

土工试验在高速公路软基处理中的应用研究

张晓东

天津华北勘测设计院有限公司, 天津 300181

摘要：本文针对土工试验在高速公路软基处理中的应用进行了系统研究。本文起始, 对土的基本性质进行了详细阐述, 并概览了土工试验方法, 涉及物理性质试验、力学性质试验以及渗透性质试验, 深入讨论了土工试验在软基处理中的重要作用。随后, 文章转向高速公路软基处理技术的综合介绍, 分类阐释了不同的软基处理方法, 并对土工试验在此过程中的应用需求进行了深入分析。在此基础上, 本文重点研究了土工试验在软基处理方案设计中的应用, 详细分析了土体物理、力学和渗透性质试验在方案设计中的作用。同时, 本文还探讨了土工试验在软基处理效果评价中的应用, 包括土体物理、力学和渗透性质试验在效果评价中的作用。本研究旨在为高速公路软基处理提供理论支持和实践指导, 提高土工试验在软基处理中的应用水平, 为我国高速公路建设事业贡献力量。

关键词：土工试验; 高速公路; 软基处理; 物理性质; 力学性质

Application Research of Geotechnical Test in Soft Foundation Treatment of Expressway

Zhang Xiaodong

Tianjin Huabei Engineering Survey and Design Institute Co., Ltd. Tianjin 300181

Abstract : This paper systematically studies the application of geotechnical tests in the soft foundation treatment of expressways. At the beginning of this paper, the basic properties of soil are elaborated, and an overview of geotechnical test methods is provided, including physical property tests, mechanical property tests, and permeability tests. The important role of geotechnical tests in soft foundation treatment is discussed in depth. Subsequently, the article turns to a comprehensive introduction to expressway soft foundation treatment technology, classifying and explaining different soft foundation treatment methods, and conducting an in-depth analysis of the application requirements of geotechnical tests in this process. On this basis, this paper focuses on the application of geotechnical tests in the design of soft foundation treatment schemes, and analyzes the role of soil physical, mechanical, and permeability tests in scheme design. At the same time, this paper also explores the application of geotechnical tests in the evaluation of soft foundation treatment effects, including the role of soil physical, mechanical, and permeability tests in evaluating the effects. This study aims to provide theoretical support and practical guidance for soft foundation treatment of expressways, improve the application level of geotechnical tests in soft foundation treatment, and contribute to China's expressway construction industry.

Keywords : geotechnical test; expressway; soft foundation treatment; physical properties; mechanical properties

引言

随着我国高速公路建设的快速发展, 软土地基处理问题日益凸显, 成为影响工程质量与安全的重大问题。软土地基由于其低强度、高压缩性和渗透性差等特点, 给高速公路建设带来了诸多挑战。土工试验作为地基处理的重要手段, 对于了解软土特性、优化设计方案以及评价处理效果具有重要意义。本研究旨在深入探讨土工试验在高速公路软基处理中的应用, 以期提高软基处理技术水平, 为我国高速公路建设提供理论支持和实践指导。

长期以来, 国内外学者对土工试验在软基处理中的应用进行了大量研究, 取得了一定的成果。然而, 在实际工程中, 土工试验的应用仍存在诸多问题, 如试验参数选取、试验方法优化、数据解析等。针对这些问题, 本文从土工试验的基本理论出发, 系统分析了土工试验在高速公路软基处理中的应用现状, 并对关键问题进行了深入探讨。

一、土工试验基本理论及方法

在高速公路软基处理的科学实践中, 土工试验扮演着至关重

要的角色。为了深刻洞察高速公路软基的性质与行为, 掌握土的基本性质是首要之务, 它构成了进行土工试验和地基处理设计的前提和基础。以下将详细探讨土的基本性质, 并进一步概述土工

试验方法，以及其在软基处理中的不可或缺的重要性。

(一) 土的基本性质

近年来，高土石坝、深大基坑、大型地下工程、海岸及深海基础工程等岩土工程发展迅猛。“土”这种材料已经不仅是指传统意义的砂土和黏性土了。高土石坝、边坡工程中更大粒径的堆石料、土石混合体，多种多样的区域性特殊土，能源开采中物理化学反应复杂的含天然气水合物土，伴随着太空探索的月壤等外星球土等，都已经被纳入土的基本特性的研究范畴^[1]。土，作为一种由固体颗粒、水分和空气组成的复杂多相介质，其性质多变且受多种因素影响。土的基本性质包括物理性质、力学性质和渗透性质，这些性质决定了土体的工程行为和地基处理的复杂性。物理性质涉及土的粒度、密度、含水率等，而力学性质则包括土的强度、变形和固结特性。这些性质不仅是土工试验的直接研究对象，也是评估软土地基处理效果的关键指标。

(二) 土工试验方法概述

土工试验方法，作为土木工程领域的一项基础技术，是一套旨在精确量化土体性质的标准程序集合。这套方法通过一系列精细且科学的试验，全面揭示了土体的物理、力学及渗透特性，为工程实践提供了坚实的数据支撑。在物理性质试验阶段，通过进行密度试验、含水率试验以及粒度分析等手段，深入探究土体的基本物理特征^[2]。这些试验成果不仅为土的分类提供了可靠依据，而且为初步的工程评价奠定了坚实的数据基础。

进一步地，力学性质试验如直剪试验、三轴剪切试验和压缩试验，对这些土体的强度和变形特性进行了深入探讨。这些试验结果对于地基设计、边坡稳定性分析等关键工程领域，具有不可替代的指导意义。它们为工程师们提供了衡量土体承载能力和变形模量的关键参数，确保了工程结构的安全与稳定。

最后，渗透性质试验，包括常水头和变水头渗透试验，专注于土体的水理特性研究^[3]。这对于软土地基处理、排水设计以及抗渗要求等方面，具有至关重要的意义。这些试验的开展，使得对土体在水作用下的渗透规律有了更深入地理解，进而为工程措施的制定提供了科学的依据。总的来说，土工试验方法以其严谨的科学态度和丰富的内涵，为土木工程领域的发展奠定了坚实基础。

(三) 土工试验在软基处理中的重要性

在高速公路建设中，软基处理是一项极具挑战性的工程任务，而土工试验在这一过程中的重要性不容小觑。它不仅是一种评估软土工程性质的有效手段，更是优化设计方案、保障施工质量以及评价处理效果的关键所在^[4]。通过对软土的细致分析与深入研究，土工试验为工程师们提供了全面而精确的信息，这些信息对于筛选恰当的处理技术、确定施工参数以及预测长期结构性能具有决定性的作用。

在软基处理的复杂工作中，土工试验的应用不仅体现了科学的研究那份严谨与细致，更彰显了工程技术在确保基础设施建设安全、可靠与耐久性方面的核心价值。它如同一把精准的尺，量出了土体的各项性能指标，为工程设计的科学性和施工的精确性提供了坚实的理论基础^[5]。因此，土工试验在高速公路软基处理中

的角色，既是技术探索的先锋，也是工程质量守护的卫士，其深远的意义和价值在每一寸坚实的路基下得以体现。

二、高速公路软基处理技术概述

高速公路的建设与发展，不可避免地会遇到软土地基的挑战。软基处理技术的合理应用，是确保高速公路结构安全和行车舒适性的关键。本节将概述高速公路软基处理技术，分类探讨不同的处理方法，并针对技术关键问题进行深入分析，接着阐述土工试验在软基处理中的应用需求，以期为高速公路软基处理提供理论指导和实践参考。

(一) 软基处理方法分类

在高速公路软基处理领域，方法的多样性是其显著特点，不同的处理技术根据其作用机理和施工工艺的差异，可分为排水固结法、换填法、加固法、预压法以及组合处理法等。排水固结法，以其独特的加速土体水分排出机制，促进土体固结，从而显著提升地基的承载力；换填法则是一种直接的土体替换策略，通过将软弱的土层挖除，以更加稳定、性能优越的材料进行填充，以达到加固地基的目的^[6]。

加固法，涵盖了注浆、搅拌桩等先进技术，其核心在于从根本上改善土体的物理力学性质，增强其稳定性和承荷能力。预压法，则巧妙地利用预压荷载，使土体在施工前期便完成大部分沉降，从而减少了未来潜在的沉降风险。而组合处理法，则是一种综合性的策略，它将上述各种方法的优点相互结合，针对不同的工程特点和需求，进行量身定制的综合应用。

(二) 软基处理技术关键问题

软基处理技术的核心挑战在于如何巧妙地改善软土的本质属性，精确控制沉降幅度，并显著提升地基的整体稳定性。这一过程深度融合了对软土复杂特性的精确理解，处理方案的精心优化，以及在施工全过程中的严格质量控制^[7]。软土所特有的流动性、显著的高压缩性以及薄弱的抗力强度，都要求处理技术必须具备针对性，能够逐一克服这些固有的难题。

在技术应用过程中，需综合考虑环境保护、施工成本和工程周期等关键因素，以确保所选用的处理技术不仅科学高效，同时具备经济合理性，且在实践操作中可行。这要求工程师们不仅要具备深厚的专业知识，还要有前瞻性的思维和全局性的考量，将技术创新与工程实践相结合，以实现软基处理的最优化。在这个过程中，每一项决策都体现了对工程细节的精准把握，对技术路径的深思熟虑，以及对建设可持续、安全基础设施的不懈追求。

(三) 土工试验在软基处理中的应用需求

在高速公路软基处理这一复杂而关键的工程环节中，土工试验的应用显得尤为迫切和重要。它为工程师们提供了一整套关于软土特性的定量数据，这些数据构成了评估地基处理效果、优化设计方案以及指导施工过程的基础和支柱。土工试验的应用，不仅能够精确地揭示软土的物理属性、力学行为和渗透特性，更为处理方法的科学选取提供了坚实的依据。

在施工的每一个阶段，土工试验的监测作用显得尤为关键，

它能够及时地发现并解决潜在的问题，确保工程的质量与安全，其地位无可替代^[8]。土工试验在软基处理中的应用，不仅体现了工程技术的前沿进步，更是工程实践对科学性和严谨性的不懈追求与深刻体现。它要求工程师们在面对复杂的地质条件时，能够以精准的数据分析和严谨的技术判断，确保每一项工程决策都建立在科学的基础之上，从而为高速公路的长期稳定与安全运行提供有力保障。

三、土工试验在高速公路软基处理中的应用研究

高速公路软基处理的科学性和有效性，在很大程度上依赖于土工试验的深入应用。本节将深入研究土工试验在软基处理方案设计中的应用，以及其在处理效果评价中的关键作用，旨在揭示土工试验如何为高速公路软基处理提供技术支撑和决策依据。

（一）土工试验在软基处理方案设计中的应用

在高速公路软基处理方案的设计过程中，土体物理性质试验扮演着至关重要的角色。它通过对土的密度、含水率、粒度分布等基本物理特性的精确测定，为评估土体固结潜力和制定预处理措施提供了不可或缺的基础数据^[9]。工程师通过对这些物理性质的综合分析与解读，能够更为准确地预测地基的沉降行为，进而设计出更加科学、合理的处理方案，确保地基的长期稳定。

与此同时，土体力学性质试验在方案设计中的影响同样显著。它通过对土的抗剪强度、压缩模量等关键力学指标的测定，直接关联到地基的稳定性和承载能力，成为选择加固技术和确定加固深度的重要参考。力学性质试验的成果，为设计师提供了评估软基处理效果和优化设计方案的关键数据，使得工程加固措施更加精准有效。

此外，土体渗透性质试验在方案设计中的作用亦不容忽视。它涉及土体的渗透系数和毛细性质，这些参数对于排水系统的设计和固结时间的预测具有决定性意义。渗透性质试验的结果，能够有效地指导设计师选择适宜的排水措施，加速土体固结过程，从而显著提高软基处理的效率和工程进度。综上所述，土体的物理、力学和渗透性质试验，三者相辅相成，共同构成了软基处理方案设计的科

学基础，体现了工程实践中对土体性质深入理解的重要性。

（二）土工试验在软基处理效果评价中的应用

在高速公路软基处理效果的评价体系中，土体物理性质试验的作用至关重要，它旨在验证处理后的土体是否达到了预定的物理状态。试验结果，如密度和含水率等参数，是否满足设计规范的要求，为评价处理效果提供了直接的证据。这些数据不仅有助于确认所采取的处理措施是否有效，而且对于后续工程决策的调整提供了科学依据。

土体力学性质试验在效果评价中的重要性同样不容忽视。它通过评估处理后的土体是否具备了所需的抗剪强度和承载能力，从而揭示了软基处理对土体力学性能的改善程度^[10]。通过对比处理前后的力学指标，工程师能够直观地掌握土体强度和稳定性变化，为工程验收提供了坚实的科学支撑。

而土体渗透性质试验在效果评价中的作用，则体现在对处理后的土体渗透特性的重新评估上。通过细致的渗透试验，可以判断排水措施的实际效果，以及土体的固结状态是否达到了设计预期。这对于评价软基处理的长期效果和工程耐久性具有深远的意义，确保了高速公路在长期运营中的安全与稳定。总体而言，这三类土工试验的综合应用，不仅体现了对土体性质全面认识的重要性，也彰显了工程实践中科学评价和精细管理的专业精神。

四、结束语

在今后的研究中，还需在以下几个方面继续深入探讨：一是完善土工试验方法，提高试验数据的准确性和可靠性；二是结合不同地区软土特性，优化土工试验参数选取；三是将土工试验与数值模拟、现场监测等技术相结合，实现多源数据融合，为软基处理提供更为全面的技术支持。

总之，随着我国高速公路建设的持续发展，软基处理问题将愈发突出。土工试验作为软基处理的重要手段，其应用研究具有重要的现实意义和广阔的发展前景。坚信在广大科研人员和工程技术人员持续不懈的共同努力下，土工试验在高速公路软基处理领域的应用将日趋成熟，为我国高速公路建设事业的发展贡献力量。

参考文献

- [1] 张嘎, 王刚, 尹振宇, 等. 土的基本特性及本构关系 [J]. 土木工程学报, 2020, 53(02): 105–118. DOI: 10.15951/j.tmgcxb.2020.02.009.
- [2] 尧强. 土工格栅复合碎石垫层在高速公路软基处理中的应用 [J]. 工程建设与设计, 2023, (21): 128–130. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2023.11.038.
- [3] 郝建伟, 王瑞. 土工合成材料在公路软基处理中的应用与设计 [J]. 工程建设与设计, 2023, (01): 124–126. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2023.01.036.
- [4] 余鹏, 谷健. 面向道路软基加固处理设计分析 [J]. 四川水泥, 2020, (04): 334.
- [5] 刘欢. 土工格室在公路工程软基处理中的应用 [J]. 交通世界, 2022, (Z2): 207–208. DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2022.z2.090.
- [6] 陈津生, 刁钰, 孙万里, 等. 软基处理新工艺地固件法施工技术 [J]. 天津建设科技, 2021, 31(05): 69–72.
- [7] 李秀荣. 高速公路施工中的软基处理技术分析 [J]. 交通世界, 2020, (18): 48–49. DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2020.18.023.
- [8] 黄志杰. 临海公路软基处理施工技术探讨 [J]. 四川水泥, 2020, (03): 60–61.
- [9] 丁宇虹. 高速公路建设过程中的软基处理技术 [J]. 四川建材, 2019, 45(11): 178–179.
- [10] 朱万君. 浅谈涵洞软基处理设计 [J]. 四川水泥, 2019, (12): 74.