

公路工程膨胀土路基施工技术要点研究

苏勤波

(四川路航建设工程有限公司, 四川 成都 610000)

摘 要 膨胀土是公路工程中较为常见的土壤类型, 因其具有吸水膨胀、反复变形等特征, 对工程的稳定性及耐久性具有较大影响。因此, 在公路建设施工的过程中, 针对膨胀土特性, 施工过程中需采取特殊设计及施工方法, 以确保路基稳定性及结构安全。膨胀土处理技术有改良土壤性能、设计合理排水系统、采用加固措施等措施, 这些措施均能有效降低膨胀土的不利影响。本文对公路工程中膨胀土路基的施工技术进行了探讨, 提出了处理膨胀土的方法及施工中的关键技术要点, 旨在为膨胀土路基施工提供参考。

关键词 公路工程; 膨胀土; 路基施工

中图分类号: U416

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.14.013

0 引言

公路工程的路基质量直接影响道路使用寿命及行车安全, 在膨胀土地区, 施工过程中土质变化常给路基稳定性带来严峻挑战。膨胀土作为一种特殊土壤类型, 具有显著湿胀性及干缩性, 随环境湿度的波动, 其体积变化会引起路基沉降、裂缝等问题, 影响公路工程结构完整性。膨胀土路基施工过程中面临着一系列复杂问题, 需深入探讨创新性施工技术及策略。因此, 科学合理处理膨胀土, 减少其对路基施工负面影响成为公路工程建设中待解决的重要问题。

1 膨胀土的特殊性质及其对公路工程路基施工的挑战

膨胀土的特殊性质给公路工程路基施工带来一系列显著挑战。膨胀土主要由蒙脱石等具有较强亲水性的粘土矿物组成, 这使得它在遇水时能显著膨胀, 而在干燥时则收缩。这种湿胀干缩性质是膨胀土最为显著的特性, 它不单导致土体体积变化, 还会伴随土体强度的显著衰减, 进而影响路基施工稳定性。膨胀土的湿胀干缩特性在一定程度上加剧土体的结构破坏, 在长期干湿循环作用下, 土体强度及承载力不断降低, 导致路基施工产生裂缝、沉降等病害, 形成无法修复的工程隐患。“湿胀干缩效应”是膨胀土对公路工程路基施工带来的最大挑战, 直接影响施工过程的稳定性及后期维护成本。膨胀土一旦遭遇水分变化, 土体会迅速膨胀, 形成巨大的膨胀力。当膨胀受到限制时, 土体内会积聚一定的内应力, 这种膨胀力可能导致路基施工结构破裂^[1]。在膨胀土路基施工中, 控制水分

是应对其膨胀性的关键, 施工时, 土体水分含量的波动将直接决定膨胀土的变形幅度, 若未能有效控制, 路基将会持续膨胀, 导致土体承载力快速衰退。因此, 膨胀土路基施工中面临最大困难是其在湿度变化下的不稳定性, 确保路基的长期稳定性。

2 膨胀土路基施工的关键技术及施工措施

2.1 精确规划施工步骤, 抑制膨胀土湿胀干缩问题

膨胀土的湿胀干缩效应在公路工程路基的施工阶段, 具有极为显著影响。膨胀土遇水后发生膨胀, 失水后收缩, 这种反复变形过程使路基施工的稳定性和耐久性受到严重挑战。精确规划施工步骤, 可以有效应对这种不稳定特性, 确保路基施工在长期使用中具有稳定性。土体在湿度变化下的行为是路基施工设计的核心考虑因素。施工人员运用合理施工步骤, 预防土体湿胀带来的不良影响, 可以采用层级施工、改良土体等措施来控制膨胀土的湿胀干缩问题。除此之外, 设计水土隔离层很重要, 这要求施工人员根据不同的气候及水文条件, 科学设置排水系统, 避免水分长期积聚, 从而减少公路工程膨胀土的膨胀效应。

例如: 在路基施工过程中, 施工人员可以适当增加基础埋深应对公路工程膨胀土湿胀干缩问题。膨胀土受水分变化影响较大, 在水分含量增高时, 膨胀土的湿胀性会使路基施工发生不均匀沉降。施工时, 施工人员首先需准确测量地下水位的变化情况, 确保施工过程中水位不发生异常波动。采用现代化的水位监测设备对地下水流动情况进行实时跟踪, 及时调整路基施工进度及方案, 以避免过度受水土胁迫。同时,

施工人员借助合理排水措施,能够有效防止地表水渗入施工区域,以减轻土体的湿胀效应。对于施工过程中的土体处理,必须注重公路工程膨胀土的特殊性,在基础土体清理过程中,施工人员需去除表层含水量较大的土层,并压实周围土体,形成密实的支撑结构。

在具体控制基础埋深过程中,施工队伍需依据设计要求,采取分层填筑法进行操作。每一层土壤厚度需精确控制,避免出现堆积不均的情况,从而引发不均匀沉降。填土时,施工人员需严格按土壤压实标准执行,应用静力压实、震动压实等设备,确保每一层土体都能达到规定的密实度,从而增强基础土层的稳定性。同时,施工人员在填筑过程中,应用现场测试工具对土壤的含水量及湿胀性进行实时监测,根据数据反馈调整路基施工方法,确保土体含水量稳定,并避免湿胀性土壤对基础的影响^[2]。在施工过程中,施工人员还应借助适当加固技术,进一步优化公路工程膨胀土路基施工。采用石灰、膨润土等无机材料进行土壤改良,减少土体的膨胀性能。运用物理及化学改良,使土壤结构得到强化,减少湿胀干缩的极端现象。

2.2 依托先进监测设备,实时掌控膨胀土水分动态

公路工程膨胀土的特殊性质,使其在公路工程中的应用面临着巨大挑战,其湿胀干缩特性影响路基施工稳定性。水分含量是决定膨胀土性能的关键因素,土壤含水量变化直接导致其体积膨胀或收缩,进而引发基础不均匀沉降。因此,施工人员实时掌握膨胀土水分的动态变化,有利于保证公路路基施工的稳定性及耐久性。借助智能化土壤湿度监测设备等现代先进监测技术,可以精确监控土壤的水分状况。公路工程膨胀土的湿胀行为可借助精准的水分监测技术进行有效预测及控制。在公路工程中,施工人员应用先进土壤湿度监测系统,实时捕捉膨胀土的水分变化趋势,及时调整施工策略,以应对膨胀土引起的路基施工沉降风险。

例如:在施工过程中,施工人员可以借助换土处理,替换膨胀性土壤来减少膨胀土的湿胀干缩变形,从而有效保障地基稳定性。在具体施工过程中,施工人员首先对膨胀土进行挖除,达到设计深度后,铺设合适的中粗砂或灰土等非膨胀性土层,这一过程直接影响地基承载能力及稳定性。为确保施工质量,非膨胀性土材料需严格按照配比要求进行回填,且填土厚度及密实度需符合工程标准。对于一些如敞口池特殊工程,施工人员需在池壁外侧设置 0.8 m 宽、1 m 深的回填层,以减少公路工程膨胀土的膨胀效应对池壁带来的附加压力。

在此基础上,为进一步提高施工质量并确保地基的长期稳定性,施工人员实时掌控膨胀土水分动态成为关键步骤。依托现代监测技术,基于物联网技术的土壤水分监测系统,能精确监控膨胀土层的水分变化情况^[3]。施工人员需运用布设传感器,实时获取土壤中的水分含量、湿度、温度等数据,使施工人员能够在不同施工阶段根据实时数据调整施工方法。除此之外,传感器数据能够帮助预判土壤湿胀、干缩趋势,还能指导合理控制水分,避免公路工程膨胀土因水分过多或过少引起的剧烈变形。结合土壤动态数据,精准调整回填层材料,实施分层压实,从而最大程度抑制膨胀土的湿胀干缩变形,确保基础层稳定性。在施工过程中,借助先进的实时监测系统,所有关键数据都能及时反馈至控制平台,施工人员可据此实时调整水分管理策略,确保换土处理的每个环节都在可控范围内。

2.3 优化路基结构设计,确保膨胀土长期稳定与耐久

公路工程膨胀土路基施工在公路工程中的作用不可忽视。膨胀土以其独特的湿胀干缩特性,对道路基础构成严重威胁,可能导致不均匀沉降、裂缝甚至结构失稳。因此,优化路基施工结构设计成为保障道路长期稳定及耐久性的一项关键措施。采取合适的工程技术手段,如深层换土、加固处理以及精准的水分控制,能够有效遏制膨胀土的膨胀变形,确保地基的长期稳定性。优化路基施工结构的核心在于合理配置各类材料,特别是非膨胀性土及加固材料,以实现膨胀土层及有效隔离上部结构之间的相互作用,从而减少影响路基施工。在具体施工过程中,根据设计方案选择合适的技术手段,对公路工程膨胀土进行针对性处理,确保路基施工在长期使用过程中稳定耐用^[4]。

例如:施工人员可以选用土工合成材料来优化路基施工结构设计,保证膨胀土长期稳定及耐久。在施工过程中,施工人员首先根据设计要求,测量及标定好施工区域基底,确保土壤层的平整及密实。接着,施工人员在铺设土工布时需注意保持其紧张度,避免出现褶皱,防止水分集中在不利区域形成水分集结或淤积。进一步将土工格栅分层铺设在路堤边坡,其作用在于加固土体,避免边坡溜坍,还能够均匀分布地基应力,稳定土层,减少因公路工程膨胀土湿胀干缩引起的沉降及裂缝。路堤表面的水土流失问题则运用铺设土工网垫得到有效控制,该材料具备优良的水土保持能力,能够抵抗水流侵蚀,确保路基施工稳定。

同时,复合土工膜的铺设则形成一道防渗隔离层,阻止地下水的上升对路基施工造成的侵害,有效避免膨胀土的膨胀性影响基础土层。在施工实施过程中,施工人员利用土工合成材料加固膨胀土路基施工是集成技术手段,更是体现设计理念。施工人员监测分析公路工程膨胀土区域,确保施工材料的科学配置及合理运用施工方法,为后期施工及使用提供坚实基础。综合应用土工布、土工格栅、土工网垫及复合土工膜等材料,形成多层次、多功能加固体系。随着科技进步,土工合成材料的应用越来越广泛,并在公路工程的实际操作中展现出强大适应性及稳定性。施工人员结合各材料及交互作用,能够有效优化膨胀土路基施工的结构设计,防止水分渗透及土壤软化,保持路基施工稳固性及耐用性。同时,施工人员借助现代化设备实时监测及控制施工现场,能够在施工过程中持续调控湿度、温度等变量,进一步提升施工质量,确保公路工程膨胀土路基施工在长期使用中的稳定性。

2.4 探索膨胀土路基新技术,激发施工技术持续进步

公路工程膨胀土路基施工在公路工程中的作用远不止是基础设施建设的一个环节,它直接关系到整个工程的安全性、稳定性以及耐久性。膨胀土由于其特有的湿胀性及干缩性,对路基施工的影响极为复杂,若未能及时有效地处理,极易引发沉降、裂缝及不均匀变形等问题,进而影响公路使用寿命及行车安全。近年来,随着工程技术不断进步,针对膨胀土的施工方法及材料应用也在不断创新,推动施工技术持续进步。当前,膨胀土路基施工不单纯依赖传统设计方法,更加注重对膨胀土物理及化学性质的深度理解及应用创新技术^[5]。针对公路工程膨胀土的湿度变化、温度波动进行综合治理,创新性的施工技术要求精准的测量及实时监控技术协同配合,从而有效防止膨胀土带来的结构性问题。

例如:在美国、加拿大等国广泛应用适当增加基础埋深这一技术手段,能够在膨胀土路基施工中有效防止不均匀沉降变形的技术手段。施工中,施工人员依据地下水位及土壤毛细管作用,精确确定基础埋深范围,通常埋置在地下水位稳定之上3 m处,确保基础不受毛细管水及影响水汽。这一过程需要综合分析周围环境的变化趋势,特别是季节性水位波动及气候因素,施工人员应不断优化埋深设计,避免土壤湿润带来的膨胀问题。此外,根据施工现场的具体地质情况,施工人员需测定地下水位变化范围及稳定水平,监测

评估土壤水分含量。使用先进土壤监测设备及传感技术,实时记录土壤水分动态,以此为依据进行基础埋深的合理确定。根据土壤膨胀特性,依据预定的埋深标准,施工队将基础逐层下挖至稳定水位之上3米深度,确保基础土层得到有效加固及保护。

在此过程中,施工人员必须特别关注地下水的流动及毛细水的上升趋势,防止施工过程中水分的迁移及聚集,避免湿润公路工程膨胀土层的潜在风险。整个施工过程中,合理选择合适的土壤稳定剂及基础加固材料,能够进一步提升基础的抗压及稳定性。依据土壤类型的不同,施工团队采用改良土法或其他加固手段,强化基础及膨胀土层之间的粘结力,提升整体道路稳定性。同时,施工中还需特别重视不同季节、不同气候条件下地下水位的变化对施工质量的可能影响,借助不断探索公路工程膨胀土路基施工创新技术,随时调整施工策略,确保不因气候波动造成不必要的结构沉降及变形。

3 结束语

在公路工程领域,膨胀土路基施工技术的持续创新是土建行业应对复杂地质条件能力大幅提升的有力见证。随着对膨胀土特殊性质的研究不断深入并广泛推广,相关技术方案和施工方法已逐步演变为集科学性、系统性于一体的集成化、精细化解决体系。如今,高精度监测技术实时把控施工动态,智能化施工工具大幅提升作业效率,绿色施工理念融入各个环节。未来膨胀土路基施工技术将在降低施工风险、节约建设成本、提高施工质量等方面发挥出更大作用。借助技术突破、标准化管理以及创新型材料的应用,它必将成为道路基础设施稳固长效运营的重要支撑,为交通事业的蓬勃发展筑牢根基。

参考文献:

- [1] 裴旻昱.公路工程膨胀土路基施工关键技术[J].交通世界,2024(35):97-99.
- [2] 饶志鹏.公路工程膨胀土路基设计与施工要点分析[J].运输经理世界,2024(21):32-35.
- [3] 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(04):159-161.
- [4] 石艳星.公路工程膨胀土路基施工关键技术[J].交通世界,2023(16):89-91.
- [5] 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.