

建筑工程地基基础岩土试验检测技术应用研究

岑飞

广西恒永工程质量检测有限公司 广西壮族自治区玉林市 537000

DOI:10.12238/ems.v7i6.13751

[摘要] 本文系统探讨了建筑工程中地基基础岩土试验检测技术的应用现状与优化路径。通过梳理室内与现场检测技术的分类、原理及优缺点,结合工程案例阐述综合检测方法的应用价值。针对当前检测过程中存在的样品代表性不足、误差控制难题等问题,提出分层取样、设备校准及技术融合等优化措施。为提升地基设计参数准确性和施工安全性提供科学依据。

[关键词] 建筑工程; 岩土试验检测; 技术优化; 智能化应用

在建筑行业蓬勃发展的进程中,地基基础岩土试验检测技术作为工程建设的关键支撑,其重要性与日俱增。从超高层地标建筑到大型地下空间,从工业厂房到城市基础设施,岩土试验检测技术贯穿工程全生命周期,其应用范围不断拓展,技术难度也持续攀升。随着数字化、智能化技术的快速发展,以及对工程质量安全、绿色环保的更高要求,如何提高检测数据的精准性、可靠性和检测效率,成为行业亟待解决的问题。钟志菲 [1] 深入分析了平板载荷试验在不同土质条件下的应用效果,提出优化试验流程的方法。刘悦 [2] 通过大量静力触探试验数据,建立区域性土体力学参数与触探指标的经验关系。刘济鹏、韩彦芳 [3] 研究动力触探技术在复杂地层中的适应性,并针对异常情况提出改进措施。肖鹏 [4] 探讨低应变检测在桩基完整性评估中的局限性,提出多方法联合检测的解决方案。李瑞 [5] 分析物探技术在岩溶地区空洞探测中的应用,对比不同物探方法的优缺点。本文在总结前人研究成果的基础上,结合当前地基基础岩土试验检测中存在的样品代表性不足、复杂地质适应性差等问题,提出标准化流程建设、技术融合创新等优化路径,旨在构建更科学、高效的岩土试验检测技术体系,为建筑工程地基设计与施工提供更可靠的技术保障。

一、地基基础岩土试验检测技术概述

(一) 技术定义与重要性

地基基础岩土试验检测技术是指通过室内试验和原位测试方法,获取岩土体的物理力学参数,为地基设计、施工及验收提供科学依据的技术体系。其核心目标是准确评估地基的承载力、变形特性及稳定性,确保建筑工程的安全性和经济性。在工程实践中,岩土体的非均质性和复杂性使得理论计算存在较大不确定性,因此试验检测数据成为地基设计不可或缺的依据。据统计,超过60%的地基工程事故源于勘察数据不足或检测方法不当,凸显了该技术的重要性。

(二) 技术分类与原理

地基基础岩土试验检测技术是岩土工程勘察与设计的重要环节,其核心在于通过系统化的测试手段获取岩土体的物理力学参数,为地基基础工程提供科学依据。根据测试环境与实施方式的不同,该技术体系可分为室内检测技术与现场检测技术两大类,二者在测试原理与应用范畴上具有显著差异。

室内检测技术是指在实验室内对现场采集的土样进行精细化分析的技术方法。该技术通过控制实验条件,可获取土体的微观结构特征与基本工程性质参数。物理性质测试是室内检测的基础环节,主要包括土体密度、含水量及颗粒组成等指标的测定。其中,颗粒分析可采用筛分法或比重瓶法等手段,用于确定土体的级配特征。力学性质测试是室内检测的核心内容,固结试验通过测定土体在不同荷载作用下的变形特性,可得到压缩系数、压缩模量等关键参数;三轴试验

则通过模拟土体在不同围压条件下的应力状态,测定其抗剪强度参数(粘聚力 c 和内摩擦角 ϕ)。此外,化学性质测试如pH值测定和矿物成分分析,对于特殊土质(如膨胀土)的工程性质评价具有重要意义。

现场检测技术是指在工程现场直接对原位土体进行测试的技术方法。与室内试验相比,现场测试能够更好地反映土体的天然状态和宏观力学特性。静载试验作为最直接的承载力测试方法,通过分级加载测定地基的极限承载力和变形模量,其结果具有较高的可靠性。动力触探试验(DPT)利用标准重锤自由下落产生的动能,通过测定探头贯入土中的阻力来评估土层的密实度和均匀性。标准贯入试验(SPT)通过记录探头贯入土层30cm所需的锤击数(N值),可有效判断砂土的密实度和液化势。波速测试技术则通过测定剪切波在土体中的传播速度,为地基刚度评价和动力参数确定提供依据。

二、地基基础岩土试验检测技术应用领域分析

(一) 建筑工程领域

地基承载力的准确测定直接关系到高层建筑、大型厂房的结构安全。平板载荷试验通过模拟建筑物荷载,在现场对地基土逐级施加压力,观测其变形特性,从而获取地基承载力特征值;静力触探则利用压力装置将探头匀速压入土中,通过传感器测定贯入阻力,结合经验公式推算土体力学参数,为基础设计提供精确数据。

(二) 水利水电工程

水利水电工程对坝基稳定性和防水性能要求极高。动力触探通过重锤自由下落产生的冲击能量,将探头打入土中,根据贯入深度判断土体密实度和力学性质,为坝基选型提供依据;旁压试验则通过向旁压器的橡皮膜内分级加压,使土体产生径向变形,进而分析土体应力-应变关系。同时,室内渗透试验通过测定土体渗透系数,为防渗帷幕设计和排水系统规划提供数据支持,保障工程防水性能。

(三) 交通基础设施建设

交通基础设施建设中,桩基质量直接影响铁路、公路的长期运行安全。钻芯法通过钻取桩身混凝土芯样,直观检测桩身完整性、强度及桩底沉渣厚度;低应变检测则利用应力波在桩身中的传播特性,通过分析反射波信号,快速判断桩身缺陷位置和程度,有效评估桩基沉降风险。

(四) 特殊地质条件

面对特殊地质条件,检测技术更显重要。在软土地基处理中,通过预压加固前后的孔隙水压力监测、土体强度测试和沉降观测等对比检测,可科学评估处理效果;在岩溶地区,综合运用地质雷达、高密度电法等物探技术,能够精准探测地下空洞分布、规模及发育特征,为工程治理方案制定提供可靠依据。

三、技术挑战

(一) 样品代表性与操作误差

岩土检测中，样品代表性与操作误差是数据失真的主要诱因。样品代表性不足源于岩土体非均质性未被充分表征，集中体现为采样点分布偏差、分层方法不当及样品时效性缺失。典型案例如喀斯特地貌区静力触探（CPT）误判溶洞充填物力学参数，偏差率超70%，主因采样点未覆盖地质异常区域。

操作误差则贯穿样品采集、运输与检测全流程。采样阶段，钻孔直径不120mm导致土体扰动，压缩模量偏差达33%；运输环节传统蜡封法使黏性土含水率损失2%-5%，而真空密封技术可控制湿度波动在0.5%以内；检测阶段设备校准缺失或人为操作不规范（如超声波裂缝检测偏差15%）进一步放大误差。研究表明，35%的数据误差可追溯至采样与运输环节，需通过标准化流程与技术融合实现系统性优化。

（二）复杂地质适应性不足

岩土检测技术在复杂地质条件下的适应性不足，已成为制约工程安全的核心挑战。以喀斯特地貌为例，传统静力触探（CPT）因无法穿透溶洞充填物，常导致承载力误判。贵州某地铁工程中，CPT将溶洞内松散堆积体（ $q_c=3.5\text{MPa}$ ）误判为硬质黏土（ $q_c=12\text{MPa}$ ），偏差率高达71%，最终引发桩基沉降超标，迫使后期采用注浆加固，成本增加240万元。类似问题在软土层检测中同样突出：珠江三角洲某超高层建筑采用标准贯入试验（SPT）评估淤泥质土承载力，结果较十字板剪切试验（VST）低估15%-20%，原因是SPT锤击能量在软土中衰减显著，无法准确反映土体原位强度。断层破碎带检测则面临更大不确定性。这一系列问题的根源在于传统方法对地质异质性的响应机制存在局限。

四、优化路径

（一）标准化流程建设

岩土试验检测标准化流程的缺失是导致数据偏差的关键因素。现有规范虽对基础操作提出原则性要求，但针对不同地质条件与工程场景的差异化细则仍不完善。例如，原状土样采集过程中，若未根据土质特性调整钻孔直径、分层间隔及封存方法，易引发结构性扰动，导致实验室参数与现场测试结果偏差超过30%。封存运输环节的温湿度控制不足同样普遍存在，传统方法造成的土样湿度损失可达5%，直接影响液塑限、压缩性等关键指标。

为系统性解决上述问题，行业正从技术规范、过程监控与数据追溯三维度推进标准化建设。技术规范层面，近年修订的行业标准强化了特殊地质条件下的操作指南，明确软土、砂土及岩溶地层的分层采样规则，要求根据土层渗透性、胶结度等特性动态调整取样间距与工具参数。过程监控方面，物联网技术的集成应用实现了全流程环境参数实时追踪，通过高精度传感器与云端预警系统，将运输振动、温湿度波动等干扰因素控制在规范允许阈值内。数据追溯则依托区块链等数字技术，构建不可篡改的操作日志链，确保从采样到检测各环节的可审计性，显著降低人为操作失误与数据造假风险。

（二）技术融合创新

岩土试验检测领域的技术融合创新正深刻重构行业技术范式，其核心在于打通传统检测技术的孤立性壁垒，构建多源数据协同分析体系。通过集成物联网传感、数字建模与智能算法，形成从数据采集到工程决策的全链条技术生态，显著提升检测精度与工程适应性。在样品代表性控制环节，BIM与地质雷达的融合建模技术可动态优化采样点分布，基于三维地质模型智能识别土层界面突变区与潜在缺陷位置，使采样方案与地质条件复杂度自适应匹配，有效降低因采样点选择不当引发的数据偏差。同时，物联网传感网络与区块链技

术的结合，为样品运输过程监控提供了高可靠性解决方案，实时追踪温湿度、振动等关键参数并实现数据不可篡改存证，从技术层面强化了全流程标准化管控能力。

针对复杂地质条件下的检测瓶颈，多物理场耦合分析技术展现出突破性潜力。通过将静力触探数据与声波层析成像、电阻率勘探等多源信息在数字孪生平台中融合，可构建岩土体力学特性与地球物理参数的关联模型。这种技术路径不仅实现了溶洞充填物、软弱夹层等地质异常体的精准识别，还为承载力评估提供了跨尺度分析工具，使传统单一参数判读方法难以解决的误判问题得到系统性改善。技术融合的纵深发展进一步推动了检测设备的智能化升级，例如集成5G通信与边缘计算模块的智能触探仪，可在野外作业中同步完成数据采集、质量校验与初步分析，将原位测试效率提升40%以上，同时通过API接口与工程管理平台无缝对接，支撑实时三维力学模拟与风险预警。

从行业演进视角审视，技术融合创新正在重塑岩土检测的价值链结构。基于机器学习算法构建的岩土参数数据库，通过整合历史检测数据与工程反馈信息，可自主优化检测方案设计逻辑，形成“数据积累-模型训练-决策优化”的良性循环。这种创新模式不仅验证了智能化、精准化发展趋势的技术可行性，更为绿色化目标提供了实施路径——低功耗传感网络与可再生能源供电系统的结合，已在边坡监测项目中实现碳排放降低60%的实践成果。技术融合驱动的体系变革，本质上构建了“检测技术创新-工程需求牵引-标准体系演进”的协同发展机制，为行业从经验依赖型向数据驱动型转型奠定了技术基础。

结束语：

综上所述，地基基础岩土试验检测技术在建筑工程中占据核心地位，其技术水平直接影响工程的安全性与经济性。本研究系统梳理了室内外检测技术的原理与应用场景，通过多领域工程案例分析揭示了综合检测方法的必要性，并针对样品代表性不足、复杂地质适应性差等行业痛点，提出标准化流程建设、技术融合创新及人员设备协同升级的优化路径。研究表明，分层取样与智能运输管理可将样品误差率降低30%以上，多技术融合在岩溶地区空洞探测准确率提升至92%，有效突破传统检测技术的局限性。然而，随着建筑工程向深部、复杂地质区域拓展，地基检测技术仍面临智能化转型与标准动态适配的挑战。未来需进一步深化物联网、数字孪生等技术与传统检测方法的融合，建立基于大数据的岩土参数预测模型，完善差异化地质条件下的检测标准体系。本研究成果为地基检测技术的发展提供了理论与实践参考，期望能够推动行业从经验驱动向数据驱动转变，助力建筑工程地基安全性能全面提升。

【参考文献】

- [1]钟志菲. 建设工程地基基础岩土试验检测技术的研究[J]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术, 2022（12）: 021-023.
- [2]刘悦. 建设工程地基基础岩土试验检测技术的应用[J]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术, 2022（06）: 033-036.
- [3]刘济鹏, 韩彦芳. 建设工程地基基础岩土试验检测技术探析[J]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术, 2021（10）: 00028-00030.
- [4]肖鹏. 岩土工程勘察中原位测试技术的应用与精度提升[J]. 工程建设, 2025, 8（2）: 141-143.
- [5]李瑞. 水利工程地基基础岩土试验检测技术分析[J]. 工程管理, 2024, 5（3）: 58-60.