

岩土工程桩基施工与岩土工程的地基处理

薛怀敏

泰安市建设工程施工图审查中心

DOI:10.12238/etd.v6i8.17089

[摘要] 在岩土工程领域,桩基施工与地基处理至关重要。桩基施工具有区域性特征,需适配技术,做好前瞻性储备与隐藏性风险防控。其核心方法涵盖预制桩、灌注桩及特殊地质施工。地基处理技术有复合地基、排水固结、化学加固等。正确运用这些技术与策略,可有效提升岩土工程稳定性,保障建筑物安全,对工程建设具有关键意义。

[关键词] 岩土工程; 桩基施工; 地基处理; 特点与要点

中图分类号: TU753 **文献标识码:** A

Pile Foundation Construction and Ground Treatment in Geotechnical Engineering

Huaimin Xue

Tai'an Construction Engineering Drawing Review Center

[Abstract] In the field of geotechnical engineering, pile foundation construction and ground treatment are of paramount importance. Pile foundation construction exhibits regional characteristics, requiring suitable technologies as well as proactive preparedness and hidden risk prevention. Its core methods include precast piles, cast-in-place piles, and construction techniques for special geological conditions. Ground treatment technologies encompass composite foundations, drainage consolidation, chemical reinforcement, among others. The correct application of these technologies and strategies can effectively enhance the stability of geotechnical engineering and ensure building safety, playing a critical role in construction projects.

[Key words] Geotechnical Engineering; Pile Foundation Construction; Ground Treatment; Characteristics and Key Points

引言

岩土工程中,桩基施工与地基处理是保障建筑物稳定性和安全性的关键环节。不同地质条件对桩基施工技术选择、工艺适配及承载机制设计提出了差异化要求。地基处理需根据土质特性采用合适方法提升承载力、控制沉降。深入探讨岩土工程桩基施工特点、核心方法以及地基处理技术体系,对提高工程质量、确保工程安全具有重要意义。

1 岩土工程桩基施工特点与要点

1.1 区域性特征与施工技术适配

岩土工程桩基施工具有显著的区域性特征,不同地质条件对施工技术选择、工艺适配及承载机制设计提出了差异化要求。在软土地基区域,如长江三角洲的淤泥质土层,土体承载力低、压缩性高,桩基施工需优先采用摩擦桩或复合桩基技术,通过增大桩身侧摩阻力弥补端阻力不足^[1]。预应力混凝土管桩配合高压注浆工艺,通过桩端注浆形成扩大头,可显著增强桩端阻力,提升单桩承载力。而在基岩裸露的西南山区,如喀斯特地貌区,嵌岩桩施工需采用旋挖钻机与冲击钻机组合工艺,确保桩端嵌入

中风化岩层深度满足设计要求,避免因嵌岩深度不足导致桩基沉降超标。地质勘察数据的准确性是施工技术适配的基础。某沿海项目因初期勘察未识别地下3米处存在厚层砂砾层,导致预制桩施工时桩身应力集中,出现断裂事故。后续通过补充勘察,调整为钻孔灌注桩工艺,并采用泥浆护壁与后压浆技术,通过桩端、桩侧双重加固,有效解决了桩基承载力不足问题。这表明,区域性地质特征分析需贯穿勘察、设计、施工全周期,任何环节的疏漏均可能引发技术适配失效。

1.2 前瞻性技术储备与动态优化

桩基施工的前瞻性体现在对地质变化的预判能力与施工参数的动态调整能力。在黄土地区,湿陷性土层对桩基承载力影响显著,施工前需通过灰土挤密桩、强夯等预处理技术消除湿陷性,形成复合地基后再施工桩基。某西北项目通过预先设置3米厚灰土垫层,使桩基沉降量减少60%,验证了前瞻性技术储备对控制后期变形的重要性。施工过程中的动态优化是前瞻性的延伸。在深圳某超高层建筑桩基施工中,初始设计采用直径1.2米钻孔灌注桩,施工至30米深度时发现中风化岩层强度低于勘察报

告^[2]。项目团队立即启动动态优化程序,通过增加桩长至45米并采用桩侧后注浆工艺,利用浆液渗透加固桩周土体,最终使单桩承载力达到设计要求的1.2倍。这种基于实时监测数据(如钻进速率、岩芯取样强度)的施工参数调整,已成为现代桩基施工的标准化流程,有效规避了因地质不确定性导致的质量风险。

1.3 隐蔽性风险防控与质量管理

桩基施工的隐蔽性特征(如桩身完整性、孔底沉渣厚度等)要求建立全流程质量管控体系。在人工挖孔桩施工中,孔壁坍塌与有害气体积聚是主要风险。某地铁车站项目通过实施“五步防护法”:孔口设置防护棚防止坠物,孔内强制通风稀释有害气体,每日气体检测确保浓度达标,分段开挖支护控制孔壁变形,专职安全员旁站监督施工操作,实现了连续300天零事故施工。这表明,隐蔽性风险防控需通过标准化流程与实时监测双重保障。桩身完整性检测是控制隐蔽性质量的关键环节。低应变反射波法通过分析桩顶振动响应,可检测桩身缺陷位置与程度,适用于初步筛查;声波透射法则通过预埋声测管发射声波,精准定位桩身夹泥、断桩等严重缺陷,检测精度达厘米级。在杭州某跨江大桥桩基检测中,通过声波透射法发现3根桩存在桩底沉渣过厚问题,经补桩处理后确保了结构安全。

2 岩土工程桩基施工核心方法

2.1 预制桩施工工艺体系

预制桩施工以锤击法、振动法、静压法三大工艺为核心,构建起适应不同地质条件的施工体系。锤击法借助柴油锤或液压锤施加冲击力,能量传递效率较高,适用于粘性与密实砂土。不过,施工过程中需严格控制锤击频率,若频率过高,桩身易因反复冲击而出现损伤,如产生裂纹等,影响桩基质量。振动法利用高频振动降低土体对桩的阻力,尤其适用于砂土层。振动锤与桩体产生共振效应,能实现快速沉桩,且施工过程中产生的振动和噪音相对较小,对周边环境的影响也较小。静压法凭借无噪音、无污染的显著优势,成为居民区周边项目的首选施工方法。它通过液压系统施加静压力,并配合压力-位移双控技术,能够精准控制桩基的入土深度与承载力,确保桩基施工质量稳定可靠^[3]。接桩工艺是预制桩施工的关键环节。焊接接桩时,要严格控制焊缝质量,采用分层焊接、对称施焊等工艺,保证焊缝饱满度。需进行100%的外观检查,杜绝虚焊、裂纹等缺陷,确保焊缝的强度和可靠性。法兰接桩则要求螺栓紧固力矩符合设计标准,使用扭矩扳手逐一校验,保证接桩部位刚度一致,使桩身整体受力均匀。两种接桩方式完成后,均需进行垂直度复核,防止因接桩偏差导致桩身倾斜,影响桩基的承载性能和稳定性。

2.2 灌注桩成孔技术演进

灌注桩成孔技术经历了泥浆护壁、全套管施工、旋挖钻进三次重要的技术迭代。泥浆护壁工艺通过调整泥浆的比重与粘度,在孔壁形成一层稳定的泥皮,有效防止孔壁坍塌,特别适用于软土与砂层地质。其配备的泥浆循环系统可实现泥浆的净化与重复利用,既减少了泥浆的排放,又降低了施工成本。全套管施工工艺采用全液压力头驱动钢管跟进,完全避免了泥浆

污染。套管对孔壁起到物理支撑作用,显著提升了成孔质量,在复杂地质条件下,如含有孤石、漂石的地层中表现出色。旋挖钻进技术融合了高效与环保的优势。它通过旋挖钻具的旋转切削和提钻卸土实现快速成孔。配合双层底板钻斗,能够有效应对卵石层、漂石层等硬质地质,减少对孔壁的扰动。成孔质量检测采用超声波测壁仪,通过发射声波并接收反射信号,实时生成孔径、孔斜的三维模型,精准识别孔壁缺陷,为后续混凝土灌注提供可靠的依据。

2.3 特殊地质条件施工对策

在岩溶发育地区进行桩基施工,需采用“先探后灌”工艺。先利用地质雷达与跨孔CT联合探测,精准定位地下溶洞的位置、规模以及充填状态,为后续处理方案的制定提供准确的数据支持。对于小型溶洞,一般采用混凝土灌注填充的方式进行处理;对于特大型溶洞,则结合钢护筒跟进技术,通过护筒将桩基与不良地质隔离,确保桩基成孔的稳定性。冻土地区施工时,需控制地温以防止冻融循环对桩基造成影响。热棒技术利用相变材料吸收地温,形成低温梯度,有效抑制桩周冻土融化。例如在青藏铁路桥墩施工中,通过设置恒温热棒,使施工期冻土融沉量大幅降低,保障了桩基的长期稳定性。海域桩基施工面临着潮汐、波浪、腐蚀等多重挑战^[4]。在材料选择上,采用不锈钢钢筋与抗腐蚀混凝土,并配合阴极保护系统,形成多重防腐屏障,有效延长桩基的使用寿命。在施工窗口期控制方面,通过潮汐预报系统结合气象数据,精准规划打桩作业时间,确保在低潮时段完成桩基就位。采用高精度定位系统控制桩位偏差,满足海上施工的精度要求。

3 岩土工程地基处理技术体系

3.1 复合地基处理技术

复合地基通过在天然土体中设置增强体,形成增强体与天然土体共同承载的复合体系,显著提升地基承载力并控制沉降。水泥土搅拌桩技术利用双轴或三轴搅拌机,将水泥浆与软土强制混合形成桩体,通过水泥水化反应增强土体强度。在温州软土地区,针对高含水量、低强度的淤泥质土,通过添加3%生石灰改良水泥土性能,调整浆液水灰比至0.5,使复合地基承载力特征值从原状土的60kPa提升至180kPa,工后沉降量控制在10cm以内。砂石桩处理技术通过振动或冲击成孔后填筑级配砂石,形成排水通道与增强体。在郑州某物流园项目中,针对粉质黏土与粉砂交互层,采用振动沉管砂石桩,桩径0.6米、间距1.5米,通过挤密效应使地基承载力从80kPa提高至180kPa,且处理深度达12米,有效解决深部软弱层问题。强夯法通过重锤自由落体产生的冲击波,压实土体并增加密度。在山西某煤化工项目场地处理中,针对湿陷性黄土,采用25吨夯锤、8米落距进行三遍点夯,单点夯击能达2000kN·m,使地基承载力从80kPa提升至220kPa,湿陷系数消除至0.002以下。强夯置换法则在夯坑内填筑块石或建筑垃圾,形成墩式复合地基,在天津滨海新区软土处理中,通过三遍强夯置换(夯击能3000kN·m)结合满夯,使处理后地基承载力达到150kPa,满足重型设备基础要求。

3.2 排水固结处理技术

排水固结技术通过设置竖向排水体加速地基孔隙水压力消散,提升地基有效应力。塑料排水板法在珠江三角洲某机场扩建项目中,针对深厚软土层(厚度超15米),采用B型排水板(截面尺寸100mm×4mm),间距1.2米呈正方形布置,配合堆载预压(荷载分级加载至80kPa),使地基沉降量在6个月内完成设计值的85%,工后沉降量控制在20cm以内。真空预压法通过覆盖密封膜并抽真空形成负压环境,加速固结。在连云港港区堆场处理中,针对淤泥质黏土,设置砂垫层(厚度0.5米)与垂直排水通道,膜下真空度维持80kPa以上,实现日均沉降量3mm的固结效果,处理周期较堆载预压缩短40%。超载预压技术通过施加超过设计荷载的预压荷载,提前完成主固结沉降。在杭州某物流中心项目中,针对软弱黏土层,采用分级加载至1.5倍设计荷载(120kPa),持续预压8个月,使工后沉降量控制在15cm以内,同时通过孔隙水压力监测调整加载速率,避免地基失稳。降水预压法则通过降低地下水位产生附加应力,增加地基有效应力^[5]。在上海某深基坑工程中,针对浅层粉土与砂层,通过设置12口深井(井深20米),降水后地下水位下降5米,使地基有效应力增加30kPa,承载力提升30%,且周边环境变形控制在允许范围内。

3.3 化学加固处理技术

化学加固通过注入化学浆液改善土体物理力学性质,形成高强度加固体。水泥灌浆技术采用纯水泥浆或水泥-水玻璃双浆液,在三峡库区某滑坡治理中,针对裂隙发育的砂岩,通过布置三排灌浆孔(孔距3米、排距2米),注入水灰比0.6的水泥浆,形成厚度2米的防渗帷幕,渗透系数降至 1×10^{-6} cm/s以下。高压喷射注浆法通过高压射流切割土体并注入浆液,形成圆柱状加固体。在北京地铁某车站围护结构中,针对砂卵石地层,采用三重管高压旋喷工艺(压力40MPa),形成直径1.2米的加固柱,单轴抗压强

度达5MPa,有效阻断地下水渗流路径。化学加固质量检测采用钻孔取芯与压水试验结合的方法。在南京某化工项目场地处理中,通过取芯观察浆液扩散形态(水平扩散半径1.2米、垂直扩散1.5米),结合压水试验测定渗透系数(小于 1×10^{-5} cm/s),确保加固体强度达到设计要求(单轴抗压强度 ≥ 3 MPa)。环境影响控制方面,采用无碱速凝剂与低pH值浆液(pH值7-8),避免对地下水造成污染,同时通过浆液回收系统减少废弃物排放。

4 结语

岩土工程桩基施工与地基处理技术不断发展,在保障工程建设安全稳定方面发挥着关键作用。从桩基施工的区域适配、前瞻优化到隐藏风险防控,再到地基处理中复合、排水、化学加固等多元技术体系的应用,均体现了技术的进步与创新。未来,随着工程建设需求提升,需持续研发新技术、优化现有工艺,以更好地应对复杂地质挑战,为各类工程建设提供更坚实可靠的技术支撑。

[参考文献]

- [1]许涛.岩土工程桩基施工与岩土工程的地基处理探究[J].中国科技期刊数据库工业A,2021(7):137-138.
- [2]毛彦锋.岩土工程桩基施工与岩土工程的地基处理方法[J].中国科技期刊数据库工业A,2023(6):84-87.
- [3]李永彪.岩土工程桩基施工与岩土工程的地基处理探研[J].中国科技期刊数据库工业A,2022(11):34-37.
- [4]赵鹏程,张授兴.浅论岩土工程桩基施工与岩土工程的地基处理[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(7):140-142.
- [5]张亚芳,张亚明,杨文文,等.岩土工程桩基施工与岩土工程的地基处理[J].中华传奇(中旬),2022(26):0167-0168+0171.