

公路路基工程换填法施工技术的应用探讨

方勇

四川路桥盛通建筑工程有限公司, 四川 西昌 615000

[摘要]在公路路基工程里,软土、不均匀沉降和地基承载力不足这些问题的解决常广泛用到换填法施工技术,通过把不稳定土层换成稳定的填充材料,换填法有效提高了地基承载力、减少了路基沉降,保障了路面平整度和结构稳定性。施工时土方开挖、换填材料的选择、压实施工都是关键环节,换填法施工周期短、经济效益好、适用范围广,在复杂地质条件下优势明显,若优化材料选用和施工工艺,就能进一步提高施工质量和环保效益,促进公路工程可持续发展,不过换填法对材料质量要求高,施工过程需严格管理,这些问题仍然存在,迫切需要进一步技术改进和创新。

[关键词]换填法; 施工技术; 路基承载力; 地基改良; 工程应用

DOI: 10.33142/sca.v8i7.17128

中图分类号: U416

文献标识码: A

Discussion on the Application of Replacement Method Construction Technology in Highway Subgrade Engineering

FANG Yong

Sichuan Road and Bridge Shengtong Construction Engineering Co., Ltd., Xichang, Sichuan, 615000, China

Abstract: In highway subgrade engineering, the solution to the problems of soft soil, uneven settlement, and insufficient foundation bearing capacity is often widely used in the construction technology of replacement filling. By replacing unstable soil layers with stable filling materials, the replacement filling method effectively improves the foundation bearing capacity, reduces subgrade settlement, and ensures the smoothness and structural stability of the road surface. During construction, excavation of soil, selection of replacement materials, and compaction are all key steps. The replacement method has a short construction period, good economic benefits, and a wide range of applications. It has obvious advantages in complex geological conditions. If the material selection and construction technology are optimized, the construction quality and environmental benefits can be further improved, and the sustainable development of highway engineering can be promoted. However, the replacement method has high requirements for material quality and strict management of the construction process. These problems still exist, and further technical improvement and innovation are urgently needed.

Keywords: substitution method; construction technology; roadbed bearing capacity; foundation improvement; engineering application

引言

公路路基工程质量直接影响道路使用寿命和安全性,复杂地质条件下传统路基处理方法挑战较多,而换填法作为高效的地基改良技术,将不稳定土层替换后可显著提高地基承载能力和稳定性,在软土、膨胀土等特殊地质环境里应用时优势强大且适用性广泛,随着工程技术不断进步,换填法的优化创新成为提高公路工程建设质量与效率的重要路径。

1 换填法施工技术概述

1.1 定义和基本原理

路基工程里常用换填法这种地基改良技术,将地基中的不稳定土壤或者软弱层替换成砂、碎石、特种土等稳定性和承载力较好的材料,从而提高地基承载能力并确保路基的稳定性,这一过程能有效避免路基沉降、裂缝等问题,在软土、湿陷性黄土和膨胀土等特殊地质条件处理时尤其适用,其基本原理是提高地基土壤密实度、改变物理性质以增强力学性能,进而减少基础沉降和不均匀变形。

换填法具体操作时,先把地基里不稳定的土层开挖去

掉,再挑合适的稳定材料填充,这样地基整体稳定性得以增强,分层填筑、逐层压实后,填料密实度和承载力进一步提高,路基长期稳定就有了保障。

1.2 适用范围

各类复杂地质条件下换填法都广泛适用,在软土地基、膨胀土、湿陷性黄土以及有机土等不稳定地层中它的优势尤其独特,软土区域里换填法能有效替换湿软表层土从而避免软土地基沉降造成路面不均匀沉降的问题,特别是在低承载力区域换填法可提升地基承载能力并减少地基沉降引起的结构变形。

膨胀土和湿陷性黄土地区换填法的应用效果也不错,膨胀土和湿陷性黄土遇湿润或干燥环境变化时体积易变会使路基不均匀沉降,而换填法用稳定的填充材料可有效控制降低这些土壤变形潜力以保障道路稳定安全,该技术在交通运输、机场建设、大规模市政建设中有广泛应用前景。

1.3 施工流程

换填法施工的流程关键有土方开挖、材料选择、换填

材料铺设与压实几个步骤,通常施工方依据地质勘查结果确定土层开挖的厚度和范围,原地基里不稳定的土层往往要去掉,土方开挖完后要处理基底、清理杂物以保证底层坚实。

材料选择时,通常会选压实性能佳、稳定性好的材料,像砂、碎石之类的,而具体到项目要求,有些特殊土壤也能选改良过的填充材料,含一定比例黏土的混合土,并且填充材料得严格筛选检测,其物理和力学性质要符合设计要求。

填充工作一般分层开展,每层材料的厚度大多控制在30~50cm之间,铺完一层材料就要充分压实以保证填料和基础土壤紧密结合从而达到预期的承载力,换填时得一直控制压实度和填料均匀度才会使施工质量符合标准要求。

2 换填法施工技术的优势与应用效果

2.1 提高路基承载力

换填法的核心优势之一是能让路基的承载力显著提高,这在公路建设里非常关键,地基的承载力决定着路面能否长期稳定地承受交通荷载,不稳定的土层,像软土、膨胀土之类的,被换填法用具有较高密实度和强度的稳定材料替换后,地基的承载能力就能被有效提高,进而路基的稳定性增强,因地基不均匀沉降或者裂缝产生风险也减少,路面的长期使用安全就有了保障,而且路基稳定了,沉降、裂缝等问题会减少,道路的使用寿命会显著提升。

换填法靠科学选材与精细施工可进一步提升土层的压实度和稳定性,严格控制换填材料的选择、铺设厚度和压实度就能有效增强地基强度并确保其长期使用的稳定性,在交通繁忙、荷载较大的公路项目里换填法增强路基承载能力很有效,能防止路面因不均匀沉降损坏、减少后期维护成本并延长道路使用寿命。

2.2 减少沉降和变形

在减少路基沉降和变形方面换填法效果格外显著,传统地基处理方法里地基沉降问题常得花很长时间观察处理还难以有效控制,而换填法把不稳定土层去掉换上压实性能好的稳定材料,这样施工时就能快速提升地基稳定性降低长期沉降风险。

换填法分层填筑逐层压实,有效防止了不均匀沉降,在软土地区,土层松软且水分易变化,地基易沉降,而换填法能减少这种沉降,保持路基平整,避免路面裂缝和不规则沉降出现,确保道路平稳通行。

2.3 缩短施工周期

传统路基加固方法像深层搅拌、静压桩之类的土壤改良法,施工周期长、工艺复杂、技术处理和监控环节多,这不仅让施工难度加大,还可能拖慢项目进度,并且施工时常得对土壤大量人工处理、技术改造,人工投入和设备使用量都很大,工期进一步延长,而换填法跟传统方法比,施工周期优势明显。

换填法施工流程简洁高效,不良土层开挖后选择合适填料替换并分层压实即可,整个过程直接简便,技术工艺不复杂且设备投入不大,能在短时间内完成路基处理,在工期紧张的公路建设项目里成为首选技术,可大幅缩短整体工期,在短时间内让路基稳定,为后续施工和工程建设创造有利条件。

2.4 改善施工环境

换填法一用,路基的承载力和稳定性就提高了且施工环境也有效改善了。跟传统路基加固法比,换填法施工时污染物产生得少,在湿陷性土层和软土地区按传统方法施工往往会产生大量泥浆、废水之类污染物,这些污染物可能渗进周边土壤和水源从而严重影响环境质量,而换填法选合适填料换掉不良土层就可减少污染物产生,不让周围环境受不良影响。

换填法施工相对清洁,无需大量使用化学药品和大型机械设备,从而大大减少施工中的噪音和空气污染,只要合理选择填料并严格控制施工操作,就能最大限度降低对生态环境的干扰,换填法在提高施工质量的同时也在一定程度上保护了施工区域生态环境,符合现代绿色施工与可持续发展理念,有力支持公路建设的环保要求。

3 换填法施工中的关键技术与问题

3.1 材料选择与处理

材料的选择是换填法施工的首要环节之一,为确保地基稳定性与路基质量,选择合适的换填材料很关键。砂、碎石、砾石等是常用换填材料,因物理特性较好,密度高、透水性佳、承载力强,在换填法里广泛应用,并且砂石和碎石压实性能不错,能有效提升地基承载能力与稳定性。不同地质条件下,部分特殊土壤可选用改良后的填充材料,轻质土、特种土等,从而能进一步提高填料稳定性与适应性。

选择材料时得考虑来源、质量控制和环保因素,来源方面要保证材料无污染、无有害物质且符合相关环保标准,施工时材料质量控制特别关键,粒径、含水量、粒度分布等都得严格检测以符合设计要求,合理选材加上精确的质量控制能明显提高换填法施工效果保证路基长期稳定。

3.2 施工质量控制

换填法施工,施工质量控制是另一个关键,换填时施工质量常见问题有换填材料压实度、填层厚度控制和施工顺序管理等,压实度是换填法施工质量的核心指标之一,压实度不足填料就松散,路基承载力受影响,换填时每层填料都得严格压实,达到设计的压实度要求才行。

确保施工质量的关键在于对填层厚度的控制,要依据材料特性和施工机械性能合理确定每层填土厚度,一般来说,换填材料每层厚度需控制在30到50厘米之间,否则压实不均匀会让路基不稳定,并且施工顺序上要遵循逐层分布、逐层压实原则,这样各层材料的密实性和稳定性才有保障,科学合理的质量控制措施能有效减少路基沉降和

变形,从而保证工程质量。

3.3 环境与安全问题

换填法施工时环境或许会被影响,特别是处理湿陷性土壤与软土地基时容易出现土壤侵蚀、地下水污染等问题,要减少环境污染,施工时就得采取有效防护措施,设置临时排水设施防止雨水冲刷施工现场泥土、控制扬尘以免影响周围环境,并且换填材料的选择也要注重环保,不能使用有害物质,得确保材料可持续且环保。

换填法施工中需要着重考虑安全问题,施工时特别是开挖与填筑期间可能会出现土体滑坡、机械设备故障或者施工人员受伤之类的安全隐患,施工之前要进行详细的安全风险评估且让施工人员知晓相关安全防护措施,要在施工现场设置安全警示标志、定期检查设备以保证其正常运转,施工期间也要对人员进行安全培训以确保操作规范、防止安全事故发生,加强环境保护和安全管理能够降低施工中的环境污染和安全风险、保障工程顺利推进。

4 换填法施工技术的改进与发展趋势

4.1 新型换填材料的研究

工程技术不断发展,新型、高性能换填材料渐成研究重点,虽然传统砂、碎石等换填材料力学性能好,但环保性与可持续性差,大规模应用时可能造成资源浪费和环境污染,研究人员开始探寻更环保的材料,像高分子土工合成材料、复合土壤改良剂等新型材料在增强地基稳定性、减少材料浪费上潜力较大,并且高分子土工合成材料强度和耐久性优异,能有效提升路基承载力,环保性也不错。

复合土壤改良剂作为一种新型土壤改良材料,改良原地基土后可显著提升土壤稳定性和抗压能力,新型材料一应用就能进一步提升换填法施工效果,并且使用这些材料有助于削减传统填充材料的开采和运输成本、减轻环境负担。

4.2 智能化施工技术的应用

换填法施工在智能化施工技术的应用下有了全新突破,引入GPS、无人机、自动化检测技术等智能化设备后其精度与效率得以提升,就拿GPS技术来说,它能实时监测换填材料施工位置,让每层填土铺设厚度和位置都准确无误,而且无人机在施工时可高效进行现场勘测和实时数据采集,工程师借此精准掌握地基状况与施工进度,自动化检测技术在换填法施工中也广泛应用,能实时监控压实度、土层厚度等参数,施工问题一旦出现就能及时发现并调整。

4.3 绿色施工理念的融合

环保法规日益严格且可持续发展有要求,换填法施工逐渐融入绿色施工理念,在换填法施工里环保型材料的选择和施工工艺的优化很关键,使用可再生绿色材料、减少依赖自然资源、降低碳排放与环境污染是未来发展方向,环保型换填法实施时材料选择要考虑环保和可回收性并

且施工中要严格控制污染物排放如扬尘、废水、噪音等。

施工过程中对节能减排的关注也体现出绿色施工理念的融合,像使用低能耗机械设备、优化施工流程以减少能源浪费这些做法都是体现,换填法实施绿色施工后既能提高公路建设的质量与效率,又能推动公路建设行业可持续发展以满足现代工程环保要求。

4.4 未来发展方向

未来,更加精细化、智能化、环保化会是换填法施工技术的发展方向,随着材料科学不断进步,新型高性能材料的应用会更广泛,换填法施工效果和环境适应性也能进一步提高,并且智能化施工技术不断完善时施工精度和效率会进一步提高,当自动化和实时监控技术普及,换填法施工就会进入全新的时代。

未来换填法施工会更注重材料的高效利用以及减轻环境负担,利用废弃材料再生、采用低能耗设备和技术以减少对环境的负面影响,并且随着人工智能、大数据等技术不断发展,换填法施工过程会更精确更科学,达成高质量低成本环保的目标,而这些技术持续创新应用会使公路建设的发展空间更大。

5 结语

换填法是一种在公路建设中起重要作用的有效路基改良技术,合适的换填材料一旦选定且合理施工一旦进行,地基承载力就能显著提高、沉降和变形减少,进而路基的稳定性与安全性就有了保障,新型材料、智能化施工技术和绿色施工理念一旦引入,换填法施工效果和环保性会进一步优化且施工效率和质量显著提升,但换填法也面临像材料选择、施工质量控制这些问题需要进一步完善的挑战,随着科技不断进步,换填法施工技术以后会朝着更精细化、更环保的方向发展,从而给公路工程可持续发展提供更坚实技术支持。

[参考文献]

- [1]陈建国.换填法地基加固施工技术在建筑工程中的应用[J].石材,2024(6):63-65.
- [2]向阳,王骥,雷增威.建筑工程中换填法地基加固施工技术的应用[J].住宅与房地产,2025(2):101-103.
- [3]刘瑜.建筑工程换填法地基加固施工技术研究[J].工程技术研究,2025,10(1):86-88.
- [4]黄刚.房屋建筑工程中换填法地基加固施工技术的应用[J].中国建筑装饰装修,2025(8):169-171.
- [5]甄亮.软土路基施工技术在公路施工中的应用[J].交通世界,2018(12):40-41.

作者简介:方勇(1994.12—),男,毕业院校:西南交通大学;所学专业:土木工程(道路与桥梁),当前就职单位:四川路桥盛通建筑工程有限公司,职务:工程科长,职称级别:助理工程师。