

建筑物地基沉降检测与防治技术的研究与实践

杨梅

大余县建筑工程检验检测中心，江西赣州，341500；

摘要：建筑物地基沉降是工程建设中普遍存在的隐患问题，直接关联建筑结构安全、使用稳定性及整体使用寿命。本文以地基沉降检测与防治为核心研究方向，结合当前建筑工程实践中的实际需求，系统梳理地基沉降的各类诱发机制，明确地质、施工、环境等因素的作用规律。深入探讨传统检测技术的优化路径与智能化检测技术的应用场景，分析不同技术的适配性特点。针对沉降问题提出针对性防治技术方案，阐述各类技术的核心原理与实施要点。通过整合研究成果与工程实践经验，为优化地基沉降管控流程、提升建筑工程质量提供切实可行的技术支撑，助力解决工程中地基沉降引发的各类安全风险。

关键词：建筑物地基；沉降检测；防治技术；工程实践；结构安全

DOI：10.64216/3104-9664.25.02.075

引言

随着城市化进程持续加快，高层与超高层建筑数量不断增加，建筑结构日益复杂，地基作为承载建筑整体荷载的核心基础，其沉降问题愈发受到工程界关注。地基沉降一旦超过允许范围，会直接导致建筑墙体开裂、结构变形，严重时甚至引发建筑倒塌等重大安全事故，造成巨大经济损失和人员伤亡风险。以往工程领域对地基沉降多采取被动补救措施，效果往往不佳。

1 建筑物地基沉降的核心影响因素分析

1.1 地质条件影响

地质条件是决定建筑物地基沉降特性的根本因素，其中地基土的物理力学性质对沉降的影响最为直接。自然界中各类土层成因不同，导致其压缩性、承载力等关键指标存在显著差异。黏性土颗粒细小、孔隙率高，在建筑荷载作用下易发生缓慢且持续的压缩变形；砂土虽承载力较强，但颗粒间空隙较大，若遇水渗透易出现局部沉降；软土则因孔隙比大、抗剪强度低、压缩性高的特点，成为引发不均匀沉降的主要地质类型。

1.2 工程设计与施工因素

工程设计与施工过程中的人为因素，是引发地基沉降的重要诱因。在设计阶段，若未能充分结合场地详细地质勘察资料，仅依据经验选取基础形式，或在荷载计算中出现偏差，会导致基础设计与实际承载需求不匹配，为沉降问题埋下先天隐患。施工阶段的不规范操作则会直接破坏地基稳定性，基坑开挖时若坡度设置不合理，易引发边坡坍塌，扰动周边土体结构；土方开挖与回填

顺序混乱，会改变地基原有应力分布状态，导致土体压缩变形；桩基施工中若出现桩长不足、桩身质量缺陷等问题，会降低基础承载能力。

1.3 外部环境干扰因素

建筑物使用过程中，外部环境的动态变化会持续对地基产生干扰，诱发或加剧沉降问题。周边工程活动是常见的干扰源，地下管线铺设、邻近建筑基坑开挖等施工行为，会在土体中产生附加应力，打破原有应力平衡，导致地基土体发生压缩变形。自然环境因素同样不可忽视，大气降水会使地表水下渗，增加地基土含水量，降低土体强度；地下水位的升降则会改变土体的有效应力，水位下降时土体自重增加，易引发固结沉降。

2 建筑物地基沉降的先进检测技术体系构建

2.1 传统检测技术优化

传统地基沉降检测技术在长期工程实践中不断优化，至今仍在诸多场景中发挥重要作用。水准测量技术通过高精度水准仪、水准尺等仪器，测量地基表面不同点位的高程变化，经多次观测数据的修正与对比分析，可精准获取沉降量与沉降速率。该技术经过百年发展，操作流程日趋规范，在中小型建筑、低层住宅的沉降检测中，以其成本低、精度可靠的特点保持较高实用性。静力触探技术则借助机械装置将锥形探头按一定速率压入土层，通过传感器测量探头所受贯入阻力，结合土层分布情况，可快速判断地基土的承载力、压缩性等关键参数，为沉降预测提供基础数据。

2.2 智能化检测技术应用

智能化检测技术的创新应用,推动地基沉降检测向精准化、实时化方向发展。光纤传感技术利用光纤的光传导特性与传感功能,将特制光纤传感器埋入地基土体或基础结构内部,当地基发生沉降变形时,光纤会产生微小应变,导致光信号的波长、强度发生变化,通过光信号解调设备即可实时捕捉沉降变形数据。该技术具有灵敏度高、抗电磁干扰能力强、可分布式测量的优势,适用于复杂地质条件下的长期监测。雷达干涉测量技术基于卫星遥感平台,通过获取同一区域不同时期的雷达影像,利用相位差计算地表沉降信息,可实现大范围、非接触式沉降监测。

2.3 检测数据处理分析

检测数据的科学处理与分析,是实现地基沉降精准评估的关键环节。由于不同检测技术的原理与精度存在差异,单一技术获取的数据往往存在局限性,采用大数据技术整合水准测量、光纤传感、雷达干涉等多源检测数据,可有效互补不足,消除系统误差,提升数据的完整性与可靠性。数据处理过程中,需先对原始数据进行筛选、去噪,剔除异常值,再通过数据融合算法实现不同维度数据的统一分析。同时,运用FLAC3D、ABAQUS等数值模拟软件构建地基沉降计算模型,将处理后的检测数据代入模型进行参数修正,可精准模拟地基沉降过程,实现对沉降发展趋势的预测。

3 建筑物地基沉降的针对性防治技术研发与应用

3.1 地基处理技术创新

地基处理技术的优化与创新,是控制沉降问题的核心手段。复合地基技术通过在软弱地基中设置碎石桩、水泥土搅拌桩、CFG桩等增强体,使增强体与周边土体共同承担建筑荷载,有效改善地基土的受力性能。其中,碎石桩可提高地基承载力、加速土体排水固结;水泥土搅拌桩通过水泥与土体的化学反应,增强土体强度,降低压缩性。该技术适用于各类软弱地基,能显著减少沉降量,在住宅、厂房建设中应用广泛。真空预压技术则通过在地基表面铺设密封膜,利用真空泵抽取膜下空气形成真空负压,使土体孔隙水压力降低,促进孔隙水排出,加速地基土的排水固结。

3.2 基础结构优化实践

基础结构的优化设计与实践应用,是减少地基沉降影响的重要途径。桩基础通过将钢筋混凝土桩或钢桩打入深层稳定土层,将建筑上部荷载直接传递至承载力强

的土层,避免浅层软弱土体压缩引发的沉降问题。筏板基础则采用大面积钢筋混凝土板覆盖整个地基,通过增大受力面积降低地基应力,适用于荷载较大的高层建筑。这两种刚性基础形式在实际工程中应用广泛,能有效控制沉降量。同时,在基础设计中引入隔震减震理念,通过在基础与上部结构之间设置橡胶隔震支座、滑动支座等柔性连接构件,可减少沉降差异对上部结构的传导作用。

3.3 监测与动态调控结合

将沉降监测与动态调控相结合,形成主动防治体系,是现代地基沉降管控的重要发展方向。通过在建筑物关键部位布设监测点,结合自动化监测设备建立实时沉降监测系统,可对沉降数据进行24小时持续跟踪与自动分析。系统预设沉降预警值,当监测数据接近预警值时,能及时发出警报,为调控措施启动争取时间。动态调控手段需根据沉降原因针对性制定,若因荷载分布不均引发沉降,可通过调整建筑物使用荷载,避免局部荷载集中;若地基承载力不足,可采用高压喷射注浆、锚杆静压桩等技术进行地基加固补勘。

4 地基沉降检测与防治技术的工程实践适配性分析

4.1 不同建筑类型适配原则

不同类型建筑物的结构特点、荷载分布与使用需求存在差异,决定了地基沉降检测与防治技术的适配原则需因地制宜。高层住宅建筑高度大、荷载大,对沉降控制要求严格,需优先选用光纤传感、高精度水准测量等高精度智能化检测技术,实时掌握沉降动态;防治方案则应采用桩基础、筏板基础等刚性基础形式,配合复合地基处理技术,兼顾检测效率与结构安全性。工业厂房往往存在设备集中荷载大、振动荷载明显的特点,沉降检测需强化动态监测能力,防治技术应重点应用地基处理技术,如CFG桩复合地基、真空预压等,通过提高地基承载力控制沉降。小型民用建筑则可采用优化后的传统检测技术与经济型防治方案,在保障安全的前提下降低成本。

4.2 不同地质条件选择策略

地质条件是技术选择的核心依据,不同地质环境下需采用差异化的检测与防治策略。在软土、沼泽等特殊地质区域,土体压缩性高、稳定性差,易发生大面积均匀沉降与局部不均匀沉降,防治技术应重点应用真空预压、复合地基等处理技术,提前改善土体性能;检测手

段则需搭配雷达干涉测量等大范围检测技术,结合局部光纤传感监测,实现宏观与微观结合的监测效果。在山区、丘陵等地质复杂区域,土层分布不均,常存在岩石露头、软弱夹层等情况,沉降易呈现局部性、突发性特点,检测方式可采用静力触探与水准测量相结合的方式,精准探明局部地质缺陷;防治技术则以桩基础为主,将荷载传递至深层稳定岩层,保障地基稳定。黄土地区则需重点关注湿陷性引发的沉降,检测中强化含水量监测,防治采用夯实、挤密等处理技术。

4.3 成本与效益平衡

在地基沉降检测与防治技术应用中,实现成本与效益的平衡是工程实践的重要原则。在满足工程安全要求的前提下,应避免盲目选用高端技术造成成本浪费。检测技术方面,可根据工程规模与精度需求,合理搭配传统与智能化技术,如大型建筑群采用“雷达干涉+局部光纤传感”的组合模式,中小型建筑则以优化后的水准测量为主,降低检测成本。防治技术选择上,优先选用成熟度高、施工便捷的方案,如水泥土搅拌桩复合地基相较于其他新型技术,具有施工设备普及、成本可控的优势,在多数软弱地基处理中效益显著。同时,通过精准设计与规范施工,减少后期维护与修复费用,从全生命周期角度实现技术应用的经济效益最大化,避免因前期投入不足导致后期安全隐患与经济损失。

5 地基沉降检测与防治技术的发展趋势探索

5.1 检测技术智能化发展

地基沉降检测技术正朝着智能化与自动化方向快速发展,物联网、人工智能等技术的融合应用成为核心趋势。基于物联网技术构建全域感知的沉降监测网络,将分布在建筑物地基、基础及周边土体的各类传感器互联互通,实现检测数据的自动采集、无线传输与云端存储分析,减少人工干预,提升监测效率。人工智能算法的引入则进一步优化沉降预测模型,通过对历史监测数据、地质数据、环境数据的深度学习,模型可自动识别沉降发展规律,提升预测精度与响应速度。同时,自动化监测设备的小型化、低功耗发展,使其能适应更复杂的安装环境,实现对隐蔽部位的有效监测。这种智能化发展趋势,使沉降检测从定期观测转变为实时感知,为防治提供充足提前量。

5.2 防治技术绿色化创新

绿色化与可持续化成为地基沉降防治技术的创新方向,契合现代建筑工程的发展理念。在材料创新方面,

研发利用工业废料、建筑垃圾等制备的新型地基处理材料,如将粉煤灰、矿渣粉掺入水泥土制备增强体,将破碎混凝土用于碎石桩填料,既降低自然资源消耗,又实现固体废弃物的资源化利用。施工工艺方面,推广低碳环保的地基处理技术,如真空预压技术无需大型压实设备,能耗较低;新型水泥土搅拌桩技术通过优化配比减少水泥用量,降低碳排放。

5.3 技术体系集成化标准化

地基沉降管控的高效实施,离不开检测与防治技术体系的集成化与标准化构建。集成化发展方向表现为整合检测、设计、施工、监测等全流程技术资源,构建一体化的地基沉降管控体系。通过建立共享数据平台,实现各环节数据的无缝衔接,设计方案可依据检测数据精准制定,施工过程可通过实时监测动态调整,形成闭环管理。标准化构建则需完善技术标准与规范,针对不同地质条件、建筑类型,明确检测技术的精度要求、操作流程,规范防治技术的设计参数、施工工艺与质量验收标准。同时,建立技术应用评价体系,量化评估技术应用效果。

6 结论

通过对检测技术的研究发现,传统技术经优化后仍具实用价值,智能化技术则凭借精准、实时的优势成为发展核心,多源数据融合处理能进一步提升检测与预测精度。防治技术方面,地基处理、基础结构优化及监测调控结合的方案,可形成针对性防控体系,有效控制沉降风险。工程实践适配性分析表明,技术选择需结合建筑类型与地质条件,兼顾成本与效益。未来技术将向智能化、绿色化、集成化方向发展。

参考文献

- [1]熊黎黎,贾璐.建筑物地基二次沉降变形位移智能检测仿真[J].计算机仿真,2023,40(09):282-285+317.
- [2]杨晓文.建筑物地基沉降监测与预警系统设计与实现[J].四川水泥,2023,(11):59-61.
- [3]王广全.基于三维激光扫描的高层建筑物地基沉降测量方法分析[J].江西建材,2023,(02):86-87+90.
- [4]杨义刚,罗伟兵.高层建筑物地基沉降测量及有效控制方法研究[J].中国测试,2021,47(06):95-100.
- [5]李秉峻.复杂地质条件下高层建筑物地基沉降分析及预测[D].河北大学,2017.