

公路路基沉降变形病害与注浆加固技术分析

李平

新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830011

[摘要]随着公路交通量的不断增加,路基的沉降变形病害问题逐渐成为影响公路工程质量与安全的重要因素。路基沉降这一病害现象,往往与土壤的物理属性、施工过程的品质以及周围环境的状况等众多要素紧密相连。公路的沉降变形不仅对通行效率造成负面影响,而且可能引发结构性的损坏,进而严重威胁交通安全。在解决此问题的过程中,注浆加固技术,作为一种成熟的地基加固手段,已逐步被广泛应用于公路路基沉降病害的治理实践中。本篇论文将剖析公路路基发生沉降变形的诱因及其后果,深入阐述注浆加固技术的运作机制、优越性、实施步骤和操作流程,并对该技术在实际应用中的成效和所面临的难题进行深入剖析。将理论与实践分析以及案例研究相结合,旨在为公路路基沉降病害问题的解决提供科学依据与技术支撑。

[关键词]公路;路基;沉降变形;注浆加固技术;分析

DOI: 10.33142/sca.v8i1.15081

中图分类号: U416.2

文献标识码: A

Analysis of Settlement and Deformation Diseases of Highway Subgrade and Grouting Reinforcement Technology

LI Ping

Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

Abstract: With the continuous increase of highway traffic volume, the problem of settlement, deformation and disease of roadbed has gradually become an important factor affecting the quality and safety of highway engineering. The phenomenon of roadbed settlement is often closely related to many factors such as the physical properties of the soil, the quality of the construction process, and the condition of the surrounding environment. The settlement and deformation of highways not only have a negative impact on traffic efficiency, but may also cause structural damage, thereby seriously threatening traffic safety. In the process of solving this problem, grouting reinforcement technology, as a mature method of foundation reinforcement, has gradually been widely applied in the treatment practice of highway subgrade settlement diseases. This paper will analyze the causes and consequences of settlement and deformation of highway subgrades, and delve into the operational mechanism, advantages, implementation steps, and procedures of grouting reinforcement technology. It will also analyze the effectiveness and challenges faced by this technology in practical applications. The combination of theoretical and practical analysis, as well as case studies, aims to provide scientific basis and technical support for solving the problem of highway subgrade settlement diseases.

Keywords: highway; roadbed; settlement deformation; grouting reinforcement technology; analysis

引言

在国家基础设施的序列中,公路扮演着承载关键交通职责的角色。道路运输需求不断攀升,公路建设正逐渐深入至地质条件复杂、基础薄弱等环境,路基沉降变形问题随之愈发凸显。桥梁隧道的稳定性及路面平整度,均可能受到路基沉降变形的严重影响,甚至引发结构安全隐患。在公路建设不断推进的背景下,传统的路基加固手段虽已缓解了路基沉降问题,然而,如何甄选适宜的加固技术已成为亟须克服的关键技术挑战^[1]。地基加固领域的高效经济手段——注浆加固技术,自进入公路工程领域以来,其应用范围日益广泛。采用注浆技术对路基进行处理,有效增强其承载能力,显著降低沉降变形风险,确保路基稳定与持久性能得以维护。注浆加固技术在实际应用中,其效果易受多因素制约。技术执行阶段亦面临诸多挑战,对公路路基沉降形成因及注浆加固技术与公路工程质量间关联的深入剖析,

对确保公路建设品质、维护交通安全至关重要。

1 公路路基沉降变形病害

在公路工程领域,路基在长期荷载影响下所呈现的沉降与不均匀形变,构成了这一行业普遍遭遇且结构复杂的病症之一。路面出现凹陷、裂缝等路基沉降变形现象,不仅影响道路通行安全,更甚者,还会引发桥梁、隧道等附属结构的稳定性危机。沉降变形现象往往与诸多要素紧密相连,其中土壤属性、工程品质及环境状况为主要考量,淤泥、黏土、砂土等构成的软弱土壤,其承载能力较弱,往往在荷载作用下易出现压缩性沉降现象。水分含量、粒径分布以及孔隙结构等土壤特性,均对沉降变形的引发具有显著影响,在软土地带,路基的沉降现象尤为突出。

施工过程中若对土层夯实或加固不充分,抑或填土不均,将引发局部区域沉降变形现象。路基不均匀沉降的成因,诸如施工工艺的缺陷,包括不合理的填土手段以及过

高的填土层,这些因素均可能导致路基出现不均匀沉降现象。路基沉降现象,其成因亦包括环境因素的作用。不良水文地质状况,水位起伏不定,气候因素导致土壤膨胀与收缩,均能显著增强沉降与形变作用^[2]。

2 注浆加固技术概述

以浆液为介质,注入土壤或岩石,注浆加固技术旨在提升地基的力学性能及承载力。治理公路路基沉降变形,注浆技术已成为一项关键的解决策略,土壤结构及物理性质的改变,有效提升了路基的稳定性,显著防止了沉降病害的生成与加剧。地基加固采用注浆方法,涉及将浆液(诸如水泥浆、化学浆、树脂浆等)借助特定注浆装置注入,随后浆液与土壤产生相互影响,以此提升土体的强度与刚度。

注浆加固技术根据施工工艺的不同,可以分为高压注浆、低压注浆和深层注浆等类型。加固深层地基,高压注浆法以其短时高效性,往往能迅速达成预期目标;路基加固工程中,低压注浆技术常被采用以表层或浅层加固,旨在优化土壤渗透性及增强其抗压性能;路基加固过程中,深层注浆技术常被应用于应对沉降或软土问题的大范围处理。在非软土地区及各类极端气候环境,注浆加固技术对于提升路基地基的长期稳定性及承载效能具有显著作用,路基使用寿命与安全性显著提升,土壤沉降变形问题得以大幅减少,注浆技术的应用功不可没^[3]。

3 注浆加固技术在公路路基沉降病害中的应用

在公路路基沉降病害治理过程中,注浆加固技术发挥关键作用,旨在提升路基土体承载力,以阻止或防止沉降变形的发生。在地质条件欠佳的软土及湿陷性黄土地带,注浆加固技术已经成为一项关键的应对策略。土壤的强度与稳定性得以提升,路基力学性能优化,注浆施工手段有效阻遏沉降病害的加剧趋势,软土路基通过注浆加固技术,其承载力得以显著提升。具备高压缩性及弱强度的软土,其大面积沉降现象易于出现,将高浓度浆体注入土壤层,可在较短时日内构建出分布一致的加固带,以此有效降低地面沉降及变形风险。运用深层注浆技术,浆液得以有效渗透至软土层,进而强化土体结构,显著提升软土的承载与沉降性能。

注浆技术在公路路基沉降治理中的应用,能够有效减少路面和路基的裂缝,防止沉降病害引起的路面破坏。路基在沉降变形显著的情况下,特别是在承载重载的交通环境下,不仅会损害路面的平整性,还可能诱发路基裂缝及严重结构损伤。在路基沉降的初始阶段,采用注浆加固技术进行及时干预,能够有效防止沉降状况的加剧,进而保障路基与路面的稳固性。在注浆加固技术的实际运用过程中,遭遇诸多考验。在处理地质条件复杂引发的沉降变形过程中,精确选择注浆材料和控制注浆压力至关重要,若处理不当,将可能导致加固效果不达预期,甚至引发二次沉降。在注浆作业中,对土体扰动及浆液扩散方向实施严

格控制,乃是为了保障加固效果的均一与耐久^[4]。

4 公路路基沉降变形与注浆加固技术的优化

4.1 提高注浆材料的性能

在公路路基沉降变形问题的处理中,注浆加固技术是一项关键手段,其成效显著受到所选用注浆材料及其性能的直接影响。提高注浆材料的性能是确保加固效果的关键措施,不仅能够提升施工质量,还能显著提高加固效果的稳定性和持久性。随着科技的进步,新型注浆材料的研发和应用已成为行业发展的趋势。

针对地质条件与加固需求的不同,注浆材料的选择须因人而异。水泥浆、化学浆以及聚合物浆液等,均构成注浆材料这一类别,各自特性及适用领域各异。在中低强度地基加固中,水泥浆以其卓越的强度和快速硬化特性被广泛采用,然而,其对于湿润土壤或含水量较高的土壤类型,适应性却显得相对不足。针对弥补存在的不足,近期涌现了化学浆及聚合物浆液,其渗透力显著,硬化期延长,在复杂地质环境中的加固性能更胜一筹。例如,土壤颗粒与化学浆液中特定的高分子材料发生互动,此过程涉及一系列化学反应,最终形成一种具有高强度的固体结构,此举显著提升了土壤的稳定性能。

对注浆材料性能的优化,不但需考量其强度与适用范围,更应重视其环境适应能力和耐用程度。在生态环境保护的背景下,一种新型的环保型注浆材料随之诞生,所涉材料低毒环保,降解性能佳,既降低了施工污染,又增强了加固效果的耐久性。例如,某些聚合物浆液,在经历一段硬化过程后,可被自然环境逐步分解,有效避免了土壤的长期污染。在分子化学工程技术不断进步的背景下,新型材料的应用显著提升了加固的精准度,有效规避了传统水泥浆材料可能引发的加固过度的风险^[5]。

在施工阶段,必须确保注浆材料的质量,同时亦需评估其长期应用效能,路基的长期稳定性对注浆材料的抗冻性、抗渗性和耐老化能力提出了关键要求。注浆材料在严寒地带的加固作用易受路基土壤冻融现象影响,其抗冻性能的增强,是确保加固持久性的关键所在。注浆材料在抗渗性与抗腐蚀性方面表现尤为关键,尤其在地表水位较深的地域,地下水对材料的侵蚀作用有可能削弱其功能,进而影响路基加固的成效。

研究注浆材料的性能提升,传统物理化学手段之外,改性技术亦成为领域内的热门研究方向。例如,运用纳米技术对注浆材料进行优化处理,显著提升了其密实度,并有效改善了其渗透及附着性能,从而大幅增强了注浆加固的效果。纳米材料与土壤颗粒之间构筑起稳固的化学纽带与物理桥梁,有效提升了路基的整体加固性能及其耐久性。在注浆材料领域,自愈性研究已成为一项关键课题,通过引入具备自愈能力的物质,确保注浆材料在出现裂缝时能够自行进行修复,从而防止因材料损害而引起的加固效能

衰退。注浆材料性能的提升,不仅强化了路基的承载与稳固性能,亦使得施工得以在应对土壤与环境的多样性挑战时更加得心应手。

4.2 完善施工工艺与监控体系

注浆加固技术的有效性不仅依赖于材料的性能,还与施工工艺的合理性和监控体系的完善密切相关。施工工艺的选取、流程的掌控及实时监控系统的运用,均为至关重要的关键要素,施工质量的保证与路基稳定性的持久,离不开对施工工艺与监控体系科学合理规划和设计的精心考量。注浆效果之保障,源自施工工艺的科学性。在施工环节,传统的注浆工艺涵盖了钻钻、浆液配制、注浆及停浆等基础步骤,而现代注浆技术则需在作业过程中融入更为丰富的科技元素^[6]。实施施工前,必须对路基土层实施全面勘探及细致分析,以精准把握土层的构造、物理特性及地下水位状况,从而为择定恰当的注浆物料及确定注浆压力提供坚实依据。对于各式土壤,我们采纳了多元化的注浆手段与技术路径,诸如高压、深层、双液注浆等。在挑选适宜的施工技术时,必须综合考虑土层状况、施工时长、环境状况以及经济投入等要素。

在注浆加固的施工工艺中,必须强调施工全过程的精细化管理,严格控制注浆过程中的压力及浆液流量,并精准定位注浆位置。例如,在注浆作业中,若压力超限,浆体将急剧膨胀,致使加固效果出现不均现象;当压力过低时,加固效果将难以显现,甚至难以渗透至土壤深层,注浆工艺的实时调整,需由施工团队对土层状况进行细致监测,以确保加固效果的高效与均衡。在实施注浆施工期间,必须严格控制施工环境,特别是气温与湿度等要素,它们对注浆效果具有显著影响。

注浆加固作业的质效得以稳固,依赖于施工监控体系的健全。在传统施工中,注浆作业多依赖人工观测与测量,这导致难以及时把握土体加固的实际成效与浆液流动的具体状况。在当代注浆加固的施工实践中,通过运用智能化监测技术与自动化控制系统,确保了对注浆全过程的实时监控与即时反馈。施工团队通过部署传感器、监测仪器以及数据采集系统,得以实时掌握土壤压力、浆液流量、注浆深度等关键参数,进而对施工工艺进行动态调整,以实现注浆效果的一致性与稳固性^[7]。

例如,在进行深层注浆时,可以利用孔隙压力计、位移传感器等设备,实时监测土体的变形情况。一旦发现土体发生异常位移或沉降,施工人员可以立刻采取应急措施,调整注浆工艺,避免问题的扩展。此外,在施工领域,通

过运用建筑信息模型(BIM)技术,施工团队得以获取直观的施工计划与动态数据监督,借助数字化平台,各项施工资讯得以即时互通与同步迭代,以此保障各环节资讯的流通与施工进度的和谐并进。施工过程应用信息化手段实施智能化管理,显著增强了施工安全系数,并且显著提高了施工质量水平。在构建施工监控体系过程中,对注浆作业完成后所呈现的成效进行细致评估至关重要。对注浆加固过程实施持续监测与数据解析,以准确评估其实施效果,进而判定是否需采取进一步的加固措施,有效预防注浆不均或加固成效不佳等问题的发生。施工过程中,设立反馈机制至关重要,它确保了设计团队能够实时捕捉并针对施工过程中显现的问题作出及时响应,进而进行针对性优化调整,以实现施工质量的全面提升。

5 结语

注浆加固技术作为公路路基沉降变形病害处理的有效手段,具有良好的发展前景和应用价值。在今后的公路工程建设中,随着施工工艺和注浆材料的不断创新,注浆加固技术的效果将更加稳定,适用范围也将进一步扩大。通过科学合理的技术选择与工艺控制、完善的监测体系和施工管理,注浆加固技术必将在公路路基的沉降病害处理与长期稳定性维护中发挥更加重要的作用,推动公路建设向着更高质量、更高安全性的方向发展。

[参考文献]

- [1] 吴昊. 基于物联网的公路路面路基沉降变形监测方法[J]. 物联网技术, 2024, 14(11): 28-30.
- [2] 王福满, 孙珂, 胡志文. 高速公路软土路基沉降变形及加固措施优化的数值模拟研究[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(12): 139-141.
- [3] 刘刚刚. 公路软土路基沉降分析与处理对策研究[J]. 交通世界, 2024(15): 129-131.
- [4] 倪晓明. 公路路基沉降变形病害与注浆加固技术分析[J]. 运输经理世界, 2024(12): 130-132.
- [5] 王世容, 韦纯国. 高速公路路基沉降观测及填筑施工技术探讨[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(8): 116-118.
- [6] 赵春喜. 改扩建公路常见路基病害成因及预防措施[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(9): 23-25.
- [7] 付贵华. 公路桥梁沉降段路基主要病害的处理技术研究[J]. 黑龙江交通科技, 2018, 41(5): 125-126.

作者简介: 李平(1989.8—), 毕业院校: 中国地质大学, 所学专业: 工程管理, 当前就职单位: 新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 职称级别: 中级。