

灌注桩施工技术在桥梁工程中的应用研究

田梦飞

河南坤元建设工程有限公司 河南 三门峡 472000

摘要：灌注桩施工技术凭借其适用性强、承载性能良好等优势，在桥梁工程建设中占据关键地位。文章深入剖析该技术在桥梁工程各施工阶段的应用要点，包括施工准备、成孔、钢筋笼制作安装及混凝土灌注等环节。系统梳理桩身混凝土缺陷、钢筋笼上浮、桩位偏差超差等常见质量问题，并针对性提出优化混凝土配合比、强化钢筋笼固定、提升测量精度等控制措施，为保障桥梁灌注桩施工质量与工程安全提供理论与实践参考。

关键词：灌注桩施工技术；桥梁工程；应用

引言

随着我国交通基础设施建设的持续推进，桥梁工程规模与技术要求不断提升。灌注桩作为桥梁基础的重要施工技术，其施工质量直接影响桥梁结构稳定性与使用寿命。然而，在实际应用中，灌注桩施工易受地质条件、施工工艺等多种因素干扰，引发各类质量问题。本文基于桥梁工程特点，系统研究灌注桩施工技术各环节应用要点，深入分析质量问题成因，并提出科学有效的控制措施，对提升桥梁工程建设水平具有重要现实意义。

1 灌注桩施工技术概述

灌注桩作为建筑工程基础施工的核心技术，通过在施工现场利用机械钻孔、钢管挤土或人力挖掘等方式成孔后，在孔内设置钢筋笼、灌注混凝土形成柱状桩体，实现地基承载与结构稳固功能。相较于预制桩，灌注桩无需大型运输及起吊设备，能适应狭窄场地与复杂地质条件，其施工过程不受桩长、桩径限制，可通过调整桩身参数灵活匹配不同荷载需求，在高层建筑、桥梁工程及港口码头建设中广泛应用。灌注桩施工涵盖成孔、钢筋笼制作与安装、混凝土灌注三大关键环节。成孔阶段依据地质条件与工程要求选择合适工艺，回旋钻成孔利用钻头旋转切削土体，泥浆护壁维持孔壁稳定，适用于黏性土、砂土等土层；冲击钻则以重锤反复冲击破碎岩石，适合硬岩地层施工；旋挖钻凭借高效、环保特点，在城市建筑基础工程中备受青睐。钢筋笼制作需严格控制钢筋规格、间距及连接质量，采用焊接或机械连接方式确保骨架整体性，吊装时防止变形与位置偏移。混凝土灌注采用导管法水下施工，首批混凝土需满足埋管深度要求，浇筑过程连续不间断，保证桩身混凝土密实度与完整性，避免出现断桩、缩颈等质量缺陷。随着建筑技术革新，灌注桩施工向智能化、绿色化方向发展。新型旋挖钻机集成定位导航、钻进参数实时监测系统，显

著提升成孔精度与施工效率；超缓凝混凝土、自密实混凝土的应用优化灌注工艺，减少施工风险；泥浆处理回收技术实现废弃物循环利用，降低环境污染。灌注桩施工技术的持续进步，为复杂工程建设提供可靠基础保障，推动现代土木工程向更高质量发展。

2 灌注桩施工技术在桥梁工程中的应用

2.1 施工准备阶段

(1) 场地勘察与处理是施工准备的基础工作，需对桥梁工程现场的地质条件进行详细探测。通过钻探、静力触探等多样化手段，全面获取土层分布、地下水水位、岩石特性等关键数据。依据这些详实资料，精准评估施工可行性，进而量身定制针对性方案。对施工场地进行平整压实，清除地表杂物、障碍物，修筑临时施工便道，确保施工机械顺利通行和作业。(2) 机械设备选型与调试至关重要，根据工程规模、地质条件选择合适的成孔设备，如旋挖钻机适用于多种地层，冲击钻机则在岩石地层更具优势，同时配备泥浆制备、混凝土灌注等配套设备。进场后对所有设备进行全面检查与调试，确保其性能稳定、运行可靠，避免施工过程中出现故障影响进度。(3) 材料准备方面，严格把控钢筋、水泥、砂石等原材料质量，钢筋需具有符合设计要求的强度、延展性和规格，水泥应选用品质稳定的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，砂石的级配、含泥量等指标需满足规范标准。原材料进场后按批次进行抽样检验，检验合格后方可投入使用，同时做好存储管理，防止材料受潮、锈蚀^[1]。

2.2 成孔施工阶段

(1) 成孔施工前，依据设计图纸精确测量放线，确定桩位并设置明显标志，利用全站仪等测量仪器进行多次复核，确保桩位偏差控制在允许范围内。采用护筒埋设工艺，护筒一般选用钢制材料，其直径比桩径大10-20cm，埋设深度根据地质条件确定，一般在黏性土中不

小于1m,在砂土中不小于1.5m,以起到固定桩位、隔离地表水、保护孔口等作用。(2)成孔过程中,泥浆护壁是关键环节,通过泥浆泵向孔内注入性能指标合格的泥浆,利用泥浆的液柱压力平衡孔壁土压力,防止孔壁坍塌。泥浆的相对密度、黏度、含砂率等指标需根据不同地层进行实时调整,在易塌孔的砂层可适当提高泥浆相对密度和黏度。根据成孔设备特点和地层情况,合理控制钻进速度和钻进参数,避免出现斜孔、缩径等质量问题。(3)成孔达到设计深度后,进行孔深、孔径、垂直度等指标的检测,采用测绳测量孔深,孔径仪检测孔径,垂球法或超声波检测仪检查垂直度。对不符合设计要求的孔位及时进行处理,如孔深不足需继续钻进,孔径偏小则进行扫孔作业,确保成孔质量满足后续施工要求。

2.3 钢筋笼制作与安装阶段

(1)钢筋笼制作在专门的加工场地进行,根据设计图纸要求,准确下料钢筋,主筋、箍筋、加强筋等规格、数量和连接方式需符合设计及规范标准。主筋连接可采用焊接、机械连接等方式,焊接时需保证焊缝长度、宽度和高度满足要求,机械连接要确保接头的拧紧力矩符合规定。钢筋加工完成后,进行调直、除锈处理,保证钢筋表面洁净、无损伤。(2)钢筋笼组装时,按照设计间距安装加强筋,将主筋与加强筋焊接牢固形成骨架,然后依次安装箍筋,采用点焊或绑扎方式固定,确保钢筋笼具有足够的刚度和稳定性。制作完成的钢筋笼需进行质量检验,检查其外形尺寸、钢筋间距、焊接质量等指标,合格后进行标识存放,防止混淆和变形。(3)钢筋笼安装采用吊装设备进行,根据钢筋笼长度和重量选择合适的吊装方法,如分段吊装时需在孔口进行焊接接长,焊接过程要保证焊缝质量和钢筋笼的同轴度。吊装过程中要缓慢平稳操作,防止钢筋笼碰撞孔壁造成塌孔。钢筋笼下放至设计标高后,采用吊筋将其固定在孔口,确保钢筋笼位置准确,避免混凝土灌注过程中出现上浮或下沉现象^[2]。

2.4 混凝土灌注阶段

(1)混凝土灌注前,需对孔底沉渣进行二次清理,采用换浆法或抽渣法将孔底沉渣厚度控制在设计允许范围内,避免沉渣影响桩基承载力。检查导管的密封性和连接牢固性,导管一般采用钢制,直径根据桩径选择,下导管时要准确计算导管长度和下放深度,保证导管底部距孔底30-50cm。(2)混凝土采用商品混凝土,其配合比需通过试验确定,确保混凝土具有良好的和易性、流动性和强度等级。混凝土运至现场后,检测其坍落度、扩展度等指标,不符合要求的混凝土严禁使用。灌

注时,首批混凝土要保证导管理深不小于1m,采用剪球或拔塞等方式使混凝土顺利下落,形成良好的封底效果。(3)在混凝土灌注过程中,要连续均匀进行,控制灌注速度,避免过快或过慢影响灌注质量。随着混凝土面上升,适时提升和拆除导管,保持导管理深在2-6m范围内,防止导管拔出混凝土面造成断桩。要经常测量混凝土面高度,通过计算导管理深及时调整导管拆除长度。灌注完成后,高出设计桩顶标高0.5-1m,以便后期凿除浮浆,保证桩头混凝土质量。

3 灌注桩施工技术在桥梁工程应用中存在的质量问题及控制措施

3.1 存在的质量问题

3.1.1 桩身混凝土缺陷

在桥梁工程灌注桩施工过程中,桩身混凝土缺陷是较为常见且影响重大的质量问题。混凝土原材料质量不稳定,如水泥强度不足、骨料级配不良、含泥量超标,会直接削弱混凝土整体性能。在灌注环节,若混凝土坍落度控制不当,坍落度过大易产生离析,导致粗骨料与砂浆分离,在桩身形成蜂窝、孔洞;坍落度过小则流动性差,难以填充桩孔,造成灌注不密实。导管提升与拆除操作不规范同样是关键因素,导管理深过深,混凝土无法顺利流出,易产生堵管,致使混凝土灌注中断,形成断桩;导管提升过快或埋深过浅,会使混凝土与泥浆直接接触,混入泥浆形成夹泥层,严重影响桩身强度与完整性,降低桥梁桩基承载能力,威胁桥梁结构安全。

3.1.2 钢筋笼上浮

钢筋笼上浮现象在灌注桩施工中对工程质量危害显著。混凝土灌注速度过快,瞬间产生的巨大冲击力,会对钢筋笼产生向上的顶托力,当此力超过钢筋笼自身重力与摩擦力之和时,钢筋笼便会上浮。导管提升过程中,若导管底端距离钢筋笼过近,且提升速度过快,混凝土从导管流出时的反冲力会带动钢筋笼上浮。混凝土浇筑至钢筋笼底部时,若此时混凝土的流动性、和易性不佳,浇筑面上升过程中与钢筋笼之间的摩擦力增大,也易引发钢筋笼上浮。钢筋笼上浮会改变其在桩身中的设计位置,影响桩基受力性能,降低桩基对桥梁上部结构的支撑效果,可能导致桥梁结构出现不均匀沉降等后续问题^[3]。

3.1.3 桩位偏差超差

桩位偏差超差严重影响桥梁工程的整体质量与设计预期。施工场地地质条件复杂多变,若未进行详细的地质勘察,对软弱土层、地下障碍物等情况掌握不足,在成孔过程中,钻机易因受力不均发生偏移,导致桩位偏

差。测量放样环节精度不够,测量仪器误差较大、控制点设置不合理或放样过程中操作失误,都会使桩位定位出现偏差。成孔设备安装不稳固,钻机底座未调平、钻杆垂直度未校准,在钻进过程中随着深度增加,偏差会不断累积。成孔过程中护壁措施不当,孔壁坍塌、缩径等问题,会使钻头偏离预定轨迹,造成桩位偏差超差,影响桥梁桩基的受力分布,降低桥梁结构的稳定性与安全性。

3.2 控制措施

3.2.1 优化混凝土配合比与灌注工艺

优化混凝土配合比与灌注工艺是解决桩身混凝土缺陷的核心手段。在配合比设计上,依据工程地质条件与施工要求,精准选择水泥品种与强度等级,确保水泥水化热与凝结时间满足施工需求;严格筛选骨料,控制其粒径、级配与含泥量,采用合理的砂率,使混凝土具有良好的和易性与流动性。通过大量试验确定最佳水胶比,在保证混凝土强度的同时,控制坍落度在合适范围,一般为180-220mm,以减少离析与堵管风险。灌注工艺方面,合理控制导管理深,一般保持在2-6m,随着混凝土灌注,及时、匀速提升与拆除导管,避免导管理深过深或过浅。配备足够的混凝土供应设备,确保混凝土连续灌注,防止灌注中断形成断桩或夹泥层,以此提升桩身混凝土质量,保障桩基承载性能。

3.2.2 强化钢筋笼固定与施工控制

针对钢筋笼上浮问题,强化钢筋笼固定与施工控制至关重要。在钢筋笼制作阶段,严格按照设计要求加工,保证钢筋笼的直径、长度、主筋间距与箍筋间距等尺寸准确无误,增强钢筋笼整体刚度。下放钢筋笼时,确保其处于桩孔中心位置,通过在钢筋笼外侧设置定位钢筋或混凝土垫块,控制保护层厚度,防止钢筋笼与孔壁接触。在混凝土灌注过程中,合理控制灌注速度,在混凝土浇筑至钢筋笼底部时,适当放慢速度,减小冲击力;精确控制导管提升高度与速度,保持导管底端与钢筋笼有一定安全距离,避免混凝土反冲力带动钢筋笼上浮。可在钢筋笼顶端设置固定装置,将其与孔口护筒或

钻机平台牢固连接,进一步增强钢筋笼稳定性,有效防止钢筋笼上浮,保障桩基结构的可靠性。

3.2.3 提高测量精度与成孔质量控制

提高测量精度与成孔质量控制是解决桩位偏差超差的关键途径。在施工前,运用高精度测量仪器,如全站仪、GPS等,结合详细的地质勘察资料,准确进行桩位放样,多次复核控制点与桩位坐标,确保测量误差控制在允许范围内。加强成孔设备安装管理,在安装钻机时,使用水平仪与垂球精确调平底座、校准钻杆垂直度,使其偏差不超过规范要求。钻进过程中,实时监测钻杆垂直度与钻进深度,采用先进的成孔监测技术,如超声波成孔检测仪,及时发现孔壁坍塌、缩径等问题并采取相应措施处理。针对复杂地质条件,提前制定专项施工方案,选用合适的成孔工艺与护壁措施,如采用泥浆护壁或套管护壁,保证孔壁稳定,使钻头沿预定轨迹钻进,从而有效控制桩位偏差,确保桥梁桩基施工符合设计要求,提升桥梁工程整体质量^[4]。

结语

综上所述,灌注桩施工技术在桥梁工程中发挥着不可替代的作用。通过明确各施工阶段技术要点,精准把控施工准备、成孔、钢筋笼安装及混凝土灌注等关键环节,同时针对性解决桩身缺陷、钢筋笼上浮、桩位偏差等质量问题,能够显著提升灌注桩施工质量。未来需持续探索创新施工工艺,优化质量控制措施,为桥梁工程建设提供更坚实的技术保障。

参考文献

- [1]邱堂堂,马雷.钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁工程中的应用[J].工程建设与设计,2023(22):188-190.
- [2]谭春利.桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用研究[J].交通建设与管理,2024(6):63-65.
- [3]张亚.钻孔灌注桩施工技术在桥梁工程中的应用[J].运输经理世界,2022(2):100-102.
- [4]于海航.桥梁工程中钻孔灌注桩施工技术应用研究[J].交通世界,2023(23):186-188.