. 公路桥梁钻孔灌注桩施工技术和质量控制要点构架[J]. 中华建设, 2025(04):163-165.
- [3] 李曼. 公路桥梁钻孔灌注桩施工质量控制分析[J]. 运输经理世界, 2022(26):107-109.
- [4] 杨磊. 公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工质量控制问题探讨[J]. 交通世界, 2022(21):66-69.
- [5] 任安乐. 公路桥梁钻孔灌注桩施工技术及其质量控制分析[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(10):106-107.