

岩土工程勘察中原位测试技术的应用与精度提升

肖 鹏

宁波冶金勘察设计研究股份有限公司, 浙江 宁波 315194

[摘要] 岩土工程勘察中的原位测试技术因其能有效反映土体的实际状态, 已成为现代勘察的重要组成部分。文中探讨了原位测试技术在岩土工程中的应用, 分析了各类常见测试方法, 如标准贯入试验、原状土取样试验、静力触探试验等, 并重点讨论了影响测试精度的主要因素。通过研究不同技术的优缺点, 提出了一些提升测试精度的方案, 如测试设备的精确校准、测试过程中环境因素的控制以及数据处理方法的优化。最后, 结合实际案例分析, 验证了提升精度后原位测试在工程设计中的重要作用和实际效益。

[关键词] 原位测试技术; 岩土工程; 精度提升; 标准贯入试验; 静力触探试验

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15334

中图分类号: TU43

文献标识码: A

Application and Accuracy Improvement of in Situ Testing Technology in Geotechnical Engineering Investigation

XIAO Peng

Ningbo Metallurgical Survey and Design Research Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315194, China

Abstract: In situ testing technology in geotechnical engineering investigation has become an important component of modern exploration due to its ability to effectively reflect the actual state of soil. The article explores the application of in situ testing technology in geotechnical engineering, analyzes various common testing methods such as standard penetration test, undisturbed soil sampling test, static penetration test, etc., and focuses on discussing the main factors affecting testing accuracy. By studying the advantages and disadvantages of different technologies, some solutions to improve testing accuracy have been proposed, such as precise calibration of testing equipment, control of environmental factors during the testing process, and optimization of data processing methods. Finally, combined with practical case analysis, the important role and practical benefits of in situ testing in engineering design after improving accuracy were verified.

Keywords: in situ testing technology; geotechnical engineering; precision improvement; standard penetration test; static cone penetration test

引言

岩土工程勘察是工程建设的基础, 而原位测试技术作为一种能够真实反映地下土体状态的手段, 近年来在岩土工程中得到了广泛应用。相较于传统的实验室测试, 原位测试具有操作简便、速度较快、数据可靠性较高等优点, 尤其在一些复杂地质环境下, 能够更加准确地评估土体的物理力学性质。然而, 原位测试的精度受到多方面因素的影响, 如何提升测试精度、减少误差, 已成为岩土工程勘察领域亟待解决的重要问题。本文旨在分析并探讨这一问题。

1 原位测试技术概述

1.1 原位测试技术的分类

原位测试技术通常根据测试方式和应用领域的不同, 分为静力类、动力类, 以及混合型测试方法。静力类测试方法包括标准贯入试验 (SPT)、静力触探试验 (CPT)、水平剪切试验等, 这些方法主要用于评估土层的力学性质和承载力。动力类测试方法则包括动态试探 (如: 动态触探试验)、表面波测试等, 主要用于探测土体的动态特性、波速及其与地震波传播的关系。混合型测试方法结合了静

力和动力测试的优点, 如静力-动力联合试验, 能够提供更为全面的土体特性数据^[1]。

1.2 各种原位测试方法的特点与应用

常见的原位测试方法有标准贯入试验 (SPT)、静力触探试验 (CPT)、原状土取样试验 (DST) 等。SPT 是一种通过冲击锤将采样管打入土中, 通过记录每次打击的贯入深度来评估土层的物理性质, 广泛应用于各类土质的勘察。CPT 通过探针将测量装置垂直压入土体, 实时记录土层的反应, 主要用于研究土体的强度、压缩性和固结性等。DST 则是通过获取不破坏土体结构的原状土样来进行详细实验分析, 适用于细粒土层的勘探。此外, 其他如原位剪切试验、压力计试验等也在特定情况下发挥着重要作用。这些方法的选择依据土体特性、工程要求以及测试目的等多个因素。

1.3 原位测试技术在岩土工程中的发展现状

近年来, 随着岩土工程勘察技术的进步, 原位测试方法的应用逐渐深入, 尤其是在复杂地质环境中的表现愈加突出。传统的实验室取样方法逐步受到挑战, 因为它们通

常无法反映土体的实际工程状态。原位测试技术由于能够实时获得土体的力学参数和变形特性,已成为岩土工程勘察中的重要手段。随着科技的进步,各种新型的测试设备和精确的测量技术不断涌现,原位测试精度得到了显著提高。同时,数据处理技术的进步也使得测试结果更加可靠、应用更加广泛。原位测试技术正在向智能化、自动化方向发展,未来有望为更复杂、更精确的工程需求提供支持。

2 原位测试精度的影响因素

2.1 测试设备的精度与性能

原位测试设备的精度直接关系到测试结果的可靠性和准确性,设备性能的优劣将直接影响测试数据的质量。设备中的核心组成部分,如传感器的灵敏度、数据采集系统的精度以及信号处理系统的稳定性,都在很大程度上决定了测试结果的准确性。以静力触探试验为例,探针的精确安装、压力传感器的精度以及数据采集系统的稳定性都可能成为潜在的误差源。若测试设备存在磨损、老化、损坏或未进行及时校准,这些问题将大幅降低设备的精度和可靠性,从而影响测试结果的准确性。定期检查、保养和校准测试设备,确保其性能处于最佳状态,是提高原位测试精度的关键步骤。选择高质量、稳定性强的设备,能更好地保证测试过程的顺利进行和结果的可靠性^[2]。

2.2 环境因素对测试结果的影响

环境因素在原位测试过程中具有重要影响,尤其是地下水位、温度、湿度以及土壤的饱和度等都会导致测试结果的偏差。例如,地下水位较高时,土体的抗压强度会受到水分的影响,从而使得静力触探试验的结果产生误差。气温较低时,土壤冻结或高温下的土体性质变化,也可能导致测试数据的不稳定。此外,测试过程中遇到的极端气候条件,如风力、降雨等,也可能影响设备的运行和数据的准确性。因此,进行原位测试时,必须考虑到这些环境因素,并在测试前后采取有效的监控和调整措施。

2.3 操作人员的技能与经验

原位测试的精度还受到操作人员技能和经验的影响。不同的操作人员在施工作业中的方法和节奏不同,可能会影响设备的安装、测试的推进速度、数据的记录与处理等方面。例如,进行标准贯入试验时,操作人员的打击频率、锤击力度、贯入深度的判断等都会影响测试结果的准确性。高经验的操作人员能够在不利的条件下调整操作方法,减少测试误差。而经验不足的操作人员则容易忽视一些细节,导致测试数据的波动。因此,进行原位测试时,操作人员必须具备扎实的技术基础和丰富的现场经验。

2.4 土体状态与测试结果的相关性

土体的物理状态、力学特性和内部结构等对原位测试结果有直接影响。土体的松散度、孔隙度、黏土含量、颗粒大小等因素都可能导致测试结果的差异。例如,在不同湿度下,土体的承载力和抗压强度会发生变化,进而影响

静力触探试验和标准贯入试验的深度和密度。同时,土层的均匀性与层间变异性也会影响测试的准确性。在存在较多异质性土层时,单次测试的结果可能无法全面反映土体的实际状态,因此需要多点采样和综合分析才能提高结果的代表性和准确性。土体状态的变化与测试结果密切相关,因此需要在测试过程中对土体进行详细的监测与分析。

3 提升原位测试精度的策略

3.1 测试前期准备的精细化管理

原位测试的精度不仅受到现场操作的影响,还与前期准备工作息息相关。测试前,必须对测试区域进行全面的地质勘察,准确掌握土体的分布、结构特征以及可能的变化规律,以便为后续的测试工作提供科学依据。根据地质勘察结果,应制定详尽的测试方案,合理规划测试点的位置和数量,确保测试数据具有代表性,能够全面反映土层的特征和变化。与此同时,对现场设备的检查和调试是至关重要的,应提前进行设备性能检测和校准,确保其能够在测试过程中正常运行,避免设备故障或性能不稳定对结果的影响。此外,还需要对测试人员进行专业培训,使其熟练掌握测试方法、操作规程和数据记录要求,从而确保测试操作的规范性和数据采集的准确性。通过精细化的前期准备,能够为原位测试的顺利进行和数据的高精度提供有力保障^[3]。

3.2 测试设备的校准与选择

测试设备的选择和校准是提升原位测试精度的关键。首先,选择合适的测试设备是确保测试结果准确的前提。例如,在进行静力触探试验时,应选择高精度的压力传感器和位移传感器,以提高数据的精确度。其次,设备必须经过定期校准,确保其测量误差在合理范围内。设备的校准不仅包括零点校准,还应覆盖测量范围内的不同参数进行校准。此外,还应确保设备在不同的工作环境下都能稳定运行,避免因环境变化导致设备性能下降。

3.3 环境控制与数据采集技术的改进

环境控制对原位测试精度有着重要影响。测试过程中,应尽量避免极端天气条件的干扰,选择合适的测试时间和季节。在高温或低温条件下,土体的物理性质会发生变化,因此应在适宜的气候下进行测试。此外,改进数据采集技术也是提升精度的有效途径。通过采用高精度传感器、自动化数据采集系统和无线传输技术,可以实时监测并记录测试过程中的各项数据,减少人为误差。数据采集系统还应具备自动校准和自诊断功能,确保数据准确传输和存储。

3.4 数据处理与误差分析方法的优化

原位测试数据通常具有较高的复杂性,如何科学处理数据并进行误差分析是提高精度的关键。首先,在数据采集后应进行初步的质量控制,剔除明显的异常值或误差点。其次,采用先进的数据处理方法,如多点拟合、曲线分析和统计回归等技术,对数据进行处理和分析,提取有效信

息。此外,误差分析应结合实际测试环境和设备性能,识别可能的误差来源,定量评估误差范围,并提出合理的修正方案。通过科学的数据处理和误差修正,能够有效提高测试结果的准确性。

3.5 质量控制与标准化作业流程的建立

为了进一步提升原位测试的精度,必须建立严格的质量控制和标准化作业流程。质量控制应贯穿测试的各个环节,从设备准备、现场操作到数据记录和报告生成,每一环节都应进行严格的监控和检查。应制定统一的操作规程和标准,确保测试过程的规范性和一致性。通过定期的质量审核、过程评估以及技术培训,不断提升测试人员的专业水平。此外,应根据项目需求和实际情况,灵活调整作业流程,确保每项测试任务都能高效、精确地完成。标准化作业流程不仅能够提高测试精度,还能提高工作效率和项目管理的可控性。

4 案例分析与实践应用

4.1 某项目原位测试的实施过程

在某大型基础设施项目中,原位测试作为地质勘察的重要手段被广泛应用。该项目的测试涉及多个地质条件复杂的区域,包括软土层和不均匀土层。在项目初期,测试团队对项目区域进行详细的地质勘察,确定了主要的测试点并设计了相应的测试方案。测试过程包括标准贯入试验(SPT)、静力触探试验(CPT)和原状土取样等多种方法。为了确保数据的准确性,测试过程中对设备进行了严格的校准,并通过数据采集系统实时监控和记录测试数据。此外,测试过程中还密切关注天气和环境变化,避免极端天气对测试结果产生影响。经过多轮测试,最终获得了一系列高质量的原位测试数据,为后续的设计和施工提供了有力支持。

4.2 提升测试精度后的成果对比

在实施精度提升措施后,项目的原位测试结果得到了显著改善。首先,设备的定期校准和升级,提高了传感器的灵敏度和稳定性,使得测试数据更加精准。其次,数据采集系统的优化和环境控制措施的加强,进一步减少了外部因素对测试结果的干扰。对比精度提升前后的数据,发现测试结果的波动性明显减小,尤其是在复杂地质条件下,数据的重复性和一致性得到了显著提高。例如,在土层强度测试中,经过精度提升后,测试结果更准确地反映了土体的实际承载力,为工程设计提供了更可靠的数据支持^[4]。

4.3 通过精度提升提高工程设计准确性与施工效果

原位测试精度的提升直接影响到工程设计的准确性和施工效果。以本项目为例,精度提高后的测试数据使得设计团队能够更准确地评估土体的物理力学性质,尤其是承载力和沉降特性。这些数据帮助设计人员优化了地基处

理方案,避免了不必要的施工风险。此外,在施工过程中,施工队伍根据精确的测试数据,合理安排了基础设施的深度和加固措施,有效减少了因土体不均匀导致的施工问题,提高了施工效率。项目的顺利推进也证明了精确原位测试对整体工程质量的重要性。

4.4 总结实践经验与改进建议

通过本项目的原位测试实践,可以总结出几点经验与改进建议。首先,测试设备的选择和定期校准至关重要,精度不高的设备会直接影响数据的可靠性,因此应优先选择高精度设备并进行严格的质量控制。其次,测试环境的控制必须更加细致,应避免天气、季节变化和地质环境等因素的干扰。在数据处理方面,可以通过引入更多智能化技术,如人工智能算法来提升数据分析的准确性和效率。最后,建议在未来的项目中,进一步加强测试人员的培训,提升其操作技能和对突发情况的应对能力,以确保原位测试的高效、准确实施。通过这些措施,未来项目的原位测试将能够提供更为精确的勘察数据,为工程建设提供更强有力的支持^[5]。

5 结语

原位测试技术在岩土工程勘察中的应用是实现精准勘察、保障工程质量的关键。然而,受多方面因素的影响,测试精度仍存在提升空间。通过加强测试设备管理、优化测试操作、改进数据处理方法,可以显著提高原位测试的精度,从而为岩土工程的设计与施工提供更为可靠的数据支持。未来,随着技术的不断进步,原位测试技术将朝着更加精准、高效、智能化的方向发展,为工程勘察行业提供更加先进的解决方案。

【参考文献】

- [1] 沈小克. 承前启后 全面创新 科学发展——改革开放40 年我国工程勘察行业发展的初步思考[J]. 中国勘察设计, 2018(12): 31-35.
- [2] 蒋宏涛, 崔利伟, 魏涛, 王涛. 分析工程勘察中地质测试和地下水监测的重要性[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014, 34(11): 135.
- [3] 魏天文. 对岩土工程勘察设计与施工中水文地质问题分析[J]. 当代农机, 2025(1): 65-66.
- [4] 王峰, 祝恩珍, 潘志辉. 基于岩土工程勘察的地基基础设计优化研究[J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(11): 90-92.
- [5] 涂刚. 深基坑工程中岩土工程勘察的关键点研究[J]. 低碳世界, 2024, 14(9): 85-87.

作者简介: 肖鹏(1988.5—), 毕业院校: 宁波大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 宁波冶金勘察设计公司, 职务: 技术员, 职称级别: 工程师。