

混凝土灌注桩基施工技术在房建工程建设中的应用

文 / 张海博 陕西宏海时代建设工程有限公司

王 超 中宏汇成建设工程有限公司

摘要:当前,建筑行业快速发展促使基础工程技术持续改进。本文针对房建工程中的混凝土灌注桩基工艺展开分析,重点探讨其操作要点及实施规范。通过系统梳理施工流程中的关键技术环节,总结该工艺在质量管控方面的核心要素,为同类工程提供可参考的施工指导方案。

关键词:混凝土灌注桩基; 施工技术; 房建工程建设

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.15.041

引言

在房建工程领域,基础结构质量直接影响整体建筑安全性能。混凝土灌注桩基作为深基础施工的常用方式,其技术应用具有显著工程价值。本论述基于现行施工规范要求,结合具体工程实践,对该技术实施过程进行分项解析。研究重点集中于成孔质量保障、混凝土浇筑控制等核心工序,旨在形成系统化的施工管理方法。

一、工程概况

某综合保税区基础设施建设项目总建筑面积21297.8平方米,建筑主体高度23.5米。主体承重结构采用钢筋混凝土框架体系,地上共设三层。工程抗震设防烈度按8度标准执行,设防等级确定为二级,设计基准期为50年。基础工程采用C35P8抗渗等级混凝土管桩基础^[1]。

混凝土强度等级具体划分如下:(1)基础结构。C35抗渗混凝土(2)竖向承重构件。框架柱:标高13.75米及以下区域采用C45混凝土;框架柱:标高13.75米以上区域采用C40混凝土(3)水平承重构件。框架梁、楼板系统:C35混凝土;楼梯结构:C30混凝土(4)二次结构。圈梁及构造柱:C25混凝土。

二、钻孔前准备

(1)桩位测量放样后整平场地,钻机按方案就位,配置混凝土运输车及起重机辅助钢筋笼安装、导管作业及混凝土灌注。(2)测量组用拓普康全站仪放样钢丝网基准线,闭合复核后布设网架,钢卷尺复测轴线间距。纵向轴线两侧设2组控制桩(距筒壁2.0m),横向基准桩双排布置,桩距 $\geq 6m$ 。(3)4mm厚钢护筒(内径 $>$ 桩径20cm)人工开挖埋设,定位后夯实,中心偏差 $< 50mm$,顶面高地面0.3m。干地施工采用定位桩复核,垂直偏差 $\leq 1%$,分层回填50cm黏土并夯实。(4)钻机枕木基座就位后,用水平仪检测基座,十字定位桩精确定位,铅垂仪校验垂直度,轴线偏差控制在规范内^[2]。(5)黏性土制浆,密度 $1.10-1.15g/cm^3$,新浆含砂率 $< 4%$ 、胶体率 $\geq 90%$ 、流变 ≥ 14 秒,指标不合格需重调。

三、施工技术

(一) 施工工艺流程

场地坐标复核→钻机设备安装与调试→定位对中校准→旋挖成孔施工→孔深质量检测→终孔验收→钢筋笼制作及注浆系统预埋→钢筋构件下放安装→沉渣厚度检测→水下混凝土灌注→顶标高控制→试件制备养护→后注浆工艺实施→施工过程数据记录,图1为混凝土灌注桩基施工^[3]。



图1:混凝土灌注桩基施工

(二) 定位测控作业

为确保桩基定位精度达标,采取全过程复合校验机制。每日开工前对预标定桩位进行全数复测,同步完成数据校核与坐标确认。基准桩设立后须实施三级核验程序,及时编制轴线测设专项记录,经监理单位书面签认后方可作为施工依据。各施工区段放样作业需执行多基准点校核制度,实测数据经现场监理复核合格并签署确认文件后,方可开展后续工序施工。

钢筋预埋施工中,埋深不得小于300mm以防止机械碾压损伤。平面定位允许偏差值应控制在10mm以内,高程控制偏差限值为 $\pm 5mm$ 。采用十字交会定位法实施时,以测点中心为基准,在正交方向布设四组基准控制桩,通过轴线交会建立正交轴线网,最终定位点须满足中心坐标偏差不超过10mm的精度验收标准。

本工程采用组合式测量放样工艺，在钻孔工序前对灌注桩实施三维坐标控制。运用 T2 级光学经纬仪、NA2 精密水准仪与激光全站仪构建多仪器联测系统，通过多源数据互校实现桩心坐标精确定位。施工全程执行全周期测量点三级复核制度，所有控制点均需完成仪器交叉验证及误差平差处理。

采取反铲自卸车与普通自卸车配合使用的运输方案，将打桩锤安全运抵作业区域后，通过反铲挖掘机完成设备就位联合作业。施工过程中，为避免地基承载力不足导致的桩机偏移、桩体倾斜或偏心等问题，采取反铲设备对场地进行平整压实处理，并在处理后的地表表面铺设钢板与枕木形成复合垫层结构。针对桩位定位控制，实施分级定位操作流程：初步通过钻杆移动实现粗定位，随后使用液压千斤顶顶升桩机主体，确保提升滑轮中心与钻头护筒轴线精确对位，同步采用双轴垂直仪实时监测设备垂直状态，将定位误差严格控制在 2 厘米以内。在钻孔稳定性控制方面，使用枕木搭建钻架支撑结构基础，同时在钻塔顶端对称安装两组钢缆锚固系统，形成双向平衡拉力体系^[4]。

（三）泥浆配制和填埋工艺

针对工程区域地质构造及水文条件复杂性，钻孔作业需配置优质护壁浆液以维持孔壁稳定。施工采用“排沙管除渣-泥浆调制-泵送循环-分级排水”的封闭式浆液再生工艺体系。为控制环境影响，工程现场设置了容积为 3 立方米的专用排渣沉淀池。护壁浆液以粘土基材料配制，浆液密度控制在 1.1-1.4g/cm³ 区间，漏斗粘度保持在 23-28 秒范围。实施阶段建立浆液质量监测制度，重点监控相对密度、流变参数、含砂率及胶凝特性等关键指标，依据检测数据进行配方优化，确保护壁体系达到预期工程效果。

在桩基成孔作业中，钢质套管承担双重技术职能：一是通过力学支撑作用维持孔壁结构稳定，防范塌孔及流砂风险；二是对地层界面、桩位坐标及钻具系统形成物理防护屏障。施工前严格依据测量定位数据实施导向护筒预埋，控制护筒中心与设计桩位偏差不超过 ±30mm。该护筒采用 8mm 厚钢板经卷制焊接工艺成型，公称直径 1100mm，安装过程执行“三准”标准（定位准、垂直度准、标高准）。护筒周侧采用粘性土质填料实施分层对称回填，每层回填厚度不大于 300mm，同步进行环向夯实处理，确保侧向约束力满足施工荷载要求。

（四）钻孔与清孔

施工前需向护筒内注入足量清水，随后采用小冲程（1.0-1.5m 范围）实施初钻作业，必要时可适量掺加黄土改良土质。待护筒内泥浆比重稳定达标后，方可转入正式钻孔工序。作业全程须严格执行冲孔操作规范，重点确保钻机对位精准、垂直度达标及护筒稳固密封。

钻孔过程中应持续实施泥浆循环系统，保持液面始终高于地下水位 1.0m 以上，同步开展实时排渣作业。施工人员需通过测量仪器持续监测钻孔垂直度，及时修正孔位偏差。为降低地基振动对邻近洞室结构的影响，成孔后应按序完成清孔处理、钢筋笼精准下放及水下混凝土连续灌注等工序。

待孔位坐标、孔深、孔形及孔径均符合设计标准后，需按规范要求开展全面检测。孔口检测数据经复核满足设计参数后，方可实施孔口清理作业。清孔作业时，将钻具缓慢提升至距孔口 20cm 位置，通过循环式冲击动作实现泥浆置换与沉渣清除，同步保持 2m 以上水头高度防止孔壁坍塌。

混凝土浇筑前须对孔底进行二次清孔，确保孔底压力值及泥浆性能参数达到设计标准。终孔验收时孔底沉渣厚度须严格控制在 ≤ 5cm 范围内。泥浆质量控制指标为：比重 1.03-1.10，粘度 17-20 秒，含砂率 < 2%。针对嵌岩桩基础特殊施工要求，采用空压机与风管联动工艺实施桩端处理，确保成桩质量符合设计与规范双重标准。

（五）钢筋笼和导管安装

孔洞清理作业完成后，采用垂直吊装工艺将预制的钢筋骨架准确置入钻孔。生产阶段实施分段集中预制管理，安排专职人员全过程监控，确保构件几何参数符合规范：径向导筋公差控制 ±10mm，纵向偏差限值 ±100mm。加工过程中需严格控制骨架平直度，杜绝扭曲变形现象^[5]。

焊接质量实行全数检测制度，对接焊缝执行单侧 10d、双侧各 5d 的焊接长度标准（d 为钢筋直径），焊缝有效厚度不低于 0.3d，宽度达到 0.7d。运输前加装十字型加固支架，防止转运过程结构失稳。采用专业桩基吊装设备实施钢笼吊放，孔内对接时确保上下节段轴线重合。

骨架就位至设计标高后，采用双重定位装置将其稳固于支护结构，预防位移或浮升。施工中需精准定位对中，确保混凝土保护层厚度及锚固区标高均达设计要求。结构安装完毕后实施二次清孔作业，经质量验收合格后向建设方提交检测资料。

本工程采用规格为 Φ250-300mm 的钢制注浆导管，管节间采用螺纹套筒连接，接口处设置环形橡胶止水垫密封。单节管长配置含 2m、1m、0.5m 及 3.5m 四种规格。吊装时需保证管道轴线与孔位中心线重合，管底与孔口间距控制在 0.3-5.0m 区间内，孔底终管长度不得超过 3.5m。

（六）二次清孔质量检测

施工过程中采用泥浆循环系统进行清孔作业，将调配合格的泥浆通过输送管路注入孔底，携带钻渣的泥浆经排渣槽流入沉淀池进行过滤净化后重新回用至孔内。清孔作业持续约 4 至 6 小时，待桩孔达到设计桩长

38.25米要求的清洁度后,需使用专用检测设备对孔底沉渣厚度、泥浆比重等关键指标进行复检验收。

(1) 沉渣厚度测量方法。采用重锤沉降检测法进行沉渣厚度测定,具体步骤为:将标准测绳(总长38.25m)末端连接圆柱形配重锤体,垂直悬挂于成桩孔口基准位置。通过记录锤体自由下落过程中的位移速率变化及沉渣层阻力特征,结合测绳刻度示值,计算得出孔底沉渣实际厚度值。该检测过程需在桩基成孔验收阶段同步实施。

(2) 黏度测定操作规程。采用马氏漏斗黏度仪进行浆液黏度测定,具体流程如下:准备200mL与500mL标准量杯各一具,对试样进行砂石过滤预处理后,准确量取700mL待测浆液匀速注入黏度仪储液腔。启动电子计时器同步记录浆液经标准孔径自由流注至500mL接收容器所需时长(秒),该时间参数即为黏度测定值。

(3) 含砂率测定方法。将50毫升泥浆样本注入专用含砂量测定仪,随后加入适量清水至标定刻度。密封仪器顶盖后,手持容器进行持续60秒的均匀振荡,使固液两相充分混合。静置直立3分钟后,读取底部沉淀物体积示值,其双倍数值即为最终含砂率参数。当满足以下四项技术指标时方可实施水下混凝土灌注作业:孔底沉渣厚度 ≤ 50 毫米、泥浆密度 $< 1.20\text{g}/\text{cm}^3$ 、含砂率 $< 6\%$ 、粘度值 < 20 秒。若任意指标超出限定范围,需立即启动清孔程序直至各参数全部达标。

(七) 混凝土灌注与桩基质量检测

本工程选用C30级二次自密实水下混凝土,拌和过程中需严格遵循设计规范控制配比参数,确保新拌混凝土坍落度指标稳定在 $180\pm 20\text{mm}$ 范围。混凝土经由预设斜坡轨道通过运输车辆输送至平台贮料仓,当浇筑体量达到 1.8m^3 基准值后实施连续浇筑作业。采用 $\Phi 220\text{mm}$ 无缝钢质导管实施水下灌注工艺,管节间通过法兰盘刚性连接,隔水装置选用弹性拉球式密封系统。所有管节在安装前须完成几何尺寸、密封性能及承压能力检测,施工过程中导管工作压力须始终高于对应浇筑深度的静水压力值。

(八) 水下混凝土灌注工艺控制

实施混凝土浇筑时,在大型灌注漏斗颈部安装弹性防水球塞装置,下部覆盖双层油布防护层,通过钢绞线悬挂系统固定于作业横梁。当漏斗内混凝土储量满足初灌量要求时,及时解除球塞约束,通过初灌混凝土置换泥浆形成有效埋管深度。灌注作业期间需重点监控三个技术环节:①导管连接部位密封性须经 0.6MPa 水压试验验证;②吊装过程保持垂直稳定,维持孔内水头压力平衡;③导管底口距孔底距离应控制在 $2.0\text{--}6.0\text{m}$ 区间,灌注桩顶面超灌量按设计要求预留 50cm 高度,确保凿除浮浆层后桩身混凝土质量达标。全过程采用不间断连续浇筑工艺,避免层间接缝导致的断桩质量缺陷。

在开展混凝土浇筑施工时,应按以下工艺规范执行:作业初始阶段应在大型灌注漏斗顶部设置具备防水性能的球型螺栓结构,同步在装置底部铺设油布作为防水屏障。该连接系统通过高强度钢索与梁体形成稳定连接体系,待漏斗内混凝土填充量达到标准后,依靠材料自重形成的压力实现螺栓自动开启。利用首次灌注产生的压力场完成排水作业,保证预埋管线深度达到技术指标,以此强化水下混凝土的质量管控。针对水下混凝土施工环节,需着重把控以下几个关键点:①对所有管道的连接部位必须进行密封性专项检测;②实施吊装作业时应确保设备运行平稳,最大限度减少外部扰动;③需全程监控并维持孔内静水压力值的稳定性;④施工过程中应将灌注管底端埋置深度严格控制在 $2\text{--}6$ 米区间;⑤为确保后续桩顶浮浆层清除工序质量,实际浇筑的桩顶高程应高于设计标高 50 厘米。此外,必须实施不间断连续浇筑作业,杜绝因中途停浇引发的桩体质量隐患。

桩基工程验收需严格依据设计要求及现行验收规范执行。质量检测采用超声波透射法对桩身完整性进行检测,同步实施钻芯取样验证。工程涉及的全部57根桩基均已完成检测,检测结果显示57根桩基中:I类桩51根(占比 89.5%),II类桩6根(占比 10.5%),质量等级均满足设计规定。依据规范要求抽取3根桩进行钻芯取样验证,检测数据显示各项抗压强度指标均超出设计标准,实测数据与设计参数对比分析表明,所有取样桩体均符合工程验收技术指标要求。

结语

实践表明,混凝土灌注桩基技术的合理运用可有效提升房建工程基础承载力。施工过程中需重点把控泥浆比重调控、孔壁垂直度监测、混凝土坍落度控制等关键环节。通过标准化作业流程的严格执行,可确保桩体完整性和结构可靠性,为上部建筑施工创造良好基础条件。该技术的持续优化对推动建筑工程质量提升具有积极意义。

参考文献

- [1] 林克慧. 基于建筑桩基检测技术对超深混凝土灌注桩移除研究[J]. 建设科技, 2023, (23): 119-121.
- [2] 高敏, 李创红, 黄礼身, 马金昊, 张佳, 刘博. 基于三维成孔模型的桩基混凝土灌注导管控制方法研究[J]. 云南水力发电, 2023, 39(08): 132-135.
- [3] 靳川, 张祥瑞, 单江卫, 张小华, 陈明华. 灞河(东三环-欧亚大道)跨河人行桥工程桩基水下混凝土灌注施工技术[J]. 居舍, 2021, (31): 85-87.
- [4] 钟贤雄. 某跨海大桥桩基海工混凝土配合比设计及灌注质量控制[J]. 福建建材, 2018, (05): 74-75+117.
- [5] 邹海明. 黄泛区旋挖钻混凝土灌注桩基施工技术[J]. 建筑技术开发, 2017, 44(18): 59-61.