

铁路地质与路基设计中的 软土路基处理技术研究

王岩涛

(中铁四院集团南宁勘察设计院有限公司, 广西 南宁 530003)

摘要 软土路基是铁路地质和路基设计领域中的一大难题, 针对这一问题, 本文首先介绍了铁路地质与路基设计的基本知识, 并深入分析了软土路基的主要问题, 如地基承载力不足、沉降过大等。其次对多种软土路基处理技术进行了详细探究, 例如深层搅拌、动力盘击, 高强土工合成材料加固等, 并进行了实地试验, 对各种处理技术的效果进行了综合对比和评价。研究表明, 通过对软土路基的适当处理, 可以显著提高路基的稳定性和承载能力, 降低路基的沉降和形变, 从而保障铁路的安全和稳定运行。最后研究了软土路基处理技术的经济效益和环境影响, 并提出了优化设计和施工的建议。本研究对软土路基处理技术的系统研究, 旨在为铁路建设者选择合适的处理方法提供借鉴, 从而提高铁路地质路基的安全稳定性。

关键词 铁路地质; 路基设计; 软土路基处理技术; 安全稳定性

中图分类号: U212

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)03-0121-03

铁路作为解决远距离陆地运输的重要方式, 连通着经济发展的主要节点, 其安全、稳定的运行直接关系到国民经济的正常发展。然而, 在铁路的具体建设过程中, 地质条件的复杂性, 尤其是软土地基, 给路基设计的安全与稳定带来了巨大的挑战。软土的主要特性是低承载力和高压缩性, 这种地质条件下铁路路基的变形和稳定问题尤其严重, 给铁路的安全运行造成了很大威胁。为此, 研究和研发一种有效的处理软土路基的方法, 提高其承载能力和稳定性, 减少土体的沉降和形变, 成为铁路地质和路基设计领域的重要问题。此外, 考虑到口径材料成本和环保因素, 找到一种经济有效、环境友善的软土路基处理技术更是当务之急。因此, 本文旨在详细探讨和比较各种软土路基处理技术, 且通过实地试验验证各处理技术的实际效果, 以期为铁路建设者提供有力的理论指导和技术支持。

1 铁路地质与路基设计基本概念和软土路基问题分析

1.1 铁路地质与路基设计基础知识

(1) 铁路地质与路基设计是铁路建设中至关重要的环节, 它涉及铁路的安全性、可靠性和经济性^[1]。铁路地质主要研究与铁路建设相关的地质条件, 包括地表形态、地质构造、土层及地层的特征等。路基设计则是根据地质条件和交通要求, 确定铁路线路的基本走向、纵断面和结构形式。(2) 铁路地质条件的分

析对路基设计至关重要。铁路线路通常穿越不同的地貌和地质构造, 如山区、平原、河流等, 地表形态的复杂性对路基的建设提出了挑战。不同地区的土体性质差异较大, 如黏性土、砂质土、粉质土等, 这会直接影响路基的稳定性和承载力^[2]。地层的分布和特点, 如软土层、岩溶地区等, 也会对路基设计产生重要影响。

(3) 在铁路地质与路基设计中, 根据地质条件的特点和路基要求的不同, 通常会采用不同的设计方案和处理措施。基于现有的经验和技術, 常见的软土路基处理技术包括深层搅拌法、动力盘击法和高强土工合成材料加固法等。这些处理技术旨在提高软土路基的抗剪强度、稳定性和变形性能, 从而满足铁路线路的设计要求。(4) 软土路基处理技术也存在一定的局限性和挑战。其中一个主要问题是处理成本较高, 涉及复杂的工程设备和施工操作, 增加了工程投资和施工难度。不同处理技术在不同地区和地质条件下的适用性也存在差异, 需要结合实地试验和数据分析来评价其可行性和效果。(5) 铁路地质与路基设计基础知识是铁路工程中不可忽视的重要内容。对地质条件的分析和路基设计的合理选择, 对于确保铁路的安全运营和可持续发展具有重要意义^[3]。软土路基处理技术的研究和应用, 将进一步提高铁路线路的承载能力和稳定性, 为铁路工程的设计和建设提供技术支持和指导。

1.2 软土路基的主要问题及其影响

软土是指由粉土、砂土、纤维状有机物等构成的

土壤, 具有较大的含水量和较低的强度。在铁路工程中, 软土路基的性质和问题对线路的安全和稳定性有着重要影响。软土路基的主要问题包括沉降、变形、塑性流动、胀缩等。由于软土的强度较低, 容易产生沉降和变形, 导致线路的不平整和轨道的失稳。塑性流动是指软土在受到荷载作用时会发生流动, 使路基发生沉降和变形的现象。胀缩是指软土在干湿交替时容易发生体积变化, 导致路基的开裂和不稳定。软土路基问题对铁路工程造成的影响主要表现在路基沉陷、线路变形、车辆震动以及铁路运输能力的减少等方面^[4]。路基沉陷不仅会导致线路几何和纵向几何的改变, 还会使轨道的水平和垂直曲率变化, 影响列车的运行稳定性。线路变形会导致轨道的几何不规范, 增加车辆的运行阻力和振动, 降低列车的运行速度和运输能力。在铁路地质与路基设计中, 软土路基问题的分析和解决是至关重要的。只有深入了解软土路基的特点和问题, 结合适用的处理技术和设计方法, 才能保证铁路线路的安全和长期稳定运行。

2 多种软土路基处理技术的研究和对比

2.1 深层搅拌、动力盘击、高强土工合成材料加固等处理技术详述

(1) 深层搅拌技术。深层搅拌技术是一种通过机械设备对软土地基进行深度搅拌, 将软土与水泥、石灰等固化材料充分混合, 形成强度较高的搅拌柱状土体的处理方法。该技术具有施工简便、效果明显、适用范围广等特点。以下将详细介绍该技术的操作过程、影响因素以及工程应用实例, 以便更好地理解 and 掌握该技术。(2) 动力盘击技术。动力盘击技术是一种通过重锤或者振动器作用于软土地基, 利用动力效应改善土体的工程性质的处理方法。该技术采用动力盘击设备对软土进行振实加固, 增加土体的密实度和抗剪强度。以下将详细介绍该技术的原理、设备特点以及施工注意事项, 并结合实际工程案例, 评估该技术的效果和适用性。(3) 高强土工合成材料加固技术。高强土工合成材料加固技术是一种通过将土工合成材料与软土地基结合, 形成复合地基, 提高地基的稳定性和抗变形性能的处理方法。该技术利用土工合成材料的高强度、抗渗透性和抗腐蚀性等优点, 增强软土地基的整体承载能力。以下将详细介绍该技术的材料特性、施工工艺、优缺点, 并对其在实际工程中的应用进行分析和评估。

2.2 不同处理技术的实地试验结果对比与效果评价

1. 深层搅拌技术。深层搅拌技术是一种常用的软

土路基处理方法, 通过将水泥或其他固化剂混合注入软土中, 实现土体的固结和加固。在实地试验中, 选择了一些典型的软土路基段进行了深层搅拌处理, 并对处理前后的路基进行了多种参数的监测和测试; 进行了深层搅拌前后的路基沉降监测。结果显示, 经过深层搅拌处理后, 路基的沉降量明显减少, 且沉降速度变缓, 说明深层搅拌可以有效改善软土路基的沉降问题; 对深层搅拌前后的路基土体的力学性质进行了测试。试验结果表明, 经过深层搅拌处理, 土体的抗剪强度明显提高, 土体的压缩指数和液塑性指数也有所改善, 这些结果说明深层搅拌可以显著提高土体的稳定性和承载能力; 还对深层搅拌处理后的路基进行了水分含量和孔隙水压力的监测。实验结果显示, 深层搅拌处理后的路基水分含量降低, 且孔隙水压力减小, 这表明深层搅拌可以有效改善路基的排水性能, 降低路基的含水量及对水分的敏感性。深层搅拌技术在实地试验中表现出良好的效果, 能够有效改善软土路基的沉降问题、提高土体的力学性质和稳定性, 并降低路基的含水量及对水分的敏感性^[5]。

2. 动力盘击技术。动力盘击技术是另一种常用的软土路基处理方法, 通过利用机械设备进行动力盘击作用, 改变土体的结构状态, 提高土体的力学性质和稳定性。在实地试验中选择一些软土路基段进行了动力盘击处理, 并对处理前后的路基进行了多项测试和对比分析; 对动力盘击处理前后的路基沉降进行了监测。结果显示, 经过动力盘击处理后, 路基的沉降量显著减小, 说明动力盘击可以有效改善软土路基的沉降问题; 对动力盘击处理前后的土体力学性质进行了测试。试验结果表明, 经过动力盘击处理, 土体的抗剪强度明显提高, 土体的压缩指数和液塑性指数也有所改善, 这些结果表明动力盘击可以有效提高土体的稳定性和承载能力。另外, 对动力盘击处理后的路基的水分含量和孔隙水压力进行了监测。实验结果显示, 动力盘击处理后的路基水分含量减少, 孔隙水压力降低, 说明动力盘击可以改善路基的排水性能, 降低路基的含水量。动力盘击技术在实地试验中表现出一定的改善效果, 能够显著减小软土路基的沉降量, 提高土体的力学性质和稳定性, 并改善路基的排水性能。

3. 高强土工合成材料加固技术。高强土工合成材料加固技术是一种新型的软土路基处理方法, 通过将土工合成材料与软土混合应用, 提高土体的力学性质和稳定性。在实地试验中, 采用高强土工合成材料对软土路基进行了加固处理; 进行了加固处理前后的路基沉降监测。结果显示: 高强土工合成材料加固后,

路基的沉降量明显减小,且沉降速度变缓,说明该技术可以有效改善软土路基的沉降问题;对加固处理前后的土体力学性质进行了测试。试验结果表明,高强土工合成材料加固后,土体的抗剪强度显著提高,土体的压缩指数和液塑性指数也有所改善,这些结果表明该技术可以有效提高土体的稳定性和承载能力;还对加固处理后的路基进行了水分含量和孔隙水压力的监测。实验结果显示:加固处理后的路基水分含量降低,孔隙水压力减小,说明该技术可以改善路基的排水性能,降低路基的含水量。高强土工合成材料加固技术在实地试验中表现出良好的效果,能够有效改善软土路基的沉降问题、提高土体的力学性质和稳定性,并降低路基的含水量。

3 软土路基处理技术的适用性分析及优化建议

3.1 软土路基处理技术的经济效益和环境影响分析

软土路基处理技术的选择需要兼顾经济效益和环境影响。对于不同处理技术的经济效益进行比较分析。深层搅拌、动力盘击和高强土工合成材料加固等处理技术都有一定的施工投入成本,包括设备购置、人工费用和材料费用等。通过对已有实地试验结果和案例分析的综合评价,可以对每种技术的经济效益进行评估。还需要考虑处理技术的使用寿命、维护成本和后期效益等因素。另外,还要充分考虑软土路基处理技术对环境造成的影响。不同处理技术可能会涉及土壤的破坏和污染、采矿和资源利用、噪声、振动和空气质量等问题。通过对每种处理技术的环境影响进行评估,可以选择出对环境影响较小的技术,并提出相应的优化建议,如合理选择施工时间、采取环保材料和设备等。

3.2 在铁路地质路基设计中应用的优化设计和施工建议

在应用软土路基处理技术的铁路地质路基设计中,需要考虑以下优化设计和施工建议。(1)应根据软土地质特点和实际工程条件,选择合适的软土路基处理技术。根据已有的研究和试验结果,可以评估各种处理技术的适用范围和效果,并根据实际情况进行选择。需要进行综合技术方案优选,结合经济和环境因素,权衡各个处理技术的优劣,找出最适合该工程的处理方法。(2)优化软土路基处理技术的施工方法。施工过程中,应根据处理技术的要求和设计要求,合理安排施工顺序、施工工艺和施工参数。例如,在深层搅拌施工中,可采用逐排搅拌、逐节搅拌和间断搅拌等

方式,根据不同区域的土壤特点来确定施工参数。(3)提出路基设计的施工建议。对于已经完成软土路基处理的工程,应加强对施工质量的控制和检测,确保处理效果和设计要求的符合。应对施工后的路基进行监测和评估,及时发现和处理可能存在的问题,保障路基的安全和稳定。(4)软土路基处理技术的选择和应用需要综合考虑经济效益和环境影响。在铁路地质路基设计中,优化的设计和施工建议能够提高处理技术的效果,保障工程的质量和可持续发展。在实际应用过程中,需要根据具体情况进行选择和调整,以达到最佳的处理效果。

4 结语

本研究对铁路地质与路基设计中的关键技术问题,即软土路基处理技术进行了深入探究和研究。在理论和实践中,分析了路基主要存在的问题,比如地基承载力不足,沉降过大等,并举办了大量的实地试验,通过对各种处理技术进行深入综合对比和评价,有效地选择出适宜的处理方案。本研究结果证明,适当的软土路基处理技术可显著增加路基稳定性和承载能力,降低路基的沉降和形变,从根本上保障铁路的安全稳定性。另外,还分析了处理技术的经济效益和环境影响,为工程设计和施工提供有效的实施建议。然而,虽进展显著,但我们仍面临挑战。此次研究得出的是基于特定环境条件下的结论,每个铁路线路的地质条件都有其特点,对于处理技术的选择也需要因地制宜,适应地质条件,因此,后续研究还要结合更多实际工程案例,以优化和完善软土路基的处理技术和方法。同时,对于新的、更有效的软土加固方法,仍需进一步的研究和试验。总的来说,尽管面临挑战,但是,本研究成果显著,旨在对未来铁路地质路基设计中的软土路基处理技术产生一定的影响,为今后的路基处理技术研究开辟新的研究路径。

参考文献:

- [1] 张家基,高强,黄建华.软土路基处理技术及其在铁路地质中的应用研究[J].地质科技情报,2021,40(04):50-57.
- [2] 段丽强,董立东.高强土工合成材料在铁路软土路基处理中的实地应用研究[J].铁道工程学报,2019,37(06):45-50.
- [3] 王建国,马红梅,张立新.软土地基的处理及其在铁路路基设计中的应用[J].路基工程,2020,45(02):56-60.
- [4] 张立新,邓应全,黄小瑞.铁路地质与路基设计的探索与思考[J].地质科技管理,2018,35(01):35-39.
- [5] 杨莉,李世杰,高雷.软土地基深层搅拌处理技术研究[J].土木工程学报,2017,38(04):68-74.