

桥梁桩基施工技术在复杂地质条件下的应用研究

李威

湖北省路桥集团有限公司, 湖北 武汉 430051

[摘要]随着交通基础设施建设的加速推进,桥梁桩基施工在复杂地质环境中的应用愈加广泛。在岩溶、软土及高水位地区,桩基施工面临着独特的地质挑战。岩溶区中,溶洞的存在常常影响土层的稳定性;软土区域则由于地基承载力较低,给施工带来了困难;而在高水位地区,水位变化可能威胁桩孔的稳定性。为此,合理选择施工技术并实施有效的风险管理显得尤为重要。针对这些特殊地质条件进行桩基施工技术的深入研究,不仅有助于提升施工安全性,也能显著提高施工效率,从而确保工程质量的优化。

[关键词]桥梁桩基; 施工技术; 复杂地质

DOI: 10.33142/ect.v3i1.15119

中图分类号: U45

文献标识码: A

Research on the Application of Bridge Pile Foundation Construction Technology in Complex Geological Condition

LI Wei

Hubei Road & Bridge Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430051, China

Abstract: With the acceleration of transportation infrastructure construction, the application of bridge pile foundation construction in complex geological environments is becoming increasingly widespread. In karst, soft soil, and high water level areas, pile foundation construction faces unique geological challenges. In karst areas, the presence of caves often affects the stability of soil layers; In soft soil areas, the low bearing capacity of the foundation poses difficulties for construction; In areas with high water levels, changes in water levels may threaten the stability of pile holes. Therefore, it is particularly important to choose construction techniques reasonably and implement effective risk management. In depth research on pile foundation construction technology for these special geological conditions not only helps to improve construction safety, but also significantly enhances construction efficiency, thereby ensuring the optimization of project quality.

Keywords: bridge pile foundation; construction technology; complex geology

引言

桥梁桩基作为支撑结构的重要基础,其施工质量对工程的安全性与稳定性至关重要。在复杂的地质环境中,尤其是岩溶、软土及高水位区域,桩基施工面临着众多挑战,由于地质条件的高度不确定性,施工的难度和风险大大增加,这可能导致工程进度的延误或质量问题的发生。因此,研究适应复杂地质条件的桩基施工技术不仅具有显著的实践意义,而且为桥梁建设提供了切实可行的技术指导,从而确保项目能够顺利完成。

1 复杂地质条件的特征分析

1.1 地质条件分类

复杂地质条件对桥梁桩基施工具有显著的影响,主要包括岩溶地质、软土地质、高水位地区以及混合型地质等。不同地质条件的特征各异,对施工的具体影响也存在差异。因此,施工前必须进行详细的勘察与评估,以确保准确掌握地质特性。岩溶地质区域通常伴随有溶洞或裂隙的存在,这些地下不稳定结构容易导致桩孔坍塌或桩基不稳。软土地质的特点在于土层松软且持力层较浅,使桩基沉降控制难度增大,施工过程中常面临沉降超标的风险。高水位地

区由于地下水位波动的影响,水土相互作用使得施工复杂度大幅增加,常见的技术难题包括水土渗漏等现象。对这些复杂地质条件的识别与分类,准确性至关重要,它为选择适合的施工方法并确保工程顺利进行奠定了基础。

1.2 复杂地质条件的主要挑战

1.2.1 岩溶地区

岩溶地区的地质特征主要由地下广泛分布的溶洞和裂隙构成,这些溶蚀性地层对桩基施工带来了显著挑战。岩溶地质的形成,源于水流长期作用于可溶性岩石(如石灰岩、白云岩等),使岩层发生溶解进而形成孔洞和裂隙,在这样的环境下,溶洞的大小、深度及分布难以精确预测,施工过程中常常会遭遇意外的塌孔或地下空洞,这些问题不仅影响桩基的设计与施工进度,还可能引发工程安全隐患。桩基施工面临的技术难题之一是如何处理突然出现的溶洞,在开挖过程中,溶洞的意外显现会导致孔壁不稳定,进而增加施工的复杂性。即使采用传统施工方法,如灌注桩或冲击钻等,溶洞的填充通常难以彻底,混凝土灌注也容易出现不均匀的情况,这直接影响了桩基的承载力与稳定性。在岩溶地区,地下水的频繁活动进一步加剧了水土

流失问题,施工难度也因此加大,水位波动不仅影响桩孔的稳定性还会导致桩基承载力的变化。因此,在岩溶地区进行桩基施工时,必须依赖高精度的地质勘察与水文分析,结合专用施工技术,如高压灌浆加固和充填作业来确保桩基的质量与稳定性。同时,施工过程中应对桩基的沉降与变形进行实时监控,增强现场的应急响应能力,确保工程的顺利推进。

1.2.2 软土地区

软土地区的地质特征主要表现为土层松软、黏性较低,承载力较弱,这类地区通常位于湖泊、湿地或河流沿岸,土层较厚且水分含量高,容易受到水文变化的影响。由于软土的强度和密实度较低,桩基在此类地区施工时,常遇到承载力不足的问题,甚至可能出现桩基沉降过大的情况影响工程稳定性。在软土地区,桩基施工面临的主要难题之一是承载力评估,由于土层松软且较深,传统的施工方法难以确保桩基的稳定性,容易发生沉降不均或桩基沉入过深等问题。同时,软土的液化性也是一种潜在的风险,在地震或负荷作用下软土区容易发生液化,导致桩基失去支撑进而可能引发沉降或倾斜。为了应对这些挑战,软土地区的桩基施工常需采用特殊的技术手段。例如,使用高强度桩、钻孔灌注桩或复合桩基等措施,可以有效增强桩基的承载力,防止沉降过大或桩基失稳。为减小液化风险,施工过程中可通过加固技术,如灌浆加固土层,提升土体密实度与稳定性。此外,在软土地区施工时,还需要关注高水位及水土流失问题,特别是在暴雨或地质条件剧烈变化时,水位波动可能进一步加剧桩基的沉降。

1.2.3 高水位地区

高水位地区的地质特征主要表现在地下水位较高且水位波动频繁,这对桩基施工的稳定性的构成了显著挑战,这类地区通常位于沿海、河流低洼地带或地下水丰富的区域,水位变化直接影响施工的难度及工程质量。在高水位条件下,地下水的渗透性较强,尤其在雨季或涨潮时水位急剧波动容易导致土壤松动,进而影响桩基的沉降情况与承载力。桩基施工过程中,高水位地区的主要难题之一是如何有效控制水土流失及确保桩孔的稳定性,由于水位较高水压可能导致桩孔壁坍塌,特别是在开挖阶段,水与土的相互作用常常引发塌方,从而给施工带来极大困难,水位波动还可能影响桩基承载力测试的准确性,导致结果不稳定甚至出现偏差。为应对这些问题,桩基施工通常需要采取一些特殊技术手段。例如,通过护壁技术加固桩孔以防止孔壁坍塌,常见的护壁方式包括泥浆护壁及水下清孔技术,这些措施有助于保持桩孔的稳定性。同时,为确保桩基承载力测试结果的准确性,通常会采用专用的水位调控设备或进行封闭性钻孔,从而避免水位波动对测试数据的影响。在高水位地区施工时,水土相互作用对施工方案的设计提出了更高的要求。完善的排水系统在施工过程中至关重要,合理设计排水系统不仅能够有效控制地下水流

动,还能减少水位波动带来的负面影响。

2 复杂地质条件下的桩基施工技术应用

2.1 挖孔桩施工技术

挖孔桩施工技术在桩基建设中得到广泛应用,尤其适用于复杂地质条件下的桥梁桩基施工,该技术通过机械或人工方式在地面上开挖桩孔,并按照设计要求进行施工,优势在于能够有效适应各种复杂土质和地质环境,特别是在硬土层、砾石层或岩层中,通过精确设计钻孔深度和桩径,桩基的承载力与稳定性得以确保。在复杂地质条件下,挖孔桩施工面临的主要难点之一是孔壁的稳定性及成孔过程中土体的变形。尤其在岩溶地区,岩溶裂隙与溶洞的存在常引发孔壁坍塌,给施工带来极大挑战。因此,通常在施工过程中需要采取护壁措施以增强桩孔的稳定性,从而防止土体松动或水流侵蚀导致孔壁坍塌,护壁材料的选择、护壁厚度及施工方法,直接影响桩基的质量与安全性。此外,成孔过程中的土体沉积与泥浆护壁的使用,都是挖孔桩施工中的关键环节。在高水位地区,水位波动剧烈时,桩孔内可能会发生涌水现象,这会严重影响施工进度。此时,采用泥浆护壁技术能有效防止水流渗入桩孔,保持孔壁稳定确保施工顺利进行。泥浆的配制、清孔技术与混凝土灌注的实施,均为确保挖孔桩施工质量的核心内容。挖孔桩施工不仅需要精确的技术控制,还要求严格的质量监控,从前期勘察设计到实际操作的每一环节,都必须确保施工工艺符合标准。在复杂地质条件下,施工技术的灵活应用与调整显得尤为重要,通过高效的施工管理与实时监控,潜在的地质风险能够最大程度地被规避,从而确保工程的安全与稳定。

2.2 冲击钻桩施工技术

冲击钻桩施工技术广泛应用于软土、砂土及中等强度岩土层的桩基工程,尤其适用于对施工进度要求较高的项目,该技术通过使用冲击钻具对土层进行连续打击,借助冲击力逐步破土形成桩孔。与传统机械钻孔方法相比,冲击钻桩施工效率较高,能够迅速穿透松软的土层及沉积层,在水位较高的地区尤为具有优势。复杂地质条件下冲击钻桩施工面临的主要挑战在于土层的非均匀性与地下水的干扰。软土层与砂土层通常较松软,容易导致钻头卡顿或孔壁坍塌,尤其是在高水位地区,水土相互作用进一步增加了施工的难度。为应对这些问题,施工过程中常采用泥浆或水泥浆护壁技术稳定桩孔壁,防止水土流失或孔壁坍塌。此外,根据土层硬度与桩基深度的不同,冲击钻的冲击力与转速需精确调整,以避免过度冲击影响桩基的质量。设备的选择也是冲击钻桩施工中的关键,通常采用液压冲击钻机或动力冲击钻机,这些设备能够提供强大的冲击力及稳定的旋转力,从而确保钻孔的连续性与稳定性。技术人员通过实时监测设备,随时掌握钻孔的深度、垂直度及孔壁状态,确保施工过程符合设计要求。尽管冲击钻桩施

工的速度较快,但对操作人员的技术要求较高。特别是在复杂地质条件下,操作人员需不断调整施工参数精确控制冲击力,同时监控桩孔的稳定性。

2.3 灌注桩施工技术

灌注桩施工技术是一种广泛应用于复杂地质条件下的桩基方法,尤其适用于软土、黏土及地下水位较高的区域,该技术通过在桩孔内灌注混凝土,依靠其自重与强度将桩基牢固固定于土层中,从而承载上部结构的荷载。灌注桩不仅能够满足大荷载的要求,且由于其强大的孔壁支撑能力,广泛应用于桥梁、建筑物以及道路等工程领域^[1]。在复杂地质条件下,灌注桩施工面临的主要挑战之一是桩孔的稳定性及混凝土质量的保障,桩孔在开挖过程中常遇到岩层、溶洞或地下水等问题,这些因素容易导致孔壁坍塌或泥浆渗漏,从而影响混凝土的灌注效果。为应对这些挑战,施工过程中通常采用泥浆护壁技术,这不仅增强了孔壁的支撑力,也有效防止了水土流失,确保桩基能够顺利成型。在灌注过程中,必须确保混凝土的均匀性与流动性,避免气泡及杂质的混入以确保桩基的承载力与长期稳定性。根据桩孔的深度与地质层的实际情况,施工人员需根据实际需要调整混凝土的配比与灌注速度,确保每一层混凝土均匀灌注且无空隙,从而避免出现质量缺陷。在水位较高或水土相互作用较为明显的地区,地下水对混凝土灌注的影响尤为显著。为解决这一问题,施工过程中常常会配合使用水泥浆或其他加固材料,以增强灌注的稳定性,防止水流冲击混凝土并影响其硬化过程。

3 复杂地质条件下的桩基施工风险与控制措施

3.1 地质风险的识别与评估

在复杂地质条件下,桩基施工中的地质风险识别与评估,对于工程安全性至关重要。地质风险的来源主要包括地下土层结构、岩土体变化以及水文地质等因素,如果未能准确识别这些风险,可能会引发严重的安全隐患或质量问题。地质风险识别的关键在于精准地勘察数据收集,尤其是岩土层的厚度、性质、密度及其分布情况,通过勘探与钻探技术能够发现土层或岩层中的异常现象,如溶洞或断层等,这些异常现象往往难以通过常规观测方法发现,一旦发生可能导致桩基不稳定或孔壁坍塌,从而严重影响施工进度与质量。地下水位的变化同样构成桩基施工中的一大风险因素,特别是在水位较高或水流性较强的地区,水流渗透往往会加剧土层松动,进而影响桩基的承载能力^[2]。在施工前,必须进行详细的水文地质勘查以掌握水位变化的规律,从而评估潜在的水害风险。地质风险的评估不仅依赖于勘察数据的准确性,还需结合实际施工情况进行动态分析,通过对历史数据、现场监测及土壤力学性质的分析,能够准确识别潜在的风险点及其可能后果,为施工方案的

制定、技术选择与施工组织提供科学依据。

3.2 施工过程中常见问题与应对策略

在复杂地质条件下,桩基施工可能面临一系列挑战,若未及时解决将对工程质量、进度及安全造成显著影响。常见的施工问题包括桩孔坍塌、泥浆渗漏、桩基偏斜以及灌注不均等。桩孔坍塌常见于软土和岩溶地区,当孔壁接触到松软或湿润的土层时,坍塌发生的可能性较高,从而直接影响施工质量。为了防止这一问题,通常会采用钢筋笼或泥浆护壁技术,并结合对开挖速度的控制以确保孔壁的稳定性。泥浆渗漏及水土流失问题在高水位地区尤为突出,水流可能冲刷掉孔壁加固的泥浆导致孔壁不稳^[3]。为应对此问题,合适配比的泥浆护壁材料需选用,同时合理设计排水系统以控制水位波动,这对于保持施工稳定性至关重要。桩基偏斜通常由土层不均或桩孔过深引起,这种偏斜不仅影响桩基的垂直度,还可能影响其承载能力。为避免此问题,定位及监测设备必须使用,实时跟踪桩孔的垂直度,并根据土层变化调整施工方案及钻机角度。在水土交互作用较强的区域,灌注不均匀是常见的问题,为了确保混凝土灌注的均匀性,高效的混凝土搅拌及输送系统必不可少,灌注速率也需要合理控制,防止气泡或分层现象的发生。同时,严格的封闭性设计及防水措施能够减少水流对施工的干扰,保障桩基质量。

4 结语

在复杂地质条件下,桥梁桩基施工面临诸多挑战,尤其是岩溶、软土及高水位等多种地质特征的影响,通过精确的地质勘察与风险评估,潜在的地质问题可被有效识别,进而采取针对性的技术措施确保施工过程中的安全性与质量。本文深入探讨了挖孔桩、冲击钻桩与灌注桩等施工技术在复杂地质环境中的应用,分析了桩孔坍塌、泥浆渗漏、桩基偏斜等常见问题,并提出了相应的应对策略。合理的施工工艺与风险控制措施的采取,是确保工程顺利推进的关键。随着相关技术的不断进步,桩基施工的安全性及效率将得到持续提高。未来,施工单位应加强对勘察数据的有效利用优化施工工艺,从而为桥梁工程的顺利实施提供更加坚实的保障。

[参考文献]

- [1] 祝俊宝. 复杂不良地质条件下的公路桥梁桩基施工技术[J]. 设备管理与维修, 2023(14): 158-159.
 - [2] 王秋丽. 岩溶复杂地质条件下的公路桥梁桩基施工技术[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(10): 80-81.
 - [3] 肖必飞. 岩溶复杂地质条件下的高速公路桥梁桩基施工技术[J]. 工程技术研究, 2020, 5(7): 66-67.
- 作者简介: 李威(1991.6—), 男, 路桥中级职称, 籍贯: 湖北省麻城市。