

复杂地质条件下高层房屋建设基础工程施工关键技术及安全管控研究

王紫晨

山东省路桥集团有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i1.19034

[摘要] 本文聚焦复杂地质条件下高层房屋建设基础工程施工关键技术及安全管控问题。通过对山东省路桥集团有限公司相关项目案例的深入分析,结合国内外先进研究成果,系统梳理了复杂地质条件对高层房屋基础工程的影响机制。研究重点探讨了地基处理、桩基础施工、深基坑支护等关键技术,并构建了基于风险评估与动态监测的安全管控体系。研究表明,通过多技术协同应用与智能化管理手段,可有效提升复杂地质条件下高层房屋基础工程的施工质量与安全性,为类似工程提供理论依据与实践指导。

[关键词] 复杂地质条件; 高层房屋建设; 基础工程; 关键技术; 安全管控

中图分类号: P5 **文献标识码:** A

Research on Key Technologies and Safety Management for Foundation Engineering of High-Rise Buildings Under Complex Geological Conditions

Zichen Wang

Shandong Road and Bridge Group Co., Ltd

[Abstract] This study focuses on the key construction technologies and safety control issues of high-rise building foundation engineering under complex geological conditions. Through in-depth analysis of relevant project cases of Shandong Road and Bridge Group Co., Ltd., combined with advanced research results at home and abroad, the impact mechanism of complex geological conditions on high-rise building foundation engineering has been systematically sorted out. The research focuses on key technologies such as foundation treatment, pile foundation construction, and deep excavation support, and constructs a safety control system based on risk assessment and dynamic monitoring. The research results indicate that through the collaborative application of multiple technologies and intelligent management methods, the construction quality and safety of high-rise building foundation engineering under complex geological conditions can be effectively improved, providing theoretical basis and practical guidance for similar projects.

[Key words] complex geological conditions; Construction of high-rise buildings; Basic engineering; Key technologies; safety control

引言

随着我国城市化进程的快速推进,高层房屋建设需求日益增长,建设规模不断扩大。然而,复杂地质条件下的高层房屋基础工程建设面临诸多挑战。山东省作为地质条件复杂多样的典型区域,其境内广泛分布着软土层、岩溶地貌、断层带等特殊地质,这些地质条件给高层房屋基础工程带来了地基承载力不足、沉降控制困难、施工风险增加等诸多问题。传统施工技术在应对复杂地质时存在局限性,难以有效保障工程的质量与安全。因

此本文聚焦复杂地质条件下高层房屋建设基础工程施工关键技术及安全管控,具有重要的现实意义。

1 复杂地质条件对高层房屋基础工程的影响分析

1.1 地质条件分类与特征

山东省地质条件复杂多变,常见且对高层房屋基础工程影响较大的地质类型主要包括软土层、岩溶地貌和断层带。软土层通常具有高含水量、低强度、高压缩性等特征。其含水量往往超过液限,孔隙比大,导致土体结构松散,抗剪强度低。在荷载

作用下,软土层易产生较大的沉降变形,且沉降过程缓慢、持续时间长,难以在短时间内达到稳定状态。岩溶地貌是地下水对可溶性岩石如石灰岩、白云岩等长期溶蚀作用形成的特殊地质景观。其特征表现为溶洞、土洞发育,地下暗河纵横交错。溶洞和土洞的存在使地基土层不连续,承载力分布不均,在高层房屋荷载作用下,可能引发地面塌陷等地质灾害。断层带是岩层受力发生断裂并沿断裂面有相对位移的地质构造。其特征为岩层破碎,节理裂隙发育,地下水活动频繁。破碎的岩层降低了地基的整体性和稳定性,增加了施工难度和安全风险。地下水在断层带中的流动可能带走细小颗粒,导致地基土流失,进一步削弱地基承载力。

1.2对基础工程的影响机制

复杂地质条件对高层房屋基础工程的影响是多方面的,主要体现在地基承载力、沉降控制、施工风险和环境影响等方面。在地基承载力方面,软土层由于强度低,难以直接承受高层房屋的巨大荷载。若未经有效处理,地基可能发生整体剪切破坏或局部冲切破坏,导致建筑物倾斜甚至倒塌。岩溶地貌中的溶洞和土洞会使地基承载力不均匀,部分区域承载力过低,无法满足设计要求。断层带的破碎岩层同样会降低地基的承载能力,需要采取加固措施来提高其稳定性。沉降控制是高层房屋基础工程的关键问题之一。软土层的高压缩性会导致建筑物产生较大的不均匀沉降,影响建筑物的正常使用和结构安全。岩溶地貌中溶洞和土洞的塌陷会引发地面突然下沉,造成建筑物损坏。断层带岩层的不均匀性也会使地基沉降差异增大,对建筑物的结构产生不利影响。施工风险在复杂地质条件下显著增加。在软土层中施工,易出现基坑支护结构失稳、土方开挖困难等问题。岩溶地貌中,钻孔灌注桩施工可能遇到溶洞,导致混凝土流失、桩身质量缺陷等问题。断层带区域施工时,岩层破碎可能引发塌方、滑坡等事故,威胁施工人员的生命安全。复杂地质条件还会对周边环境产生复杂影响。施工振动可能加剧岩溶区的地面沉降,影响周边建筑物的安全。地下水在断层带中的流动可能改变地下水位,导致土壤盐渍化、沼泽化等环境问题。此外,施工过程中的废水、废渣排放也可能对地质环境造成污染。

2 复杂地质条件下基础工程施工关键技术

2.1地基处理技术

在复杂地质条件下,地基处理是基础工程的关键环节。针对软土层,常用的处理方法有换填法、排水固结法和强夯法等。换填法是将软弱土层挖除,换填强度较高、压缩性较低的材料,如砂石、灰土等,以提高地基承载力,减少沉降。排水固结法通过设置排水竖井,加速软土中的水分排出,使土体固结,从而提高地基强度和稳定性。强夯法则是利用重锤自由落体产生的强大冲击力,对软土进行夯实,减小土体的孔隙比,增加其密实度。对于岩溶地貌,处理技术需根据溶洞的大小、位置和填充情况等因素进行选择。当溶洞较小且无填充或填充松散时,可采用跨盖法,在溶洞上方设置钢筋混凝土盖板,将上部荷载传递到周围稳定岩土体上。若溶洞较大且填充密实,可进行注浆加固,将水泥浆

液注入溶洞及周边裂隙中,提高岩土体的强度和整体性。在断层带区域,地基处理需注重提高岩土体的稳定性和抗剪强度。可采用注浆加固和土钉墙支护相结合的方法。注浆加固通过向断层破碎带注入水泥浆液,填充裂隙,增强岩土体的粘结力。土钉墙支护则是在边坡土体中设置土钉,通过土钉与土体的相互作用,提高边坡的稳定性。

2.2桩基础施工技术

桩基础是高层房屋常用的基础形式之一,在复杂地质条件下,桩基础施工技术至关重要。在软土层中,钻孔灌注桩是常用的桩型。施工时,需严格控制钻孔垂直度和孔径大小,防止孔壁坍塌。采用泥浆护壁工艺,保持孔内水头压力,确保钻孔质量。在灌注混凝土过程中,要保证混凝土的连续性和密实性,避免出现断桩、缩颈等质量问题。对于岩溶地貌,桩基础施工需应对溶洞和土洞带来的挑战。在钻孔过程中,若遇到溶洞,可采用钢护筒跟进的方法,防止混凝土流失。对于较大的溶洞,可先进行溶洞处理,如填充片石、混凝土等,再进行桩基础施工。同时,要加强对桩身质量的检测,采用超声波检测等方法,确保桩身的完整性和承载力。在断层带区域,桩基础施工需考虑岩层破碎和地下水的影响。可采用冲击成孔工艺,利用冲击锤的冲击力破碎岩层,同时通过泥浆循环排出碎渣。在成孔过程中,要密切关注孔内水位变化,防止地下水涌入导致塌孔。桩基础施工完成后,还需进行静载试验,验证桩的承载力是否满足设计要求。

2.3深基坑支护技术

深基坑支护是保障高层房屋基础工程施工安全的重要措施。在复杂地质条件下,常用的深基坑支护技术有排桩支护、地下连续墙和土钉墙等。排桩支护由一系列钢筋混凝土桩组成,通过桩间的土拱效应和桩身的抗弯能力,抵抗基坑侧壁的土压力。排桩支护适用于土质较好、基坑深度适中的情况。地下连续墙具有整体性好、刚度大、防水性能强等优点,适用于深基坑和复杂地质条件下的支护工程。地下连续墙施工时,需采用成槽机进行成槽作业,然后吊放钢筋笼,浇筑混凝土形成连续的地下墙体。地下连续墙不仅能够承受土压力和水压力,还能起到截水防渗的作用。土钉墙支护是一种经济有效的深基坑支护方式,适用于地下水位较低、土质较好的边坡支护。土钉墙通过在边坡土体中设置土钉,并在坡面喷射混凝土面层,形成一个复合体,共同抵抗土体的滑移和坍塌。土钉墙施工简便、工期短,但需严格控制土钉的间距、长度和角度等参数,确保支护效果。

3 复杂地质条件下基础工程安全管控体系

3.1风险评估与预警机制

复杂地质条件下的基础工程风险评估需综合地质勘察资料、工程设计文件和施工方案等多方面信息。首先,运用先进的地质勘探技术,如地质雷达、钻孔取样等,精确获取地质参数,分析软土层的不均匀性、岩溶地貌的发育程度以及断层带的活动性等潜在风险因素。其次,结合工程特点,采用定量与定性相结合的方法,如层次分析法、模糊综合评价法等,对风险发生的可能性和后果严重程度进行评估,划分风险等级。基于风险评估

结果,建立科学合理的预警机制。设定不同风险等级的预警阈值,当监测数据超过阈值时,及时发出预警信号。利用信息化技术,搭建实时监测平台,对基坑变形、地下水位变化、土体应力等关键指标进行实时监测和数据传输。一旦出现异常情况,系统自动触发预警,并通过短信、邮件等方式通知相关人员,以便迅速采取应对措施,将风险控制在萌芽状态。

3.2 施工过程动态管理

施工过程动态管理是安全管控的核心环节。在施工前,根据风险评估结果制定详细的施工方案和应急预案,明确各阶段的安全控制要点和应对措施。施工过程中,加强现场巡查和监督,严格按照施工规范和操作规程进行作业,确保施工质量符合设计要求。运用信息化手段实现施工过程的动态监控。通过在施工现场安装摄像头、传感器等设备,实时采集施工数据和图像信息,实现对施工进度、质量、安全的全方位监控。管理人员可以通过手机、电脑等终端设备随时查看施工现场情况,及时发现和解决问题。同时,建立施工过程数据库,对施工数据进行存储和分析,为后续工程提供经验参考和数据支持。加强与设计、监理等单位的沟通协调,形成协同工作机制。定期召开工程例会,及时解决施工过程中出现的问题,确保工程顺利进行。

3.3 人员与设备安全管理

人员是施工活动的主体,加强人员安全管理至关重要。对所有施工人员进行安全教育培训,提高其安全意识和操作技能。培训内容包括安全法规、安全操作规程、应急救援知识等,确保施工人员熟悉施工过程中的安全风险和应对措施。建立人员健康档案,定期组织体检,确保施工人员身体健康状况符合施工要求。为施工人员配备必要的安全防护用品,如安全帽、安全带、防护手套等,并监督其正确使用。设备安全是保障施工顺利进行的重要基础。对施工设备进行定期检查和维护保养,确保设备性能良好、运行安全。建立设备管理台账,记录设备的购置、使用、维修等情况,实行设备全生命周期管理。在设备操作方面,严格执行操作规程,严禁违规操作。对特种设备操作人员进行专门培训,取得相应资格证书后方可上岗作业。

4 案例分析——山东省路桥集团有限公司某高层房屋项目

4.1 项目概况

山东省路桥集团有限公司承接的某高层房屋项目,位于地质条件复杂的区域。该区域存在软土层与岩溶地貌共存的情况,软土层厚度不均,含水量高、压缩性大,承载能力弱;岩溶地貌中溶洞、土洞发育,地下暗河交错,地质情况极为复杂。项目规划建设一栋30层的高层住宅楼,基础设计采用桩基础与筏板基础相结合的形式,以确保建筑物在复杂地质条件下的稳定性与

安全性。项目施工面临诸多挑战,如地基处理难度大、桩基础施工易受溶洞影响、深基坑支护稳定性要求高等。

4.2 技术应用与效果

在地基处理方面,针对软土层采用排水固结法与强夯法相结合的工艺。通过设置塑料排水板加速软土排水固结,再利用强夯提高土体密实度,有效提高了地基承载力,减少了沉降。对于岩溶地貌,采用跨盖法与注浆加固技术处理溶洞。在溶洞上方设置钢筋混凝土盖板,并向溶洞及周边裂隙注浆,增强了岩土体整体性。桩基础施工选用钻孔灌注桩,运用钢护筒跟进技术应对溶洞,防止混凝土流失,保证桩身质量。深基坑支护采用排桩与土钉墙联合支护体系,排桩抵抗土压力,土钉墙增强边坡稳定性。经检测,地基承载力满足设计要求,桩基础完整性良好,深基坑变形在允许范围内,各项技术应用有效解决了复杂地质带来的问题。

4.3 安全管控成效

项目建立了完善的安全管控体系,通过风险评估与预警机制,提前识别潜在风险并制定应对措施。施工过程动态管理严格,利用信息化手段实时监控施工数据,及时发现并解决问题。加强人员安全培训与设备维护管理,确保施工人员操作规范、设备运行安全。整个项目施工期间未发生重大安全事故,保障了施工人员的生命安全和工程的顺利进行,为复杂地质条件下高层房屋基础工程安全管控提供了成功范例。

5 结论与展望

本文聚焦复杂地质条件下高层房屋基础工程,深入剖析了地基处理、桩基础施工、深基坑支护等关键技术,构建了涵盖风险评估、施工动态管理及人员设备安全管控的完整体系。通过实际案例验证,所提技术与管控体系能有效应对复杂地质挑战,保障工程安全与质量。未来可进一步结合新兴技术,如人工智能、大数据等,实现风险预测更精准、施工管理更智能。同时,加强不同地质条件下技术适用性研究,完善安全管控标准,为复杂地质高层房屋基础工程建设提供更坚实的理论和技术支持。

[参考文献]

- [1]熊斌.复杂地质条件下城市基坑开挖支护与变形研究[J].中华建设,2026,(02):189-191.
- [2]孔凡波,张志.城市建设中高层房屋建筑工程施工的技术要点[J].城市开发,2025,(13):161-163.
- [3]张乔杰.城市高层建筑房屋建设施工中存在的问题和改进方法[J].未来城市设计与运营,2022,(11):24-26.

作者简介:

王紫晨(1997--),男,汉族,山东淄博人,本科,助理工程师,研究工程技术。