复杂地质条件下建筑基础施工技术研究

代伟

山西靖昌建设工程有限公司,中国・山西 太原 030001

摘 要:复杂地质条件对建筑基础施工提出了严峻挑战,论文分析了软土地基、岩溶地貌、滑坡地质及含水地层的特征及其对施工的影响,总结了针对性的施工技术,包括地基加固、注浆处理和智能监测等。通过典型案例研究,探讨了多技术结合的应用效果,并提出未来技术优化和绿色施工的发展方向,为类似工程提供了参考和借鉴。 关键词:复杂地质条件;建筑基础施工;地基加固

Research on Construction Technology of Building Foundations under Complex Geological Conditions

Wei Dai

Shanxi Jingchang Construction Engineering Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030001, China

Abstract: Complex geological conditions pose severe challenges to the construction of building foundations. This paper analyzes the characteristics of soft soil foundations, karst landforms, landslide geology, and water bearing strata and their impact on construction. Targeted construction techniques are summarized, including foundation reinforcement, grouting treatment, and intelligent monitoring. Through typical case studies, the application effects of multi technology integration were explored, and future directions for technological optimization and green construction were proposed, providing reference and inspiration for similar projects.

Keywords: complex geological conditions; construction of building foundations; foundation reinforcement

0 前言

复杂地质条件对建筑基础施工提出了严峻的挑战,其不仅影响建筑结构的稳定性和安全性,还对施工技术、成本控制和工期安排产生深远影响。在现代城市化进程中,由于土地资源日益紧缺,建筑项目往往被迫选址于复杂的地质环境中,包括软土地基、岩溶地貌、滑坡地质及含水地层等。这些地质条件各具特性,地基承载力低、沉降不均匀、结构稳定性差等问题频发,传统的施工技术难以满足其对安全性和适应性的高要求。

近年来,随着工程技术的不断发展,针对复杂地质条件的建筑基础施工技术逐渐丰富和完善。地基处理技术如真空固结法、CFG 桩、抗滑桩,以及注浆加固和基坑降水技术的应用,为复杂地质条件下的施工提供了新的解决方案。同时,先进探测手段与智能化设备的引入,使地质条件的精准识别和施工过程的动态监控成为可能,为技术方案的优化设计提供了科学依据。

1 复杂地质条件的类型与特征

1.1 软土地基

软土地基通常分布在沿海滩涂、湖泊沉积区等地区, 主要由粉质粘土或淤泥组成,其含水量高、孔隙比大,导致 地基承载力低、压缩性强。这种地质条件容易引发基础沉降 问题,特别是沉降不均匀会直接威胁上部结构的安全性。此 外,软土地基的抗剪强度较低,容易在外荷载作用下发生剪切变形,导致地基失稳。施工中还可能面临基坑开挖塌方和地下水渗流等问题,对施工技术提出了严格要求。

1.2 岩溶地貌

岩溶地貌以碳酸盐岩分布为主,常见于南方喀斯特地貌区域,其特点是地质结构中存在大量溶洞、裂隙和暗河。 岩溶地貌下的地基材料分布不均匀,溶洞的大小和位置具有极大的随机性,容易导致基础的不均匀沉降甚至塌陷。在施工过程中,溶洞和裂隙可能引发地基强度骤降或出现涌水问题,尤其岩溶地基中的地下水对基础稳定性的威胁较大,需要针对性设计施工方案。

1.3 滑坡地质

滑坡地质主要分布在山区或丘陵地带,通常与地质构造、岩土力学特性及外部环境条件相关联。滑坡地质的显著特征是地基的不稳定性,尤其在雨季或地下水位变化时,更容易出现滑动破坏现象。滑坡的发生通常伴随着地基的剪切强度下降和整体位移,对建筑结构形成严重威胁。此外,滑坡地质区域的地形条件复杂,施工时不仅需要防止地基滑移,还需考虑边坡支护和排水系统的设计。

1.4 含水地层

含水地层常见于地下水丰富的区域,其主要特征是地基土层中含有大量的地下水,表现为渗透性强、涌水量大。 地下水的渗透作用可能引发基坑失稳、边坡坍塌及土体流失 等问题。此外,地下水对基础材料的长期侵蚀作用可能导致结构耐久性降低。在施工过程中,地下水的处理和控制成为一项重要任务,需要采用有效的降水和防渗措施,以确保施工安全和地基稳定性。

复杂地质条件对建筑基础施工的挑战在于其多样性和复杂性,不同地质条件常常需要不同的技术方案来应对。准确识别地质条件的类型和特征,是制定施工方案、选择适宜技术的基础,这为后续施工技术的科学决策奠定了重要依据。

2 复杂地质条件下建筑基础施工技术

2.1 软十地基施工技术

软土地基施工的重点是提高地基承载力和减少沉降^[1]。 预压法和真空固结法是处理软土地基的常用方法,通过在地 基表面施加超载预压或利用真空泵抽取孔隙水,减少地基土 的压缩性并提高其强度。对于更复杂的软土情况,可以采用 CFG 桩(复合地基)或深层搅拌桩技术。这些桩基技术通 过增强土体的抗剪强度和整体稳定性,有效控制了地基沉降 和侧向变形。此外,在基坑开挖过程中,还需使用井点降水 和护壁支护技术,防止基坑塌方和涌水现象。

2.2 岩溶地貌基础施工技术

岩溶地貌下的基础施工关键在于识别溶洞及裂隙,并 采取适当的处理措施。施工前需利用地质雷达和钻探技术对 溶洞分布进行精准探测,并根据溶洞规模选择相应的加固方 案。对于中小型溶洞,可以采用注浆法填充溶洞,通过注入 水泥浆或其他材料,提高地基的承载力并封堵裂隙;对于较 大溶洞,则可通过基础跨越设计,避开溶洞影响区域。在桩 基施工中,需采取护壁措施防止塌孔,并采用冲击钻技术减 少桩基偏移的风险。

2.3 滑坡地质条件下施工技术

滑坡地质的基础施工以地基加固和边坡支护为核心。 抗滑桩是滑坡治理的主要技术,通过在滑坡体中植入桩基, 增强地基的抗剪能力,阻止滑坡体的进一步滑移。同时, 设置锚索或锚杆系统,可以进一步增强边坡的整体稳定性。 在排水方面,采用水平排水管和截水沟等措施减少地下水对 滑坡体的影响,从而提高地基的稳定性。施工过程中,还需 采用动态监测技术,对滑坡体的位移和应力变化进行实时监 测,及时调整施工方案以确保安全^[2]。

2.4 含水地层施工技术

在含水地层中,地下水的控制是基础施工的重点。基 坑降水技术广泛应用于此类地质条件下,通过设置井点降水 系统,有效降低地下水位,确保基坑开挖的干燥和稳定。同 时,为防止基坑边坡因渗透作用失稳,可以采用防渗帷幕技 术,在基坑周围设置钢板桩、地下连续墙或注浆帷幕,阻止 地下水渗入施工区域。在地基处理方面,注浆技术同样适用 于加固含水地层,提升地基土体的强度和抗渗性能。

2.5 新型施工技术的应用

随着科技的进步,复杂地质条件下的施工技术逐步向

智能化和高效化方向发展。地质雷达、三维地质建模等先进探测手段的应用,使施工前的地质勘察更加精准。智能化施工设备的引入,如无人驾驶的桩基打桩机和智能注浆系统,可以显著提高施工精度和效率。此外,施工过程中的动态监测系统能够实时采集地基应力、变形和地下水位等数据,为施工决策提供科学依据,确保施工过程的安全性和可控性。

复杂地质条件下的基础施工技术需要根据地质类型和工程需求进行灵活选择和优化。通过科学的勘察、针对性的设计和高效的施工技术,可以在复杂地质条件下实现建筑基础的安全、稳定和经济性,为建筑工程的长期可靠性奠定坚实基础。

3 施工技术适应性分析

3.1 不同技术的适用条件与限制

软土地基处理技术如预压法和真空固结法适用于厚软土层区域,其优点在于可以显著提高地基承载力并减少沉降,但需要较长的施工周期和大面积场地,这对紧凑型城市建设项目不够适用。相比之下,CFG 桩和深层搅拌桩技术因施工周期较短、适用性更广,能够满足快速建造需求,但在超软土或高水位区域,其效果可能受限。

对于岩溶地貌,注浆技术适用于中小型溶洞的加固处理,其操作灵活、成本较低,但难以应对规模较大的溶洞或连续性岩溶区域。在这些情况下采用跨越设计或桩基础加固能更有效地降低风险,但可能导致造价增加和施工难度上升。滑坡地质的抗滑桩技术效果显著,但其施工复杂性和高造价限制了在小型工程中的应用。

3.2 技术选择的经济性与可行性

施工技术的经济性与可行性直接影响工程的成本效益和实施难度。在软土地基施工中,预压法和真空固结法尽管施工周期较长,但其材料成本相对较低,适用于预算有限且工期宽裕的项目。而 CFG 桩和搅拌桩技术由于机械化程度高,尽管施工速度快,但材料和设备成本较高,更适合高端项目。

岩溶地貌的基础施工中,注浆技术因其低成本和操作简便,广泛用于溶洞填充,但如果需要跨越溶洞或采用深基桩方案,其经济压力会显著增加。滑坡地质施工中,抗滑桩和支护技术的高造价在一定程度上制约了其推广,需要结合项目规模和资金状况合理决策。经济性分析需综合考虑长期效益和施工安全性,以达到经济性与功能性的平衡。

3.3 技术实施过程中的风险与对策

复杂地质条件下施工技术的实施过程面临诸多风险,合理的风险控制措施是保障施工成功的关键。软土地基施工中,基坑开挖可能引发塌方和渗水问题,需要在开挖前完善降水系统设计,同时加强护壁支撑以减少土体滑移风险。岩溶地貌中,溶洞处理不当可能导致基础沉降或倾斜,需要在施工过程中采用地质雷达进行实时监测,并调整注浆量或结构设计。滑坡地质施工中,地下水位波动或强降雨可能诱发滑坡体不稳定,对此需在施工前构建完善的排水和泄水系

统,同时加强地基加固措施。含水地层施工中,基坑降水可能导致周边地面沉降或地表水回灌,为此需要加强周边地质监测,并在降水过程中保持水位变化的可控性。

施工技术的适应性分析是实现复杂地质条件下建筑基础施工安全、高效和经济性的重要环节。通过科学评估技术的适用范围与潜在风险,合理优化技术方案^[3],能够有效降低施工难度和成本,为工程的顺利实施提供可靠保障。

4 案例分析

4.1 典型工程实例概述

某大型商业综合体项目位于沿海软土区,项目的基础施工要求具有较高的承载能力和较低的沉降速率。项目地处低洼地区,地下水位较高,软土层深厚且厚度不均。施工方在初期勘探过程中发现地质条件复杂,存在沉降不均和基坑稳定性问题。为解决这些问题,施工方决定采用多项技术结合的方案,其中包括真空预压法、深层搅拌桩加固和降水系统的综合应用。

4.2 施工技术的具体应用与效果

4.2.1 真空预压法与地基加固

为解决软土沉降问题,施工方在场地上进行真空预压处理。通过设置真空管道和泵站,利用真空吸力加速软土层孔隙水排出,从而提高土体密实度,增强其承载能力。在施工期间,现场使用激光仪器精确监控沉降变化,确保地基在预定范围内稳定下沉。通过真空预压法,地基沉降得到有效控制,软土的压缩性明显降低,为后续建筑结构提供了可靠的基础。

4.2.2 深层搅拌桩技术

由于地基承载力要求较高,施工方选用了深层搅拌桩 技术对土体进行加固。通过机械化搅拌设备,深层搅拌桩技 术将水泥浆注入软土中,并将其与土体混合,形成具有较高 强度的复合地基。这种技术不仅提高了地基承载力,还有效 减小了沉降量,为建筑物提供了更强的抗压能力。通过与传 统桩基相比,深层搅拌桩能够更好地适应软土地区的施工需 求,尤其适用于大面积施工。

4.2.3 降水与防渗措施

在高地下水位的环境下,降水措施成为施工的必要环节。施工方设置了多个井点降水系统,并利用降水管道将地下水引至远离基坑的地方,有效控制了施工期间的地下水位,避免了基坑水位的波动对土体稳定性的影响。此外,基坑周围还设置了防渗帷幕,采用钢板桩和注浆的方式,在基坑外形成一个地下水隔离带,有效防止了基坑内水位上升,保证了施工安全。

4.3 经验总结与推广价值

4.3.1 多技术结合的有效性

在复杂地质条件下,单一技术往往难以解决所有问题, 因此采用多项技术的结合能够更全面地解决施工中遇到的 各类难题。真空预压法、深层搅拌桩与降水系统的协同应用, 使得基础施工得以顺利进行,保障了建筑物的长期稳定性。

4.3.2 精确监控与实时调整的重要性

在施工过程中,精确的监控系统和数据分析尤为重要。施工方通过激光沉降仪器、地下水位监测系统等高科技手段,实时跟踪施工进度和地基变化情况。及时的数据反馈能够帮助施工团队在出现问题时快速调整方案,确保施工过程的可控性和安全性。

4.3.3 环境与安全问题的解决

复杂地质条件下,施工中往往伴随有较高的安全风险,尤其是高地下水位和软土地区的沉降问题。通过有效的水位控制和沉降监测,施工团队成功避免了因地基不稳定或地下水涌水引发的施工事故。此外,环境污染问题也得到了有效防控,确保了施工过程中对周边环境的最小影响。

通过这次工程的成功实施,相关技术方案为类似地质 条件下的基础施工提供了可借鉴的经验。这些技术的应用不 仅解决了软土地基、岩溶、滑坡等复杂条件带来的问题,也 为建筑行业的可持续发展奠定了基础,推动了高效、绿色、 安全施工技术的不断进步。

5 未来发展方向与展望

随着建筑行业的不断发展,复杂地质条件下的基础施工技术正朝着智能化、绿色化和高效化方向迈进。

5.1 智能化施工技术的深化应用

智能化施工将成为未来的核心发展方向,通过建筑信息模型、物联网和人工智能技术,实现施工过程的实时监测、预测和决策优化。智能设备如无人驾驶施工机械和自动化监测系统将显著提升施工精度和效率,降低风险。

5.2 绿色施工技术的推广

可持续发展要求施工过程更加环保高效。未来将推广环 保型材料和低能耗工艺,如绿色注浆技术和无害化土壤加固 剂,减少施工污染,优化资源利用,提升施工的环境友好性。

5.3 新型材料与技术的应用

高性能复合材料、纳米技术和新型桩基工艺将在复杂 地质条件下发挥更大作用。这些技术不仅提升施工效率和结 构耐久性,还能有效减少对环境的扰动。

5.4 地质勘探技术的发展

精准的地质勘探是施工的基础保障,未来将通过三维 地质建模、地质雷达和远程实时监测等技术,进一步提高地 质信息的准确性与施工前瞻性,降低风险,优化施工方案。

参考文献:

- [1] 董维奇.复杂地质条件下盾构穿越基础薄弱的建构筑物施工技术研究[J].广东土木与建筑,2024,31(7):73-75+102.
- [2] 黄怀哲.高水位复杂地质条件下基础施工关键技术[J].福建建设 科技,2020(4):49-51.
- [3] 张瑞云,刘云浩,李腾.复杂地质条件下既有建筑地基基础加固技术研究[J].新型建筑材料,2024,51(4):36-40.