

土工试验在软土地区道路基础设施建设中的应用与挑战

孙庭宫

南京建力测绘勘察院有限公司, 江苏 南京 211500

[摘要] 软土地区的道路基础设施建设因其地质条件的特殊性, 面临着许多工程技术难题。土工试验作为基础土壤性质的检测手段, 对于软土地区的道路建设至关重要。文章结合土工试验在软土地区的应用, 探讨了不同土壤性质对道路建设的影响, 分析了常见的土工试验方法, 如标准贯入试验、液塑限试验、三轴剪切试验等, 并针对软土地区的挑战提出了相应的改进措施。通过案例分析, 展示了土工试验在软土地区道路建设中的实践应用及其取得的效果。研究表明, 土工试验为软土地区道路建设提供了科学依据, 有效提高了道路工程的稳定性和安全性。

[关键词] 土工试验; 软土地区; 道路基础; 工程应用; 技术挑战

DOI: 10.33142/ucp.v2i1.15600

中图分类号: TU411

文献标识码: A

Application and Challenges of Geotechnical Testing in Road Infrastructure Construction in Soft Soil Areas

SUN Tinggong

Nanjing Jianli Surveying and Mapping Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211500, China

Abstract: Road infrastructure construction in soft soil areas faces many engineering and technical challenges due to the special geological conditions. Geotechnical testing, as a fundamental method for detecting soil properties, is crucial for road construction in soft soil areas. The article combines the application of geotechnical tests in soft soil areas, explores the influence of different soil properties on road foundation construction, analyzes common geotechnical test methods such as standard penetration test, liquid plastic limit test, triaxial shear test, etc., and proposes corresponding improvement measures for the challenges in soft soil areas. Through case analysis, the practical application and effectiveness of geotechnical testing in road construction in soft soil areas were demonstrated. Research has shown that geotechnical tests provide a scientific basis for road construction in soft soil areas, effectively improving the stability and safety of road engineering.

Keywords: geotechnical testing; soft soil areas; road foundation; engineering application; technical challenges

引言

软土地区的道路建设因其复杂的土质条件, 常常面临基础承载力不足、沉降过大等问题。因此, 土工试验成为评估软土性质、指导工程设计与施工的重要手段。土工试验通过准确的实验数据, 帮助工程师深入了解土壤的力学性质、稳定性和适应性, 为道路基础设计提供科学依据。然而, 在软土地区, 由于土壤的特殊性质和不均匀性, 土工试验的应用面临一定的挑战。本研究旨在探讨土工试验在软土地区道路基础设施建设中的具体应用和所面临的技术难题。

1 土工试验的基本原理与方法

土工试验是研究土壤物理力学性质的重要手段, 通过对土壤样本的不同性质测试, 获得相关参数, 为道路基础设计提供依据。常见的土工试验方法包括标准贯入试验、液塑限试验、三轴剪切试验等, 每种方法都有其独特的应用价值和适用场景。

1.1 标准贯入试验

标准贯入试验 (SPT) 是评估土层承载力和稳定性的常用方法。其基本原理是通过一定重量的锤子打击标准贯

入器, 使其垂直穿透土层, 记录贯入深度和每打击一次的贯入量。通过分析贯入阻力的变化, 可以判断土层的密实度、土壤的承载力以及土质的分布情况。在软土地区, 标准贯入试验主要用于评估软土层的承载能力, 帮助设计工程中合理选择土层的加固方式^[1]。

1.2 液塑限试验

液塑限试验用于测定土壤的可塑性, 主要通过测定土壤的液限 (LL) 和塑限 (PL), 从而获得土壤的塑性指数 (PI)。液限是指土壤由液态转为塑性状态的含水量, 塑限则是土壤由塑性状态转为可压塑状态的含水量。液塑限试验通过分析土壤的塑性特征, 可以判断土壤的压实性能及其在湿润条件下的稳定性。在软土地区, 这一试验可以帮助预测土壤在湿润环境下的变化规律, 避免因土壤变形过大影响道路基础的稳定性。

1.3 三轴剪切试验

三轴剪切试验是一种模拟土壤应力状态、研究其抗剪强度的重要实验方法。在试验中, 土样被置于三轴室内, 施加轴向压力和围压, 从而模拟不同环境下土壤的受力状态。通过控制土体的剪切速率, 得到土壤的抗剪强度参数

(如内摩擦角、凝聚力等)。在软土地区,三轴剪切试验能够深入分析土壤在负载作用下的变形特性,提供详细的土壤强度数据,为基础承载力计算提供依据。

1.4 工程应用中的综合试验方法

在实际工程中,单一的土工试验往往难以全面准确地评估土壤的性质。因此,综合试验方法得到了广泛应用。这种方法通常结合多种土工试验,如标准贯入试验、液塑限试验、三轴剪切试验等,通过对土壤的多个性质进行综合评估,形成更为可靠的分析结果。例如,在软土地区的道路基础设计中,可以通过标准贯入试验评估土层的密实度,同时用液塑限试验分析土壤的塑性特征,再通过三轴剪切试验评估其抗剪强度,最终综合分析,确定最佳的基础处理措施。

2 软土地区土壤特性分析

软土地区的土壤具有特殊的物理和力学性质,这些特性直接影响到道路基础建设的设计和施工。在进行软土地区的道路基础建设时,必须深入分析其土壤特性,以便采取相应的处理措施,确保工程的稳定性与安全性。

2.1 软土的物理性质

软土主要由细颗粒的黏土、粉土和有机质组成,其物理性质表现出较大的湿润性和可压缩性。软土的密度较低,孔隙比大,导致其承载力较低,且易受外力作用发生沉降。软土的粒径较细,具有较强的吸水性,湿润后土壤的塑性特征更为显著。软土的颗粒结构较松散,水分较多,具有较强的膨胀性和收缩性。由于其较高的水分含量,软土在不同季节和气候条件下会出现明显的物理变化,尤其是湿度变化会导致土壤结构的不稳定^[2]。

2.2 软土的力学性质

软土的力学性质主要表现为较低的抗压强度、较高的变形能力和较差的稳定性。由于其松散的结构和较大的孔隙比,软土在受到荷载时容易发生较大的塑性变形。软土的压缩模量较小,在荷载作用下容易产生较大的沉降,这在道路基础建设中尤为显著。软土的抗剪强度相对较低,内摩擦角小,凝聚力较弱,这使得软土在荷载作用下容易发生剪切破坏。对于软土的力学性质,需要通过多次试验来综合评估,确定其在不同应力状态下的表现,以便采取适当的加固措施。

2.3 软土的沉降特性与承载力

软土的沉降特性是软土地区道路建设中的一个关键问题。软土的沉降是由其高含水量和较低的压缩模量决定的。软土在长期荷载作用下会逐渐发生压缩,导致地基沉降。由于其低承载力,软土在未经处理的情况下往往无法支撑较重的结构,因此需要采取加固措施如预压、加固桩等方法来提高土壤的承载力。软土的承载力与土体的密实程度、孔隙比和水分含量密切相关。

2.4 土壤湿度与季节性变化对试验结果的影响

软土的湿度变化对其力学性质和沉降特性有重要影

响。随着季节变化,土壤的水分含量会发生明显波动,尤其是在雨季和干季之间,土壤的湿度变化会导致土壤的膨胀和收缩。在湿度较高的季节,软土可能吸水膨胀,导致其抗剪强度下降,沉降量增大;而在干燥季节,土壤则可能发生收缩,产生裂缝,进一步影响其力学性质。因此,在进行软土地区的土工试验时,必须考虑土壤湿度的季节性变化,选择合适的试验时机和方法,避免试验结果受季节性波动的干扰,确保试验数据的准确性和可靠性。

3 土工试验在软土地区道路基础建设中的应用

土工试验在软土地区道路基础建设中起着至关重要的作用,能够帮助工程师评估土壤的性质、预测沉降变化、优化设计方案等。通过合理的土工试验和数据分析,可以有效提高道路基础的质量与稳定性,确保工程的安全性和使用寿命。

3.1 路基承载力评估

路基承载力是软土地区道路设计中最为关键的指标之一。软土因其较低的密实度和较弱的抗剪强度,通常无法提供足够的支持力。因此,在软土地区的道路建设中,必须通过土工试验来评估土层的承载力。标准贯入试验(SPT)、三轴剪切试验和静力触探试验等常用于承载力的评估。通过这些试验,可以获取土层的密实度、压缩性、抗剪强度等参数,从而为路基承载力的计算和分析提供科学依据。在实际应用中,还需要考虑土壤的季节性变化、地下水位的影响等因素,确保路基在不同工况下的稳定性^[3]。

3.2 沉降预测与控制措施

软土地区常常面临较大的沉降问题,尤其在道路基础建设中,软土的沉降会影响道路的平整度和使用功能。通过土工试验,可以准确评估土壤的沉降特性,包括其压缩性、孔隙比等。在此基础上,可以对道路的沉降进行预测,并采取有效的控制措施。例如,可以使用预压法、地下水降水等手段来减少软土的沉降量。另外,通过三轴剪切试验和液塑限试验,可以获得土壤的剪切强度和塑性特征,为设计提供沉降控制的具体参数。控制沉降的关键是要根据试验数据,合理选择压实、加固等措施,确保道路工程的长期稳定性。

3.3 道路结构层设计的优化

在软土地区道路建设中,结构层的设计至关重要。软土的承载力较弱,通常需要加厚基础层,或者采用加强材料来提升其承载能力。通过土工试验,工程师可以根据土壤的不同性质,设计适合的道路结构层。例如,针对软土的高压缩性,可以在路基上铺设厚度较大的基础层或采用石粉、石屑等材料来加固土壤。此外,通过土工试验可以优化道路结构层的层次厚度,确定合适的材料,确保结构层的力学性能满足道路使用要求。试验数据的支持有助于减少设计过程中不必要的材料浪费,提升道路的整体经济性与功能性。

3.4 案例分析：某软土地区道路基础工程

以某软土地区道路基础工程为例，工程中进行了多项土工试验，包括标准贯入试验、三轴剪切试验和液塑限试验。通过这些试验，项目团队详细了解了土层的物理力学性质，并对路基承载力、沉降特性进行了全面分析。在此基础上，采用了预压和加固桩等措施，有效地提升了软土地区的道路基础承载力和稳定性。在设计过程中，根据试验结果，优化了道路结构层的厚度和材料选择，确保了项目的高效实施和质量达标。通过这一案例，可以看出土工试验在软土地区道路基础建设中的重要作用，它为道路工程提供了科学依据，减少了施工中的不确定性和风险，确保了项目的顺利进行。

4 土工试验在软土地区应用的挑战与应对措施

尽管土工试验在软土地区道路建设中具有重要作用，但在应用过程中也面临着许多挑战。这些挑战包括土壤分布的不均匀性、环境变化对试验结果的影响、试验数据的分析与应用难度等。为了确保土工试验的准确性与可靠性，需要采取一系列技术改进和应对措施。

4.1 土壤分布的不均匀性与试验误差

软土地区的土壤常常具有不均匀的分布特征，土层的厚度、密实度、湿度等可能在不同位置之间存在较大差异。这种土壤分布的不均匀性使得单一位置的试验结果难以全面代表整个地区的土壤特性，从而带来较大的试验误差。例如，标准贯入试验（SPT）和静力触探试验可能受到试验深度、土层不均等因素的影响，导致数据的不稳定。为减少误差，建议在软土地区进行多点取样和试验，尤其是在不同土层和不同位置上重复试验，以获得更具代表性和准确性的土壤参数。此外，结合不同类型的试验结果（如液塑限试验、三轴剪切试验等）进行综合分析，可以有效减少试验误差^[4]。

4.2 软土的环境变化对试验结果的影响

软土的性质往往受到环境因素的显著影响，尤其是湿度、温度和地下水位的变化。季节性变化、降水量和水位波动等因素会导致软土的物理和力学性质发生变化，从而影响试验结果。例如，土壤在湿润条件下容易膨胀，而在干燥条件下则可能收缩，这些变化直接影响软土的密实度和压缩性。因此，进行土工试验时，需要考虑环境变化对土壤性质的影响，尤其是在不同季节或气候条件下，试验结果可能存在较大的差异。为应对这一挑战，可以在不同季节或不同气候条件下多次进行试验，并结合实际施工周期和气候条件进行分析，以保证试验数据的有效性。

4.3 试验数据的分析与应用难度

软土地区的土壤通常具有复杂的物理力学性质，其数据的分析与应用也面临较大的困难。由于软土的压缩性较

强，其土体行为可能表现出非线性特征，传统的分析方法可能无法完全准确反映其特性。此外，软土的力学参数（如剪切强度、压缩模量等）在不同条件下可能会有所不同，增加了数据分析的难度。因此，试验数据的分析需要考虑多个因素，如土壤的应力状态、湿度变化等，并采用更为复杂的计算模型来进行分析。为了应对这一挑战，可以结合数值模拟和实验数据，利用先进的力学模型和计算方法对土壤行为进行精确预测。

4.4 针对挑战的技术改进与应对策略

针对软土地区土工试验中存在的挑战，工程界已提出了一些技术改进和应对策略。首先，可以加强试验设备和方法的创新，例如采用高精度的地下探测仪器和自动化数据采集系统，提高试验结果的准确性。其次，在数据分析中引入更多的计算机模拟和人工智能技术，如基于大数据和机器学习的预测模型，可以有效处理复杂的土壤数据。此外，针对软土的特殊性，结合实验与现场实测数据，采用更为细致的分层处理方法，进一步提高试验的代表性和适用性。通过这些技术改进和应对策略，能够更好地应对软土地区土工试验中的各类挑战，确保工程设计的科学性和实施的可行性^[5]。

5 结束语

本文通过分析土工试验在软土地区道路基础建设中的应用，指出了在这一特殊环境下，土工试验对于解决工程技术问题的重要性。尽管面临着土壤特性不均匀、季节性变化等多重挑战，土工试验仍为软土地区道路建设提供了科学的依据和技术支持。未来，随着试验技术的不断创新和完善，土工试验将在软土地区道路建设中发挥更加关键的作用，有助于提升道路工程的质量与安全性。

[参考文献]

- [1]曹兴. 基于土工合成材料立体加筋法的软土路基处理研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2018.
- [2]杨道德. 市政道路工程中软土路基施工技术的应用[J]. 工程技术研究, 2017(11): 11-14.
- [3]蔡滢玉, 焦红, 胡照广, 单炜, 郭颖. 用土工织物散体桩加固季节冻土地区沼泽软土地基[J]. 东北林业大学学报, 2016, 44(6): 84-88.
- [4]杨道德. 市政道路工程中软土路基施工技术的应用[J]. 工程技术研究, 2017(11): 11-14.
- [5]陈宇. 软土路基的道路施工技术探究[J]. 中国住宅设施, 2024(3): 181-183.

作者简介：孙庭官（1988.3—），男，江苏南京人，汉族，本科学历，中级工程师，就职于南京建力测绘勘察院有限公司，从事勘察设计相关工作。