

桥梁桩基混凝土灌注施工中的质量控制技术探讨

罗 芳

浙江交工国际工程有限公司 浙江省丽水市龙泉市 323700

摘 要: 桥梁桩基混凝土灌注施工质量水平直接关系到桩基的承载能力与工程整体安全, 涉及材料、工艺、地质条件及人员操作等多方面因素, 任何环节的偏差都可能引发桩基缺陷, 进而影响桥梁的长期服役性能。本文围绕桥梁桩基混凝土灌注施工, 从施工概述、影响质量的主要因素及质量控制技术三个方面展开探讨, 重点分析材料检验、清孔工序、导管埋置、灌注过程监测及成桩质量检测等环节的控制措施。

关键词: 桥梁桩基; 混凝土; 灌注施工; 质量控制

在复杂地质条件、地下水环境及高强度荷载要求的背景下, 材料性能、施工工艺及操作规范的差异极易导致桩基缩颈、夹泥等质量隐患, 制约桥梁安全性与使用寿命, 随着交通基础设施建设规模的不断扩大, 施工环境复杂化, 传统经验控制已难以满足高标准质量要求, 需采用系统化的工艺优化与全过程质量监测实现施工参数的稳定性。因此, 探讨桩基混凝土灌注施工中的质量控制技术, 旨在强化材料检验控制, 优化工艺流程, 提升过程监测并完善检测手段, 实现对施工全过程的动态管控, 从而为桥梁工程提供可靠的技术支撑与质量保障。

1 桥梁桩基混凝土灌注施工概述

桥梁桩基混凝土灌注施工能够根据混凝土的连续灌注形成完整的桩身, 从而将上部结构荷载可靠地传递至持力层, 保证桥梁整体的稳定与耐久, 在施工过程中, 要根据设计要求完成成孔作业, 常用方法包括旋挖钻进、冲击钻进等, 不同的地质条件决定了成孔方式的选择, 成孔完成后需进行清孔处理, 以确保孔底沉渣厚度满足规范要求。随后导管下放环节要求埋置深度合理, 以确保混凝土能够自下而上连续置换孔内泥浆, 灌注过程中通常采用水下混凝土灌注工艺, 应保持连续, 不得中断, 否则导致冷缝和夹泥夹砂现象。随着混凝土的上升, 需实时监测灌注量、导管埋置深度及混凝土面上升速度, 以确保各项参数在合理范围内, 并借助超声波检测等方法对成桩质量进行检验, 确保桩身混凝土密实完整^[1]。

2 影响桩基混凝土灌注质量的主要因素

2.1 材料性能因素

在桥梁桩基混凝土灌注施工中, 水泥的品种与强度等

级需满足设计要求, 如果水泥安定性不足或存在过期失效情况, 易导致桩身早期强度不足, 后期收缩裂缝问题, 粗骨料需具备足够的坚固性与合理的粒径级配, 细骨料应洁净无杂质, 否则会影响混凝土和易性与泵送性能, 造成孔内离析、堵管现象。拌合用水需满足清洁要求, 若水中含有过量有机物、盐分或泥砂, 会对混凝土凝结硬化过程产生不良影响, 降低强度发展速度与耐久性能, 外加剂的合理使用也是保证混凝土性能的重要手段, 例如减水剂可改善流动性并保持塌落度稳定, 防止长时间灌注过程中发生离析或泌水, 最后要保证混凝土配合比设计, 既要满足强度与耐久性要求, 又需兼顾施工的连续性与可泵性, 保证在水下灌注环境中仍具备良好的自密实性能。

2.2 施工工艺因素

在桥梁桩基混凝土灌注施工中, 施工工艺因素影响贯穿于成孔、清孔到混凝土连续灌注的全过程, 成孔工艺的规范性直接关系到孔径尺寸、孔壁稳定性与孔底沉渣控制, 如果钻孔垂直度偏差过大或孔壁支护措施不到位, 极易引发塌孔、缩径或孔形不规则, 从而影响后续混凝土充盈效果, 而清孔工序是保证孔底干净与泥浆性能达标的關鍵, 如果清孔不彻底, 沉渣厚度过大, 泥浆比重, 都会导致桩端阻力降低甚至形成夹泥夹砂的隐患。埋置过浅容易造成混凝土与泥浆混合导致离析、断桩, 埋置过深则会增加灌注阻力和用量, 因此需通过精确测量保证导管始终处于合理埋深范围内, 灌注过程中混凝土需保持连续供应, 避免中途停顿, 否则会形成冷缝或空洞, 严重削弱桩身完整性。

2.3 地质环境因素

在桥梁桩基混凝土灌注施工过程中,不同的地层条件直接决定施工工艺的难易程度,若地层为砂性土或砂卵石层,地下水位较高时易发生孔壁坍塌、涌砂或孔内泥浆被稀释,造成成孔稳定性不足,从而影响混凝土的连续置换效果,而在粘性土层中,虽然孔壁相对稳定,但若泥浆性能控制不当,也会导致泥皮过厚,混凝土灌注时与泥皮结合不良,出现桩侧摩阻力减弱的现象。在软弱地基中,若桩端沉渣厚度超标或未能有效清除,易造成桩端阻力降低,出现沉桩、不均匀下沉的质量隐患,当地质条件存在断层破碎带、溶洞或强风化岩层时成孔难度增加,易出现缩颈、扩孔等情况,增加灌注风险。同时地下水的压力与流速也对灌注质量起着关键作用,若未能有效控制水头差,混凝土在下落过程中可能被冲散,导致离析、断桩等缺陷^[2]。

2.4 人员操作因素

在桥梁桩基混凝土灌注施工中,尽管设备与材料条件能够提供技术保障,但最终实施效果依赖于施工人员的操作水平与管理意识,施工过程中钻孔、清孔及混凝土灌注等环节都需要严格按照工艺规范执行,若操作人员对施工工艺理解不足,易出现孔底沉渣清理不彻底及导管埋置深度偏差等问题,导致断桩、缩颈或桩身混凝土密实度不足。施工组织的协调性也是人员因素的重要体现,混凝土运输、泵送与下料需要保持连续衔接,一旦人员调度不当或沟通失误,便会造成灌注中断或混凝土性能衰减。人员技能水平差异也会影响关键工序的精细化控制,高技能工人能够准确掌握塌落度、拌合均匀性及泥浆性能的变化,而经验不足的工人往往难以及时做出判断与调整。

3 桥梁桩基混凝土灌注施工中的质量控制技术

3.1 材料检验控制

在桥梁桩基混凝土灌注施工中,混凝土是桩基的主要承载材料,其性能稳定与否直接取决于原材料的质量及其符合设计规范的程度,因此需建立严格的材料进场检验制度,水泥的品种、强度等级与安定性是重点控制对象,应通过出厂合格证与复验检测双重把关,避免因不合格水泥导致桩身早期强度不足或后期裂缝隐患;骨料检验中,粗骨料需检测其粒径级配、针片状含量及压碎指标,保证其具备足够的强度与合理的级配结构,细骨料则应检验含泥量、泥块含量与有机杂质含量,避免因杂质过多影响混凝土的和易性、泵送

性及粘结性能;拌合用水需符合清洁无污染的标准,严禁使用含有大量有机物或盐分的水源,以免影响混凝土凝结硬化过程和后期耐久性;外加剂的检验,应重点关注其减水率、缓凝性能及对混凝土后期强度的影响,既要满足改善流动性的要求,又不能破坏混凝土整体结构性能。除了单项材料检验外,配合比设计的验证应采用试拌与性能测试,确保设计配合比在塌落度与和易性等方面达到最佳平衡,避免出现因配合比不合理引发的离析、泌水等问题,在材料进场后应建立抽检与留样制度,对砂石含水率、水泥安定性及混凝土试块强度进行定期检验,做到问题及时发现与纠正^[3]。

3.2 清孔工序控制

在桥梁桩基混凝土灌注施工中,成孔完成后孔底会残留一定厚度的沉渣,同时泥浆在成孔过程中也会因反复循环而出现比重过大、含砂率偏高或黏度不稳定等问题,如果清孔不彻底,沉渣厚度超过规范要求,桩端阻力将显著降低,甚至可能形成夹泥夹砂现象,导致承载力不足降。清孔工序通常采用正循环或反循环的方法,借助泥浆泵送与换浆来排出孔底沉渣,同时调整泥浆比重与黏度,使其保持在规范范围内,既能稳定孔壁,又不至于过大影响混凝土与地基土的结合效果,应严格控制清孔时间与清孔水头差,避免因操作不当引发塌孔或扩孔现象,清孔完成后需要对孔底沉渣厚度进行检测,通常采用沉渣仪及触探等方式进行测量,要求其厚度不得超过规范限值,以确保混凝土能够与地基土有效接触,形成良好的端承作用。同时还要检测孔内泥浆性能,控制比重、含砂率与黏度等指标在合理范围内,防止泥浆过稠影响混凝土上升,泥浆过稀导致孔壁稳定性不足,清孔工序控制应贯穿整个灌注准备阶段,在导管下放及灌注前需再次确认孔底沉渣与泥浆性能,确保参数持续稳定,同时建立完善的清孔质量控制台账,详细记录清孔时间、换浆次数、泥浆指标、沉渣厚度检测结果等关键数据,并通过多次复测确保检测结果的稳定性,从而降低施工风险,保证桩基承载力满足设计要求。

3.3 导管埋置控制

桥梁桩基混凝土灌注施工中,导管埋置控制的操作精度直接决定桩身的完整性与成桩质量,导管是水下混凝土灌注的核心工具,其埋置深度需保持在合理范围内,既不能过浅,也不能过深,若埋置过浅,极易导致混凝土与泥浆发生直接接触,产生离析、夹泥或断桩等质量缺陷,而若埋置过深,

则会增加混凝土上升阻力,造成灌注困难与材料浪费,同时还会因导管底端过深插入沉渣层而影响混凝土的均匀置换。因此施工过程中需根据实时测量导管理深,确保其始终控制在规范要求的安全区间,通常在初次下料时导管理置深度宜偏大,以保证混凝土顺利形成隔水塞,避免初灌阶段被泥浆稀释,随着混凝土面逐渐上升,应根据监测数据逐步提升导管,保持适宜埋深,确保混凝土上升连续、均匀。同时导管的密封性和连接可靠性也是控制要点之一,若接头处渗漏或松动,将严重影响灌注压力与混凝土流态,进而引发施工质量问题,因此在使用前需对导管进行全面检查,确保其结构完好且接头紧密。施工中还需建立导管理置控制的动态监测机制,通过测绳或专用检测装置精确掌握混凝土面位置与导管理深,做到参数实时可控^[4]。

3.4 灌注过程监测

在桥梁桩基混凝土灌注施工中,灌注过程监测在于对关键参数动态掌控,及时发现并纠正潜在问题,避免桩基出现断桩、缩颈或夹泥夹砂等质量缺陷,灌注过程中,要对混凝土的塌落度、和易性与拌合均匀性进行持续检查,确保其在运输与泵送过程中不发生性能衰减,从而维持良好的流动性和自密实性,而混凝土灌注量与理论计算量之间的对比是重要的监测内容,若出现明显偏差,需立即分析是否存在孔壁坍塌、孔底沉渣未清理彻底或混凝土离析等情况。导管理置深度与混凝土面上升速度的匹配也是监测的重点指标,采用测绳、测尺或电子测控设备实时掌握导管底端与混凝土面之间的相对位置,确保其埋深始终处于合理区间,避免因埋置过浅造成混凝土与泥浆直接接触,或因埋置过深导致灌注阻力增大与材料浪费。灌注连续性是另一个关键控制点,需保证混凝土供料不中断,若因设备故障或运输不畅导致灌注间隔过长,极易在桩身内部形成冷缝,影响整体承载力,需要在施工现场配备备用泵送设备与运输车辆,以防突发情况影响灌注进程,同时灌注过程中的泥浆性能也应同步监控,保持比重、黏度与含砂率在规范范围内,以避免泥浆过稠阻碍混凝土上升或泥浆过稀导致孔壁稳定性下降。

3.5 成桩质量检测

在桥梁桩基混凝土灌注施工中,成桩质量检测在于采用科学的检测方法全面评估桩身混凝土的完整性、密实性以及承载性能,为工程质量验收与后续结构安全提供可靠依

据,常用的检测方法包括低应变法、高应变法及声波透射法等,其中低应变法主要用于检测桩身完整性,能够快速发现断桩、缩颈或夹泥等缺陷;高应变法则通过动力测试评估桩基的极限承载力,适用于承载性能要求较高的工程;声波透射法利用超声波在桩身混凝土中的传播特性,对密实度与缺陷位置进行精确分析,是当前应用较为广泛的一种检测方法;钻芯取样虽然成本较高,但能直接获取桩身混凝土实物样本,对强度、密度与内部缺陷进行直观验证,具有最高的准确性。在实际施工中,检测结果往往需要与设计承载力、地质勘察资料以及施工记录进行对比分析,以便全面判断桩基质量,如当声波透射结果显示局部传播速度异常时,需结合灌注过程中的导管理深记录与混凝土方量统计等资料进行综合研判,以确定是否为施工缺陷所致,同时成桩质量检测还承担着施工反馈与质量追溯的作用,若检测发现问题,可通过补桩、加固或设计优化等方式进行处理,从而避免结构隐患的长期积累^[5]。

结语

综上所述,面对材料性能差异、施工工艺复杂性、地质环境多样性及人员操作不确定性等影响因素,需建立科学完善的质量管理体系,在材料环节实行严格的检验与配合比优化,在清孔、导管理置及灌注等工序中加强参数监控,在施工全过程中实施实时监测,并通过成桩质量检测形成反馈闭环,从而实现对每一关键环节的有效把控。实施系统性的控制措施能够保证桩身混凝土的密实性与完整性,提升桩基承载性能,推动桥梁建设高质量发展。

参考文献:

- [1] 方姗姗. 公路桥梁桩基施工技术及混凝土的质量控制[J]. 运输经理世界, 2025, (11): 91-93.
- [2] 刘雄礼. 探析公路桥梁桩基施工技术及混凝土的质量控制[J]. 汽车周刊, 2025, (04): 217-219.
- [3] 王年根. 桥梁桩基施工技术及混凝土施工建设质量控制措施[J]. 工程技术研究, 2021, 6 (17): 93-94.
- [4] 叶祺, 黄炜. 岩溶地区桥梁桩基施工及质量控制探讨[J]. 交通建设与管理, 2021, (02): 78-79.
- [5] 吴攀. 桥梁桩基施工技术及混凝土的质量控制分析[J]. 四川水泥, 2020, (11): 73-74.