

公路工程膨胀土路基填筑施工技术研究

王少华¹ 尹金涛²

1. 三峡大学, 湖北 宜昌 443002

2. 湖北三峡职业技术学院, 湖北 宜昌 443000

[摘要]随着国家基础设施建设的不断推进, 公路工程在发展过程中面临了众多技术难题, 特别是在膨胀土地区进行路基填筑时, 稳定性风险变得尤为突出。由于膨胀土的胀缩特性, 常引发路基沉降、开裂等问题, 严重威胁着公路的使用寿命及安全。对此, 文中针对这一技术难题, 深入探讨了膨胀土路基填筑的施工技术, 详细分析了膨胀土的特性及其对路基稳定性的影响, 并研究了处理工艺、施工重点及质量控制措施。通过提出的针对性施工方案, 为在膨胀土地区开展公路工程建设提供了科学依据及技术支持, 这些研究成果不仅对提升膨胀土地区公路工程的施工技术具有指导意义, 也为相关领域的进一步研究奠定了基础。

[关键词]公路工程; 膨胀土; 路基填筑; 施工技术

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13636

中图分类号: U416.167

文献标识码: A

Research on Construction Technology of Expansive Soil Roadbed Filling in Highway Engineering

WANG Shaohua¹, YIN Jintao²

1. China Three Gorges University, Yichang, Hubei, 443002, China

2. Hubei Three Gorges Polytechnic, Yichang, Hubei, 443000, China

Abstract: With the continuous promotion of national infrastructure construction, highway engineering faces numerous technical challenges in the development process, especially when filling roadbeds in expansive soil areas, stability risks become particularly prominent. Due to the expansion and contraction characteristics of expansive soil, it often causes problems such as roadbed settlement and cracking, seriously threatening the service life and safety of highways. In response to this technical challenge, the article delves into the construction technology of expansive soil subgrade filling, analyzes in detail the characteristics of expansive soil and its impact on subgrade stability, and studies the treatment process, construction focus, and quality control measures. The proposed targeted construction plan provides scientific basis and technical support for highway engineering construction in expansive soil areas. These research results not only have guiding significance for improving the construction technology of highway engineering in expansive soil areas, but also lay a foundation for further research in related fields.

Keywords: highway engineering; expansive soil; roadbed filling; construction technology

引言

在公路工程中, 由于膨胀土具备特殊的物理化学特性, 其对路基施工的挑战显而易见。体积变化显著的膨胀土, 在湿润与干燥条件下, 会经历明显的胀缩, 进而削弱土体的稳定性, 这种特性可能导致路基出现沉降、开裂等问题, 严重时甚至危及道路的使用安全。有效地处理膨胀土、提升其稳定性, 并确保路基施工质量, 成为了亟待解决的核心问题。本研究的目的在于全面探讨膨胀土路基填筑施工中的技术难题与应对方案。主要特性及对公路工程的潜在危害, 包括对路基结构的影响及常见病害类型, 将在文章开篇介绍。随后, 将对膨胀土处理及路基施工中常用的技术手段与方法进行回顾, 如土壤改良、施工工艺及质量控制策略等, 这些技术的分析与总结, 旨在为膨胀土路基施工技术的优化与改进提供理论支持与实践指导, 以促进公路工程整体质量与耐久性的提升。

1 膨胀土的特征和工程危害

膨胀土, 作为一种具有显著胀缩特性的特殊土壤, 其特征尤为明显。大量的亲水性矿物, 尤其是蒙脱石, 存在于这种土壤中。吸水后, 这类矿物会导致土壤体积大幅膨胀, 而在失水时, 又会使土壤体积显著收缩。由于这种体积变化, 膨胀土在工程应用中表现出极大的不稳定性, 尤其是在公路工程中, 对路基和路面造成严重影响。当膨胀土存在于路基中时, 降雨或地下水的变化, 可能导致土壤体积膨胀, 进而引起路基隆起或产生不均匀沉降。而在干旱或水分流失的情况下, 土壤的收缩又可能导致路基下沉或开裂, 这种胀缩行为, 不仅破坏了路基的整体稳定性, 也容易引发路面上的裂缝、坑洼、沉陷等病害, 严重影响道路的平整度及行车安全。除此之外, 低渗透性及高吸水能力, 使得膨胀土在湿润状态下抗剪强度显著下降, 进一步增加了路基在剪切应力作用下的失稳风险, 若膨胀土在公路工程中未能得到有效处理, 则不仅会显著增加工程维护成本,

还会缩短道路的使用寿命，并带来严重的安全隐患。

2 公路工程膨胀土路基施工技术

2.1 膨胀土的处理工艺

2.1.1 下承层处理

在公路工程中，膨胀土路基的下承层处理是关键环节，用于控制其胀缩特性并确保路基的稳定性。构建一个稳定且具备良好排水性能的基层，正是下承层处理的核心目标。这一层的作用在于将膨胀土与路基主体结构隔离，减少水分的渗入与排出，从而有效控制膨胀土的体积变化。常见的处理方法包括在膨胀土上铺设砂砾、碎石或卵石垫层，这些材料的较高渗透性使其能够有效排除路基中的水分^[1]。此举可以防止雨水或地下水进入膨胀土层，进而降低其含水量波动。此外，为了进一步阻止水分上升并避免膨胀土与上部结构直接接触，通常在垫层上会铺设土工织物或防渗膜，这种措施可以减少因水分变化引起的体积变化对路基的影响。在某些特殊情况下，对膨胀土的下承层还可能进行固化处理。例如，掺入水泥、石灰或其他化学稳定剂，以增强其抗剪强度和承载能力，这些处理措施在特定环境下，确保了下承层的稳定性与耐久性。

2.1.2 施工放样

在公路工程中，膨胀土路基施工放样是保证施工精度及工程质量的关键环节。施工放样的过程涉及根据设计图纸及施工要求，在现场准确标定路基的中线、边线、边坡及各关键控制点的位置与标高。通常，在处理膨胀土之前，这项工作必须完成，以为后续施工提供必要的基础。鉴于膨胀土的显著胀缩特性，在进行施工放样时，特别需要关注放样点的稳定性与精确度。全站仪、GPS 等高精度测量设备应被施工人员采用，按照设计要求进行测量与标定。同时，对膨胀土区域的地形进行详细测量，以确保放样点的准确性。此外，还应在放样时考虑膨胀土在施工过程中的体积变化，可能需要预留一定的变形裕量，以保证最终完成的路基符合设计要求。放样工作完成后，复测与核对是必要的步骤，以确认所有标定点的准确性，之后方可进行土方开挖、填筑及其他施工操作，这样一来，后续施工的顺利进行才得以保障。

2.1.3 确定处理方法

在公路工程中，确保路基稳定性与施工质量的核心环节是选择合适的膨胀土处理方法。由于膨胀土的显著胀缩特性，不同的环境条件、土质特征及工程需求都会对处理方法的选择产生影响。首要步骤是对膨胀土的物理化学性质进行详尽分析，包括土壤含水量、塑性指数、矿物成分以及膨胀潜力等指标的测试，这些数据对于评估膨胀土的胀缩行为及其对路基的潜在影响至关重要。根据分析结果，制定合适的处理方案成为可能。机械改良、化学改良以及物理隔离是常用的方法。机械改良涉及膨胀土的碾压、粉碎及分层摊铺，以提高其密实度与稳定性；化学改良则通

过加入水泥、石灰或其他固化剂，改变土壤的物理化学特性，从而减少其膨胀性和收缩性；物理隔离则通过铺设土工布、砂砾垫层或防渗膜，有效阻隔水分迁移，降低膨胀土的胀缩效应^[2]。在具体处理方法的确定中，必须综合考虑工程实际情况，包括当地的气候条件、水文环境、施工难度以及经济性等因素，多种处理方法的组合应用，常常能更有效地应对复杂的工程环境。

2.1.4 水泥摊铺

在公路工程中，作为膨胀土路基处理的常用改良手段，水泥摊铺旨在提升土壤的承载力与稳定性，并减少其胀缩特性对路基的不利影响。进行水泥摊铺之前，膨胀土层表面需首先被整平，确保没有明显的坑洼或障碍物，这样才能使水泥均匀铺设。接着，按照设计规范和预定比例，水泥应被均匀撒布于膨胀土表面。一般而言，水泥的用量根据膨胀土的特性和工程性能需求来确定，通常占膨胀土干重的 4%至 8%。撒布水泥后，立即进行混合是必要的，以确保水泥与土壤的充分混合，通过这一过程，水泥得以均匀分布，并与膨胀土颗粒完全接触，从而达到改良效果。

2.1.5 拌和

拌和过程的核心在于将改良剂均匀混入膨胀土中，从而改善其物理和力学性能。初步阶段，膨胀土需被适当地松散和打破，以确保改良剂能够均匀分布。随后，根据设计要求，适量的改良剂（如水泥、石灰或其他化学稳定剂）应均匀撒布于土壤表面。撒布完成后，专用拌和设备（如旋耕机或搅拌机）将用于对土壤和改良剂进行充分混合，确保改良剂完全渗透并均匀分布于土体中。在拌和过程中，混合的均匀性及深度必须得到严格控制，以避免改良剂局部浓度的不均匀，从而确保处理效果的一致性，完成混合后，通常需要适度湿润混合土，以促进化学反应并提高土壤强度。此时，通过喷洒水分可以调节土壤的含水量，使其达到最佳的拌和状态。

2.1.6 碾压

在公路工程中，碾压处理膨胀土是提升其稳定性与承载力的关键步骤。通过机械压实的方式，碾压的主要目标在于增加膨胀土层的体积密度，降低土体的空隙率，从而增强其整体强度和稳定性。施工前，必须保证膨胀土层的均匀性，并将其含水量调整至最佳范围，以实现理想的压实效果。通常，膨胀土的含水量需调整到最佳含水范围，以提高土壤的可压实性，重型压路机一般用于碾压作业，压路机的型号应根据土层厚度及土壤性质来选择，碾压过程一般按层进行，每层的厚度需根据设计要求及施工标准加以控制，常见厚度为 20 至 30 厘米。每层土壤经过多次碾压，以确保其达到设计要求的压实度，碾压作业时，需从土壤的边缘向中心逐步推进，以避免出现不均匀的压实效果^[3]。在整个碾压过程中，对土壤的密实度和均匀性需要进行实时监测，通常通过现场密度仪器进行检测，以确

保每层土壤的实际密实度符合标准。

2.2 膨胀土路基施工要点

在膨胀土路基施工中,保障施工质量和工程稳定性依赖于对多个关键要点的综合控制。全面评估膨胀土的特性,包括其膨胀性、含水量以及粒径分布,是施工前的首要步骤。这一评估有助于制定合理的处理方案,施工阶段中,含水量的控制至关重要,因为它直接影响压实效果,过高或过低的含水量将降低土壤的压实度和稳定性,因此需要进行适时的湿润或干燥处理。在分层摊铺土层时,每层土壤的厚度需符合设计标准,通常为20至30厘米,每层摊铺后的土壤必须经过充分的碾压,以提升其密实度和稳定性,碾压的时机应精确把握,以避免过早或过迟,从而确保最佳的压实效果。粒径控制同样重要,需通过筛分去除不适宜的颗粒,以保证土壤的均匀性及其工程性质,施工完成后,对路基进行质量检测是必不可少的,以确认压实度和平整度是否满足设计要求。常见的检测方法包括现场密度测试和平整度测量,施工后的养护措施也不可忽视,应通过洒水保湿或覆盖保护层,防止水分过快蒸发而导致干裂或变形,对这些关键点的有效控制,将显著提高膨胀土路基的稳定性与耐久性,从而确保公路工程的长期安全性与使用性能。

2.3 质量检测

在公路工程中,确保膨胀土路基的施工质量与长期稳定性,质量检测显得尤为重要。任务的核心在于评估路基的压实度、平整度及其他关键指标,以验证是否符合设计标准和施工规范。现场密度仪器常用于压实度检测,包括砂模法、核子密度仪及电磁密度仪等,这些仪器能够实时测量土壤的密实程度,以确保其达到设计规定的标准,通过在不同位置和深度随机抽取样本进行检测,整体施工质量的数据能够被获取。同样关键的是平整度的检测,通常使用激光平整仪、水平仪等工具来完成。通过这些测量设备,能够识别路基表面的高低差异及凹凸不平问题,以确保表面平整度符合设计要求。特别是在检测过程中,应关注路基的高点和低点,以防止出现影响路面铺装的缺陷。此外,检测还需涵盖土层的厚度、含水量及粒径分布等指标。对这些指标的分析,既可通过实验室测试,也可通过现场取样来完成,以保证土壤的物理性质和工程性能符合设计标准,检测结果必须详细记录并分析,以便及时发现并纠正施工过程中出现的问题,确保路基的长期稳定性与耐久性。

2.4 质量控制措施

2.4.1 原材料质量控制

在公路工程中,确保膨胀土路基施工的整体质量与稳定性,原材料的质量控制扮演着至关重要的角色。选择原材料时,设计规范和标准必须严格遵循,以确保其适用于膨胀土的处理和改良。对膨胀土的物理化学性质进行全面

测试,诸如膨胀性、粒径分布以及含水量等指标,至关重要,这有助于确定合适的处理方法和改良剂用量。改良剂的质量,如水泥或石灰,也需严格控制,以确保其化学成分及物理特性符合技术要求,且具备优良的稳定性与反应性能。在施工前,原材料必须经过详细验收,检查规格、来源、储存条件以及质量证明文件是不可或缺的环节。原材料需储存在干燥且通风良好的环境中,以防受潮或变质,从而确保使用时保持其工程性能。施工过程中,定期取样检测是必要的,以确保原材料持续符合设计要求,在批量采购或大规模使用时,原材料的均匀性与一致性尤其重要。此外,建立一个详尽的原材料检测及记录系统,对每批原材料的来源、检验结果及使用情况进行详细记录,将有助于追溯与质量控制。

2.4.2 温度控制

在公路工程中,施工温度的控制是确保膨胀土路基质量的一个关键环节。施工过程中,环境温度对土壤及改良剂的处理、拌和、摊铺与碾压等步骤产生显著影响。施工质量问题可能由不适当的温度条件引发。高温下,土壤与改良剂可能迅速干燥,水分的过快蒸发会影响土壤的拌和性及压实效果。低温则可能导致土壤中的水分冻结,增加操作难度,同时可能干扰改良剂的反应效果及土壤强度。

因此,针对性的温度控制措施显得尤为重要,在高温环境中,可以通过遮阳与洒水等手段降低土壤及改良剂的温度,以减缓水分的蒸发^[4]。有效维持施工区域适宜温度的方法包括设置遮阳网或喷洒水雾。低温条件下,需采取防冻措施,例如使用加热设备对土壤进行预热,以确保土壤在施工期间保持在适当的温度范围,防止水分冻结。此外,施工时间的合理安排也不可忽视,应避免在极端温度下进行关键工序。

2.4.3 做好施工过程监管工作

有效的施工过程监管对工程按计划进行以及及时解决出现的问题,至关重要。对施工现场的全面监督,涵盖了所有操作是否符合设计要求及技术规范的检查。实时监控土壤处理、拌和、摊铺及碾压等各个施工环节的工作,监管人员必须确保步骤严格遵循预定标准。此外,技术培训及操作规范的监督,同样是监管的重要组成部分,以确保施工团队掌握并遵循正确的操作流程。对施工中材料的验收、质量检测以及温度控制等环节的严格把关,也有助于避免因原材料不合格或环境因素对施工质量的影响,现场检查与进度评估的定期开展,成为常态后,施工情况及发现的问题应及时记录,并采取适当的纠正措施。完善的记录与报告系统的建立,是至关重要的,详细记录每一施工阶段的情况、质量检测结果及整改措施,能够有效追踪和分析施工质量,并为后续的验收与维护提供必要的依据。

3 结语

通过对公路工程膨胀土路基填筑施工技术的深入研

究,膨胀土的特性及其对路基稳定性所构成的挑战被系统探讨。文中分析了施工工艺、质量控制措施及关键施工要点的有效性。研究结果显示,合理应用土壤处理技术、采用科学施工方法以及实施严格的质量管理,对确保膨胀土路基的稳定性与工程质量至关重要。展望未来,面对膨胀土这一复杂的地质条件,施工技术的优化与完善将成为提升工程稳定性与耐久性的有效途径,本文的研究为膨胀土地区的公路建设提供了宝贵的技术参考,并为相关领域的进一步研究奠定了坚实的基础,通过技术创新与实践经验的持续积累,能够更有效地应对膨胀土路基施工中的各种挑战,并推动我国公路工程建设向更高质量的发展迈进。

基金项目:“2021 年度湖北三峡职业技术学院 湖北省教育厅双百项目《五峰柴埠溪谷底道路综合建设项目》

(BXLBX1329)研究成果之一”。

[参考文献]

- [1]赵阳.公路工程膨胀土路基填筑施工技术研究[J].汽车周刊,2024(8):104-106.
- [2]贾亚红.公路工程膨胀土路基施工技术要点研究[J].运输经理世界,2024(4):159-161.
- [3]张海珍.公路工程膨胀土路基填筑施工技术[J].交通世界,2023(11):95-97.
- [4]赵亮.公路工程膨胀土路基施工技术分析[J].交通世界,2021(19):70-71.

作者简介:王少华(1983—),女,硕士研究生,讲师,主要从事路桥工程专业教学。尹金涛,男,讲师,主要从事路桥工程专业教学。