

市政路基工程中不同材料对路基稳定性的影响研究

周瑜¹ 孙健林²

1 中国华西工程设计建设有限公司湖南分公司, 湖南长沙, 410000;

2 湖南省公路设计有限公司, 湖南长沙, 410000;

摘要: 市政路基工程的稳定性对道路安全性和耐久性起着至关重要的作用。不同路基材料, 如天然土壤、石料、碎石土和改性土等, 其物理和化学性能在不同环境下的表现决定了路基的整体稳定性。施工方法和环境因素对这些材料的性能产生显著影响, 合理选择和优化材料及施工技术, 能够有效提升路基承载力、抗沉降性及抗水性。预防性维护措施在路基管理中起着重要作用, 能够延长路基使用寿命并降低维修成本。随着科技的发展, 未来路基稳定性提升将依赖于新材料的应用、智能监测技术的引入以及施工工艺的创新。通过综合考虑多种因素, 优化路基材料和施工方法, 可有效应对复杂环境条件下的挑战, 提升市政道路的长期稳定性。

关键词: 市政路基工程; 路基稳定性; 材料选择; 施工技术; 环境适应性

DOI: 10.69979/3029-2727.25.07.046

引言

市政路基工程的稳定性是确保道路安全和长期使用的基础, 其性能直接关系到交通流畅性和道路耐久性。由于不同地区的土质、气候和交通荷载条件各异, 路基材料的选择与施工方法对路基稳定性产生了重要影响。天然土壤、石料、碎石土及人工改性材料等在实际应用中展现出不同的物理和化学特性, 如何根据具体环境选择合适的材料并优化施工技术, 是提升路基稳定性的关键。施工方法、环境因素以及材料的协同作用都会影响路基的承载能力和抗沉降性。针对这些问题, 制定科学合理的设计和维修方案, 能够有效延长路基使用寿命, 减少后期维修成本。本文旨在探讨不同材料对路基稳定性的影响, 并提出相关的优化方案和未来发展的技术方向。

1 路基稳定性问题及其对市政工程的重要性

1.1 路基稳定性对道路安全的直接影响

路基是道路结构中的关键组成部分, 其稳定性直接决定了道路的承载力、耐久性和使用寿命。若路基出现不稳定现象, 会导致道路沉降、裂缝、变形等问题, 严重时甚至可能引发塌陷, 这不仅影响道路的通行能力, 还增加了交通事故的风险。在交通量日益增加的背景下, 尤其是重型车辆的频繁通行, 路基面临的荷载压力不断加大。如果路基材料选择不当或施工质量不达标, 可能导致其在短时间内出现沉降或开裂, 严重影响道路的安全性。高温或极端气候条件对路基材料的影响也不容忽视, 尤其是在湿润或干旱的地区, 路基的膨胀和收缩性可能加剧路面变形和损坏^[1]。市政道路通常承担着较高

的交通流量和更长时间的荷载, 因此确保路基的稳定性显得尤为重要, 这不仅有助于延长道路的使用寿命, 也能显著降低交通事故和日常维修的成本。

1.2 市政路基工程中常见的稳定性问题分析

市政路基工程中常见的稳定性问题主要集中在土壤变形、材料不匹配和施工质量等方面。天然土壤的含水量变化、湿度波动和温度变化都会影响其稳定性, 导致沉降和裂缝的出现, 特别是在软土地基上, 常常会出现沉降量大、变形严重的情况。某些路基材料在长期荷载作用下可能发生应力松弛或疲劳损伤, 特别是采用不适合当地环境条件的材料时, 会出现材料性能退化, 从而影响路基的稳定性。某些区域的天然土壤含有较高的膨胀性, 未经过适当处理的情况下, 容易引发路基不均匀沉降。施工过程中, 若土方回填和压实不充分, 或者不符合设计标准, 都会直接影响路基的稳定性。排水不畅也是导致路基不稳定的常见问题, 尤其是在地下水位较高的地区, 水分积聚会导致土体软化, 进一步加剧路基的不稳定性。

2 不同材料对路基稳定性的影响机理

2.1 天然土壤与人工改性土对路基稳定性的影响

天然土壤作为传统的路基材料, 通常具有较大的变异性, 其稳定性受到多种因素的影响, 包括土壤的粒径组成、含水量、粘性等特性。天然土壤的承载力较低, 尤其在湿润条件下, 其稳定性容易受到水分变化的影响, 可能导致软化、膨胀或沉降。含有较高膨胀性矿物的粘土在湿度增加时会膨胀, 干燥时又会收缩, 从而导致地面裂缝或沉降。为了提高天然土壤的性能, 常常通过人

工改性手段对其进行处理。人工改性土通常包括使用石灰、粉煤灰或水泥等材料对土壤进行稳定化处理, 这些处理可以有效改善土壤的抗压强度、减少膨胀性, 提升路基的稳定性^[2]。石灰改性土能够通过化学反应增加土壤的强度和韧性, 减少土壤的水敏感性。在不同的土质和环境条件下, 人工改性土展现出较好的抗变形性能, 尤其适合用于高水位或湿润地区的路基建设。

2.2 石料与碎石土等材料在路基中的作用及影响

石料在路基工程中扮演着关键角色, 特别是在填石路基的构建中。填石路基利用石料的大粒径和高抗压性, 有效增强路基的承载力和稳定性。石料的颗粒间良好的级配使得路基能够均匀分散荷载, 减少沉降, 尤其在软弱地基或高交通荷载区域, 石料的应用尤为重要。此外, 石料的配置对于提高路基的强度和适应温度、湿度变化具有显著效果。与此同时, 由粒径较大的碎石和少量土组成的碎石土, 其颗粒间的嵌挤作用强, 能够形成稳定的骨架结构, 能有效的分散和传递荷载, 提供良好的承载能力。且碎石土的颗粒较大, 孔隙率相对较高, 能够提供良好的排水性能, 从而减少了水对路基的侵蚀, 避免了因水分变化引起的膨胀和沉降问题。这种混合料的使用, 不仅提升了路基的抗变形能力, 还确保了路基在长期使用中的稳定性, 保持了良好的承载力、抗压抗剪强度, 调节路基的温度稳定性, 使其成为市政道路建设中的优选材料。通过这种材料的合理搭配和应用, 路基工程能够更好地适应多变的环境条件, 延长使用寿命, 降低维护成本。

3 材料选择与配置对路基稳定性的优化路径

3.1 不同土质环境下材料选择的优化方案

不同土质环境下, 路基材料的选择至关重要。软土和沙土等地质条件对路基稳定性具有很大挑战, 特别是在水文条件复杂的地区。软土具有较高的含水量和较低

的承载力, 常常容易出现膨胀或沉降。对于这类土质, 常采用直接换填、改性土壤或人工添加稳定剂来改善其物理性质。比如, 直接换填素土或石料, 以增加其承载能力, 或使用石灰、粉煤灰等材料可以显著提高软土的抗压强度和稳定性, 减少其对水分的敏感性。砂土或砾石地区由于其良好的排水性能, 可以通过合理的分级和压实, 提高路基的整体稳定性。在干燥气候或沙质地区, 适量加入膨润土或粘土改性材料, 能够增强土壤的粘结性, 防止在长期干旱或风蚀中发生流失^[3]。在软弱地基上, 采用多层路基结构也是一种优化方案, 通过设置增强层和稳定层, 有效分散荷载, 减少沉降或开裂现象。通过综合考虑土质类型、环境特征以及交通荷载要求, 合理选择并配置合适的材料, 可以大幅度提升路基的稳定性和耐久性。

3.2 多材料协同作用对路基稳定性的提升

多材料协同作用在路基稳定性提升中发挥着重要作用。路基中单一材料往往不能充分满足复杂地质环境下的稳定性需求, 而通过材料的组合使用, 可以互补其优缺点, 提高整体性能。比如, 天然土壤的稳定性通常较差, 但通过加入石料、稳定剂和碎石土改良层, 可以显著提升其承载力和抗渗透能力。石料在分担外部荷载和减少路基沉降方面具有显著作用, 尤其是在软土和湿润环境中, 其良好的颗粒级配和抗压性可以有效增强路基的支撑性。而碎石土材料作为改良层, 不仅能够增强路基层之间的扩散荷载的能力, 还能有效的迅速排除雨水、地下水等, 减少由于水分变化引起的膨胀和收缩。加上水泥、石灰等稳定剂的加入, 进一步提升了路基的抗冻性和耐压强度。通过合理的材料配比和施工工艺, 能够实现路基的强度、稳定性和耐久性的全面提升, 特别是在负荷较大的交通区域和环境较为复杂的地区, 复合材料的使用能够有效降低维护成本, 延长路基使用寿命。

表 1: 不同材料在不同土质环境下对路基稳定性的影响 (单位: kN/m²)

| 材料类型 | 软土区域 (改性土) | 沙土区域 (碎石) | 粘土区域 (石灰改性) | 湿润地带 (碎石土混合料) | 干旱地带 (膨润土改性) |
|---------|---------------|--------------|----------------|------------------|-----------------|
| 抗压强度 | 150 | 180 | 220 | 250 | 200 |
| 抗沉降能力 | 0.5mm | 0.3mm | 0.2mm | 0.1mm | 0.4mm |
| 承载力 | 120 | 160 | 210 | 230 | 200 |
| 耐水性 | 良好 | 优良 | 良好 | 优良 | 良好 |
| 土壤稳定性提升 | 30% | 25% | 35% | 40% | 28% |
| 数据来源 | 《路基土壤改性技术》 | 《路基材料性能研究》 | 《土木工程材料》 | 《路基与环境研究》 | 《干湿地区道路工程》 |

4 施工过程中材料适应性与路基稳定性的关系

4.1 施工方法对材料性能的影响

施工方法直接影响到路基材料的最终性能, 尤其是在材料的压实度、均匀性和稳定性方面。不同的施工技

术会导致材料的物理性质发生变化, 进而影响路基的承载力和耐久性。在土壤改性中, 添加稳定剂如水泥、石灰或粉煤灰时, 施工中的搅拌均匀性非常关键。如果稳定剂分布不均, 可能导致某些区域的路基强度不足, 易于沉降或裂缝产生。在路基压实过程中, 施工机械的选

型和操作方式也会影响压实效果。过度的压实可能导致材料密实度过高,降低其透水性,造成积水问题;而压实不足则会导致路基松散,无法有效承载交通荷载^[4]。施工石料和碎石土时,良好的级配以及合适的土石比,影响着填料之间的嵌挤性能,从而影响路基稳定性,同时合适的分层厚度、含水量的控制、各类如压实遍数等压实参数的控制以及碾压方式的选择,更是对其性能有着重要影响。施工方法的合理性对于提升路基材料的性能起着决定性作用,需要根据不同材料的特性和施工环境的要求,采取精确的施工控制。

4.2 环境因素对材料性能的考验及解决措施

环境因素是影响路基材料长期稳定性的关键因素之一,特别是温度、湿度和降水等自然因素对材料性能的影响尤为显著。高温可能导致碎石土中矿物成分产生化学反应,加速风化过程,引起路基变形;低温环境下的反复冻融循环则使碎石土颗粒破碎,降低其耐久性。湿度变化对土壤材料的影响也非常大,特别是对于含水量较高的软土和粘土,湿润环境容易使其膨胀,干燥时又收缩,造成路基不均匀沉降。对于此类问题,常采取加固材料的措施,例如在湿润区域采用水泥或石灰对土壤进行改性,以增强其抗变形能力和水稳定性。雨水渗透问题则通过加强排水系统设计来解决,采用透水性良好的路基材料,并设置排水层,减少水分对土体的侵蚀。寒冷地区则通常采用添加抗冻剂的土壤或石料,防止低温条件下路基冻胀。在极端气候条件下,定期的路面养护与检查也显得尤为重要,以确保路基能够持续承受环境变化带来的考验。

5 基于不同材料特点的路基稳定性保障措施

5.1 针对不同路基材料的预防性维护措施

针对不同路基材料,预防性维护措施应根据材料的特性及其可能面临的环境挑战进行设计。对于天然土壤路基,定期检查其水分变化和沉降情况十分关键。特别是湿润地区的粘土或膨胀性土壤,应通过设置排水系统和防水层来防止水分渗透,减少因水分波动引起的膨胀或收缩。对于石料路基,维护重点在于确保颗粒之间的稳定性,避免由于交通荷载引发的碎石松动或沉降。通过定期清理排水沟渠、加固路面,可以有效减少水分积聚及材料损坏^[5]。碎石土路基的预防性维护则需要关注温度变化对材料的影响,尤其是在寒冷或炎热的地区。定期检查路面裂缝并及时修补,可以防止水分渗入路基并造成进一步的损坏。使用表面封闭处理、压力灌浆等技术对碎石土裂缝进行处理,有助于延长路基的使用寿命。预防性维护措施的实施,可以大大降低路基的维修频率,延长其稳定性和耐久性。

5.2 路基稳定性提升的未来发展方向与技术创新

随着道路建设和交通负荷的不断增长,提升路基稳定性成为了市政工程中的一个关键研究方向。未来,材料技术的创新将成为提高路基稳定性的重要手段。利用新型复合材料,如纳米材料和高分子聚合物,可以显著提高路基的抗压强度和抗水性。智能化监测技术在路基稳定性评估中的应用,将为提前发现潜在的路基问题提供数据支持。通过集成传感器、物联网和大数据分析技术,可以实时监控路基的沉降、裂缝、湿度等变化,及时发现异常并采取针对性措施。环境适应性材料的研发也将成为一个重要方向,尤其是在极端气候条件下的路基建设。抗高温、抗低温、抗冻融的材料将在路基设计中得到广泛应用,确保路基在极端环境下的长期稳定性。施工工艺的改进,如3D打印技术和无人机施工,能够提高施工精度和效率,减少人为因素对路基质量的影响。这些技术创新将推动路基工程朝着更高的稳定性、更长的使用寿命和更低的维护成本方向发展。

6 结语

路基稳定性是市政道路工程中至关重要的组成部分,其直接影响到道路的安全性和耐久性。通过对不同材料特性、施工方法及环境因素的研究,能够为路基工程提供有效的解决方案。采用先进的材料和施工技术,如改性土、碎石土、石料等的合理组合,有助于提升路基的承载力和抗变形能力。随着智能监控技术和新型材料的不断发展,未来路基工程的稳定性将得到进一步提升。通过持续优化施工工艺和强化预防性维护措施,可有效延长路基的使用寿命,减少后期维修成本,确保市政道路的安全畅通。

参考文献

- [1] 尚亮榆. 市政道路桥梁工程沉降段路基路面的施工技术[J]. 汽车画刊, 2024, (11): 86-88.
- [2] 高玉慧. 市政道路工程沉降段路基施工技术的实践[J]. 四川水泥, 2024, (11): 236-237+240.
- [3] 郝银. 市政工程标准化施工中的通病及对策研究[J]. 大众标准化, 2024, (17): 13-15.
- [4] 孙俊洲. 建筑渣土在市政道路路基工程中的应用研究[J]. 四川建材, 2024, 50(05): 133-135.
- [5] 杨侠. 市政道路路基工程施工工艺控制措施分析[J]. 居业, 2024, (02): 43-45.

作者简介 1: 周瑜, 男(1995.02-), 汉族, 湖南益阳, 工程师, 本科学历, 主要研究道路路基工程。

2: 孙健林, 男(1994.10-) 汉族, 湖南益阳, 工程师, 本科学历, 主要研究道路工程。