

# 基于复杂地质条件的建筑土建桩基施工技术优化分析

郭洪岩

北京首钢建设集团有限公司 北京 100000

**摘要:** 在建筑土建工程中, 桩基施工质量影响建筑整体稳定性与安全性。复杂地质条件, 如地质构造多样性、岩性多变、地下水复杂多变, 对桩基施工构成挑战。岩溶、软土、砂卵石、断层破碎带等地质常引发成孔质量、钢筋笼制作安装、混凝土灌注及桩基承载力不足等问题。因此, 本文提出成孔、钢筋笼制作安装、混凝土灌注及桩基承载力提升等优化策略, 旨在为复杂地质条件下的桩基施工提供技术参考, 确保工程质量与安全。

**关键词:** 复杂地质条件; 建筑土建; 桩基施工; 技术优化

## 1 复杂地质条件概述

### 1.1 地质构造的多样性

地质构造是地球演化过程中内力作用的结果, 复杂地质条件下地质构造呈现出多样性。常见的地质构造有褶皱、断层、节理等。褶皱构造会使岩层呈现弯曲状态, 不同部位的岩层受力和稳定性存在差异, 在桩基施工时, 若桩位处于褶皱的不同翼部, 可能会遇到不同的岩层硬度和完整性, 增加成孔难度; 断层构造是岩层受力断裂后发生显著位移形成的, 断层带内岩体破碎, 稳定性极差, 桩基施工穿越断层时, 极易发生塌孔等事故; 节理是岩石中的破裂面, 节理发育的岩层整体性差, 在钻进过程中容易出现掉块现象, 影响成孔质量。

### 1.2 地质岩性的多变性

地质岩性是指构成地壳的岩石的物理、化学性质及特征, 复杂地质条件下岩性往往呈现出多变性。从坚硬的花岗岩、石灰岩到软弱的黏土、淤泥质土, 岩性可能在短距离内发生较大变化。例如, 在同一建筑场地内, 可能上部是松散的砂层, 中部是可塑性的黏土层, 下部是坚硬的岩层, 这种岩性的突变会导致桩基施工设备的钻进参数频繁调整, 若调整不及时, 可能引发孔斜、卡钻等问题。同时, 不同岩性的力学性质差异大, 对桩基的承载力贡献也不同, 给桩基设计和施工带来困难。

### 1.3 地下水条件的复杂性

地下水是复杂地质条件中不可忽视的因素, 其类型、水位、水压、水质等都具有复杂性。地下水类型包括上层滞水、潜水、承压水等, 上层滞水分布不稳定, 可能在施工过程中突然涌出, 影响成孔; 潜水受气候和季节影响较大, 水位变化频繁, 会导致孔内水位波动, 给泥浆护壁带来挑战; 承压水具有一定的压力, 若在施工中揭露承压含水层, 可能会出现管涌、突水等现象, 危及施工安全<sup>[1]</sup>。此外, 地下水的水质也会对施工产生

影响, 若水中含有腐蚀性物质, 会腐蚀施工设备和钢筋笼, 降低桩基的耐久性。

## 2 复杂地质条件对建筑土建桩基施工的影响

### 2.1 岩溶地质的影响

岩溶地质是指由碳酸盐类等可溶性岩石在水的化学溶蚀作用下形成的特殊地质形态, 其主要特征是存在溶洞、溶沟、溶槽等。在这种地质条件下进行桩基施工, 溶洞的存在是最大的隐患。当桩基钻进至溶洞时, 若溶洞未填充或填充不密实, 会导致孔内泥浆大量流失, 引发塌孔事故, 严重时可能造成钻机倾斜、倒塌。即使溶洞有填充, 填充物质多为软弱土体或碎石, 其承载力较低, 若桩端落在这些填充物质上, 会导致桩基承载力不足。此外, 溶沟、溶槽会使孔壁岩石完整性受到破坏, 在钻进过程中容易出现孔斜、掉块等问题, 影响成孔质量。同时, 岩溶地质中地下水较为丰富, 且流通性强, 可能会携带泥沙进入孔内, 进一步加剧孔内的不稳定。

### 2.2 软土地质的影响

软土地质主要由淤泥、淤泥质土、泥炭等组成, 具有高压缩性、低强度、高含水量和触变性等特点。在软土地质中进行桩基施工, 成孔过程中容易出现缩径现象, 这是因为软土在水的作用下具有一定的流动性, 当孔内泥浆压力不足时, 孔壁周围的软土会向孔内挤压, 导致孔径缩小。若缩径严重, 会使钢筋笼难以下放, 甚至影响桩基的有效截面积。软土地基的承载能力低, 在桩基施工过程中, 钻机的重量可能会使地基产生不均匀沉降, 导致钻机倾斜, 影响成孔的垂直度。而且, 软土的触变性使得在施工扰动后, 其强度会进一步降低, 增加了孔壁坍塌的风险。另外, 桩基施工完成后, 软土地基的沉降变形较大, 可能会导致桩基产生附加沉降, 影响建筑物的安全使用。

### 2.3 砂卵石地质的影响

砂卵石地质由粒径大小不等的砂粒和卵石组成,颗粒之间的空隙较大,透水性强。在这种地质条件下进行桩基施工,成孔时泥浆容易通过颗粒间的空隙流失,造成漏浆现象,若不能及时补充泥浆,会导致孔内液面下降,孔壁失去泥浆的支撑,引发塌孔。砂卵石层的硬度较高,对钻进设备的磨损极为严重,钻头的使用寿命大幅缩短,增加了施工成本和停机更换钻头的时间。由于砂卵石层的不均匀性,钻进过程中容易出现钻进阻力忽大忽小的情况,导致孔斜,砂卵石层的渗透性强,地下水流动速度快,可能会将孔内的泥浆携带走,破坏泥浆的性能,影响护壁效果<sup>[2]</sup>。

#### 2.4 断层破碎带地质的影响

断层破碎带是由断层活动形成的,其内部岩体破碎,多为碎块石、角砾岩等,且结构松散,稳定性极差。在断层破碎带地质中进行桩基施工,成孔过程中孔壁极易坍塌,这是因为破碎的岩体无法形成稳定的孔壁,在钻进和泥浆循环的扰动下,容易发生掉块、坍塌。断层破碎带中往往伴随着地下水的活动,水流会进一步加剧岩体的失稳,增加塌孔的可能性。在混凝土灌注过程中,破碎带内的松散物质可能会进入导管,造成堵管现象,影响混凝土的顺利灌注。由于断层破碎带的承载力较低,若桩基穿过该区域,可能会导致桩基承载力不足,需要采取额外的加固措施。

### 3 复杂地质条件下建筑土建桩基施工常见技术问题

#### 3.1 成孔质量问题

成孔是桩基施工的首要环节,成孔质量的好坏直接关系到后续工序的顺利进行和桩基的最终质量。在复杂地质条件下,成孔质量问题较为突出,主要包括塌孔、缩径、扩径和孔斜等。塌孔是最常见的问题之一,多发生在砂卵石、断层破碎带、软土等地质中,由于孔壁稳定性差,在钻进或停钻过程中,孔壁岩体或土体发生坍塌,导致孔内出现大量沉渣,甚至掩埋钻头。缩径主要发生在软土地质中,如前文所述,由于软土的挤压作用,孔径小于设计要求,影响钢筋笼的下放和桩基的受力面积。扩径则多出现于松散地层或溶洞发育区域,钻进时孔壁局部坍塌或溶洞填充体被冲刷,导致孔径大于设计尺寸,增加混凝土的用量,且扩径部位的桩基受力不均。孔斜主要是由于地质不均匀、钻进设备安装不水平、钻头受力不均等原因引起的,若孔斜超过允许范围,会使桩基受力方向发生改变,影响桩基的承载力。

#### 3.2 钢筋笼制作与安装问题

钢筋笼是桩基的重要组成部分,其作用是增强桩基的抗拉、抗弯性能,钢筋笼制作与安装的质量直接影响

桩基的整体性和承载力。在复杂地质条件下,钢筋笼制作与安装容易出现以下问题。钢筋笼制作时,若钢筋的材质、规格不符合设计要求,或焊接、绑扎质量差,会导致钢筋笼的强度和刚度不足,在吊装和下放过程中发生变形。在安装过程中,由于孔斜、孔内沉渣过多或钢筋笼自身重量分布不均等原因,钢筋笼容易出现错位,偏离设计桩位。当混凝土灌注时,若灌注速度过快或导管理深不当,会产生向上的浮力,导致钢筋笼上浮,使钢筋笼的底部脱离设计位置,影响桩基的受力性能。在复杂地质条件下,孔内情况复杂,钢筋笼下放过程中可能会遇到阻碍,若强行下放,会造成钢筋笼变形或损坏。

#### 3.3 混凝土灌注问题

混凝土灌注是形成桩基实体的关键工序,在复杂地质条件下,混凝土灌注过程中容易出现多种问题,影响桩基的质量。断桩是较为严重的问题,多因混凝土供应中断、导管堵塞未及时处理、孔内水位下降等原因导致,断桩会使桩基分为两段,无法形成整体受力结构,严重影响桩基的承载力。堵管主要是由于混凝土坍落度不符合要求、混凝土中含有较大粒径的骨料或杂物、导管内壁不光滑等原因引起的,堵管会导致混凝土无法顺利灌注,延误工期,若处理不当还可能引发断桩。离析是指混凝土中的骨料与砂浆分离,多发生在落差较大、混凝土坍落度控制不佳或在断层破碎带、砂卵石层等地质中灌注时,由于孔内泥浆性能差,混凝土在灌注过程中受到泥浆的冲刷而产生离析,离析后的混凝土强度不均匀,降低了桩基的质量。

#### 3.4 桩基承载力不足问题

桩基的主要作用是将建筑物的荷载传递到深层稳定地层,因此桩基承载力必须满足设计要求。在复杂地质条件下,桩基承载力不足是较为常见的问题。一方面,由于地质勘察不够详细,对桩端持力层的判断不准确,导致桩端未达到设计要求的持力层,而是落在了承载力较低的地层上,无法承担上部荷载。另一方面,由于成孔质量差,如孔壁坍塌形成的扩径部位混凝土密实度不足,或存在断桩、缩径等缺陷,使得桩基的有效受力面积减小,从而降低了桩基的承载力。此外,钢筋笼制作与安装不合格,如钢筋笼变形、错位等,会影响桩基的整体性,导致桩基在受力过程中过早出现破坏,表现为承载力不足<sup>[3]</sup>。同时,混凝土灌注质量差,如混凝土强度等级不符合设计要求、存在蜂窝麻面等缺陷,也会使桩基的承载力降低。

### 4 复杂地质条件下建筑土建桩基施工技术优化策略

#### 4.1 成孔技术优化

在复杂地质条件下,建筑土建桩基成孔技术的优化需采取针对性措施。对于岩溶地质,施工前需详细勘察,采用超前地质钻探、物探等手段明确溶洞情况,小型溶洞可填充砂石、水泥土压实处理,大型溶洞则采用钢护筒跟进至稳定地层。软土地质中,选择适宜钻机类型,如长螺旋钻机用于浅地层,泥浆护壁钻机用于深地层,同时控制钻进速度,采用优质泥浆护壁,必要时设置止水帷幕。砂卵石地质,选冲击钻机或旋挖钻机配专用合金钻头,增加泥浆比重和黏度防止漏浆和塌孔,漏浆严重时投放黏土球、碎石封堵,必要时采用套管跟进。断层破碎带地质,应先注浆加固破碎岩体,选用水泥浆或化学浆液注浆,提高岩体稳定性,钻进时选择合适钻机和钻头,控制钻进参数,加强孔壁支护,如局部注浆或安装护孔套管。这些措施旨在确保成孔质量和施工安全。

#### 4.2 钢筋笼制作与安装技术优化

钢筋笼制作与安装的优化旨在保证其质量和安装精度。在制作方面,应严格按照设计要求选择钢筋的材质和规格,加强对钢筋焊接和绑扎质量的检验,确保焊缝饱满、牢固,绑扎间距符合要求。对于较长的钢筋笼,采用分段制作的方式,每段长度根据吊装设备的能力和孔深确定,现场拼接时采用焊接或机械连接,保证拼接质量。在安装方面,制作专门的导向装置,如在钢筋笼顶部设置导向架,确保钢筋笼在下放过程中保持垂直。下放前清理孔内沉渣,检查孔的垂直度,确保钢筋笼能够顺利下放。为防止钢筋笼上浮,可在钢筋笼顶部设置压重装置,或采用在钢筋笼与孔壁之间设置定位钢筋等方法,增加钢筋笼与孔壁的摩擦力,同时在混凝土灌注过程中控制灌注速度和导管埋深,避免浮力过大<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 混凝土灌注技术优化

混凝土灌注技术的优化主要围绕保证混凝土质量和灌注连续性展开。在混凝土选材方面,根据复杂地质条件和施工要求,选用合适强度等级和坍落度的混凝土,坍落度一般控制在180-220mm之间,确保混凝土具有良好的流动性和和易性。在灌注过程中,要保证混凝土供应的连续性,避免因供应中断导致断桩。采用导管埋深控制法,根据混凝土的灌注量和导管内混凝土的高度,合理控制导管埋深,一般埋深保持在2-6m之间,既有利于

混凝土的扩散和密实,又能防止导管拔出混凝土面。在灌注前,对导管进行检查和试拼,确保导管密封良好、无漏水现象,避免因导管漏水导致混凝土离析。当遇到断层破碎带、砂卵石层等容易发生离析的地质时,可适当降低混凝土的灌注速度,减少混凝土与孔壁的冲刷作用。

#### 4.4 桩基承载力提升优化

提升桩基承载力需要从多个方面入手。采用桩端注浆和桩侧注浆技术是有效的方法,桩端注浆是在桩基混凝土达到一定强度后,通过预埋在桩端的注浆管,将水泥浆或水泥砂浆注入桩端地层,使桩端的松散地层得到加固,提高桩端阻力;桩侧注浆则是通过桩身预埋的注浆管,将浆液注入桩侧与地层之间的间隙,改善桩侧土体的性质,提高桩侧摩阻力。合理选择桩型和桩长也至关重要,根据地质勘察资料和建筑物的荷载要求,选择适合复杂地质条件的桩型,如在软土地层中可采用预应力管桩、钻孔灌注桩等,确保桩端进入稳定的持力层,增加桩长以提高桩基的承载力。另外,保证桩身质量也是提升承载力的关键,严格控制成孔质量、钢筋笼制作与安装质量以及混凝土灌注质量,避免桩身出现缺陷,确保桩基能够充分发挥其承载能力。

#### 结束语

综上所述,复杂地质条件下建筑土建桩基施工面临诸多挑战,但通过采用针对性的技术优化策略,可以有效提高施工质量和安全水平。在未来的施工过程中,应继续加强对复杂地质条件的研究,不断优化桩基施工技术,以适应更加复杂多变的施工环境。同时,加强施工过程中的质量监测和管理,确保桩基施工的顺利进行和建筑物的安全使用。

#### 参考文献

- [1]杨立强,张建军.地质雷达在岩溶探测中的应用研究[J].工程勘察,2022,50(8):88-93.
- [2]李华,王敏.软土地基处理技术在桩基工程中的应用[J].建筑科学,2021,37(10):120-125.
- [3]曹红卫.复杂环境及地质条件下深基坑支护施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(21):143-145.
- [4]刘剑.复杂环境条件下深基坑支护设计方案及施工技术措施[J].西部资源,2022,(04):140-141+161.