

公路软土路基处理方案对比分析

苏兆叶

中国葛洲坝集团路桥工程有限公司 湖北 宜昌 443000

摘要：公路软土路基处理对公路质量、安全及寿命影响显著。常见处理方案有换填法、排水固结法、强夯法和水泥搅拌桩法。换填法适用于浅层软土，施工快但成本高；排水固结法适用于饱和粘性土，处理周期长；强夯法加固深层地基效果好，噪音大；水泥搅拌桩法适用于多种软土，无噪音污染。在技术效果、经济成本、施工周期和环境影响等方面各方案存在差异。选择处理方案时，需综合考虑工程实际情况，权衡各方面因素，以实现最佳处理效果。

关键词：公路；软土路基；处理方案；对比分析

引言：在公路建设中，软土路基是常见且棘手的问题。软土具有天然含水量大、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低等特点，这使得软土路基易出现沉降、滑坡等病害，严重影响公路的质量、安全和使用寿命。因此，对软土路基进行有效处理至关重要。目前存在多种软土路基处理方案，但各有其适用范围和优缺点。对比分析不同处理方案，能为公路工程合理选择处理方案提供依据，提高公路建设的质量和效益，保障公路的长期稳定运行。

1 公路软土路基概述

在公路工程建设中，软土路基是常见且棘手的问题，对公路的质量、安全及使用寿命影响显著。软土是一种特殊的土体，通常指天然含水量大、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低的细粒土。软土的形成主要与特定的地理环境和地质过程有关，多分布于沿海地区、内陆湖泊周边、河流中下游等区域。这些地区地势低洼，水流缓慢，大量的细颗粒物质沉积下来，经过长期的物理、化学作用，形成了软土。软土路基则是指以软土为主构成的路基，其特点鲜明。含水量高是软土路基的显著特征之一，这使得土体的自重较大，且在车辆荷载等外力作用下容易发生变形。同时，软土的孔隙比大，导致其压缩性高，在受到压力时会产生较大的沉降。此外，软土的抗剪强度低，使得路基的稳定性较差，容易出现滑坡、坍塌等病害。软土路基对公路工程的危害不容小觑，路基沉降是软土路基最常见的问题之一。由于软土的压缩性高，在公路建成后，随着时间的推移和车辆荷载的反复作用，路基会逐渐发生沉降。不均匀的沉降会导致路面出现裂缝、坑洼等病害，影响行车的舒适性和安全性^[1]。软土路基的抗剪强度低，在车辆荷载和自然因素的作用下，容易发生滑坡、坍塌等病害，严重威胁公路的安全。软土路基的透水性差，在雨季容易积

水，导致路基软化，进一步降低路基的强度和稳定性。鉴于软土路基的特点和危害，在公路工程建设中，必须对软土路基进行处理，以提高路基的强度和稳定性，减少路基沉降和病害的发生，确保公路的质量和安全。

2 常见公路软土路基处理方案

2.1 换填法

换填法作为常见的公路软土路基处理手段，通过置换软弱土层，能显著增强路基承载能力。（1）原理机制：将路基下一定范围内的软弱土层挖除，换填强度高、稳定性好的材料，如砂、砾石等，以此改善地基性能，提高承载能力。（2）适用场景：适用于软土层较薄、上部荷载不大的情况，像一般的乡村公路、小型停车场等工程，当软土厚度在3米以内时，换填法较为适用。（3）材料选取：换填材料需具备良好的透水性和较高的强度，常用的有中粗砂、级配碎石等，材料应质地坚硬、洁净，不含杂质。（4）施工流程：先精确测量放线，明确换填范围和深度，接着进行软土开挖，遵循分层回填原则，每层回填后及时压实，确保压实度符合设计要求。（5）质量把控：施工中严格控制换填材料质量和压实质量，通过环刀法、灌砂法等检测压实度，同时做好排水工作，防止积水影响路基稳定性。

2.2 排水固结法

排水固结法在公路软土路基处理中应用广泛，能有效提升软土路基的承载能力与稳定性。（1）排水系统设置：主要通过土中打设砂井、袋装砂井或塑料排水板等竖向排水体，与地面铺设的砂石垫层构成排水系统，增加孔隙水排除途径，缩短排水距离。（2）加压方式选择：预压法的加载方法可分为堆载、真空和降水三类。堆载加压增加土体总应力；真空加压不增加总应力，靠负的超静孔隙水压力使有效应力增长；降水则通过降低地下水位实现固结。（3）施工速率控制：施工中要合理

控制加载速率,避免加载过快导致地基失稳。分级加载可使地基逐步适应压力变化,确保孔隙水有足够时间排出。(4)效果监测评估:施工过程中需对地基的沉降、孔隙水压力等进行实时监测,根据监测数据评估处理效果,以便及时调整施工参数。(5)适用特殊地基:对于很软弱的粘土地基,真空预压法和电渗法因不增加剪应力,地基不会产生剪切破坏,具有良好的适用性。

2.3 强夯法

强夯法是处理公路软土路基的一种有效方法,它通过强大的夯击能,使土体产生强烈的振动和冲击,从而改善软土的物理力学性质。强夯法的作用机理主要是动力密实、动力固结和动力置换。对于多孔隙、粗颗粒、非饱和土,动力密实起主导作用;对于饱和细粒土,动力固结是主要作用;而当强夯采用块石、碎石等粗颗粒材料时,会形成动力置换,在地基中形成碎石墩或块石墩。强夯法的施工流程并不复杂,要进行场地平整,确定夯点位置并测量场地高程。然后起起重机就位,使夯锤对准夯点位置,将夯锤起吊到预定高度,待夯锤脱钩自由下落后,放下吊钩,测量锤顶高程^[2]。重复以上步骤,按设计规定的夯击次数及控制标准完成一个夯点的夯击。完成第一遍夯击后,用推土机将夯坑填平,测量场地高程,间隔一定时间后,再进行下一遍夯击,直至达到设计要求。强夯法具有设备简单、施工速度快、加固效果显著、适用范围广等优点,但也存在施工时噪音和振动较大等缺点。在实际应用中,需要根据具体的工程情况,合理选择施工参数和工艺,以达到最佳的处理效果。

2.4 水泥搅拌桩法

水泥搅拌桩法是公路软土路基处理的常用有效手段,它利用水泥作为固化剂,通过特制搅拌机械将软土和水泥强制搅拌,使软土硬化成具有整体性、水稳定性和一定强度的水泥加固土。在适用范围上,水泥搅拌桩适用于淤泥、淤泥质土、粉质粘土、粉土等软土地基,当地基承载力标准值不大于120kPa时效果良好,施工深度通常可达20m。施工时,要做好施工准备,包括场地平整、测量放线、设备调试等。接着进行桩位放样,确定搅拌桩的具体位置。然后启动搅拌机械,预搅下沉,同时严格控制下沉速度和搅拌速度。在下沉到设计深度后,开始喷浆搅拌提升,确保水泥浆液与软土充分混合。提升到桩顶后,再进行复搅,以保证桩身质量均匀^[3]。水泥搅拌桩法具有诸多优点,施工时无振动、无噪音、无污染,且施工工期短。同时,它能有效提高地基强度,减少沉降,增强路基稳定性。不过,该方法也存在一定局限性,如粉喷桩处理深度不宜大于12m,浆喷桩

处理深度不宜大于20m,且对于软基厚度超过理想处理深度时成桩困难。在实际应用中,需综合考虑工程具体情况,合理运用水泥搅拌桩法处理公路软土路基。

3 公路软土路基处理方案具体对比分析

3.1 技术效果对比

在公路软土路基处理中,不同方案的技术效果存在差异。(1)承载能力提升:换填法通过换填高强度材料,能快速提高路基承载能力,适用于浅层软土;排水固结法利用排水和加压使土体固结,长期可显著增强承载能力,但前期效果不明显;强夯法能使土体密实,提高深层地基承载能力,对饱和度较低的土效果好;水泥搅拌桩法通过水泥与软土搅拌形成桩体,增强复合地基承载能力,适用于多种软土。(2)沉降控制:换填法可减少浅层沉降,但对深层沉降控制有限;排水固结法能有效减少工后沉降,控制效果较好;强夯法可使土体快速沉降,但沉降量较难精确控制;水泥搅拌桩法能较好地控制沉降,尤其是不均匀沉降。(3)加固深度:换填法加固深度较浅,一般不超过3米;排水固结法加固深度取决于排水体设置深度,可达20米左右;强夯法加固深度与夯击能有关,可达6-10米;水泥搅拌桩法加固深度通常在12-20米。(4)适用土质:换填法适用于各类软土,但成本较高;排水固结法适用于饱和粘性土;强夯法适用于非饱和土和低饱和度粘性土;水泥搅拌桩法适用于多种软土,尤其是含水量高的软土。(5)处理速度:换填法施工速度较快;排水固结法处理周期长;强夯法施工速度快,但需间隔时间让土体稳定;水泥搅拌桩法施工速度适中。

3.2 经济成本对比

公路软土路基处理方案的经济成本对比,对于合理选择方案至关重要。不同处理方法在材料、设备、人工等方面成本差异明显。换填法成本受换填材料价格和运输距离影响大,若软土挖除量和换填材料用量多,成本会显著增加,且需大型挖掘和运输设备,设备租赁和使用成本高,人工成本也因施工过程工序多而较高。排水固结法前期需投入排水材料和加压设备费用,堆载预压材料成本相对低,但占用时间长,增加时间成本;真空预压法设备和密封材料成本高,不过工期相对短,能一定程度平衡成本^[4]。强夯法主要成本是强夯设备租赁和燃料消耗,设备一次性投入大,但施工速度快、周期短,长期看单位成本可能降低。水泥搅拌桩法成本主要是水泥等固化剂和搅拌设备费用,材料成本较稳定,施工机械化程度高,人工成本相对低,但设备维护和保养成本不容忽视。

3.3 施工周期对比

在公路软土路基处理中,施工周期是关键考量因素,不同处理方案的施工周期差异明显。(1)方案准备:部分方案前期需进行详细地质勘察、材料采购和设备调试,准备工作复杂,会延长整体周期;而一些简单方案准备时间短,能快速进入施工阶段。(2)施工工序:工序繁琐的方案,如涉及多层施工、反复检测等,施工时间会增加;工序简洁的方案则能加快施工进度。(3)天气影响:受天气影响大的方案,如在雨天无法施工或需采取额外防护措施,会导致工期延长;受天气制约小的方案施工周期相对稳定。(4)施工规模:处理面积大、范围广的方案,施工时间必然增加;规模小的方案则能在较短时间内完成。(5)人员设备:施工人员技术熟练、设备先进且充足的方案,施工效率高,周期短;反之则会拖延工期。综合考虑这些因素,才能合理选择施工方案。

3.4 环境影响对比

公路软土路基处理方案的不同,对环境产生的影响也各有特点。在噪音污染方面,强夯法施工过程中,夯锤下落会产生巨大的噪音,对周边居民的 life 和工作造成干扰,尤其是在居民区附近施工时,影响更为明显;而水泥搅拌桩法施工时,机械设备运转产生的噪音相对较小,对周边环境的噪音污染较低。粉尘污染上,换填法在挖掘和回填过程中,容易产生大量的粉尘,特别是在干燥多风的天气条件下,粉尘飞扬会对空气质量造成影响;排水固结法在施工过程中,若涉及到砂料等材料的运输和铺设,也可能产生一定的粉尘,但相对换填法来说,程度较轻^[5]。生态破坏方面,换填法需要大量挖除软土并运走,这可能会破坏当地的地表植被和土壤结构,对生态环境造成一定的影响;而一些处理方案如果

涉及到对地下水的抽取或改变,可能会影响周边的水资源和生态平衡。废弃物排放上,部分处理方案在施工过程中会产生一定的废弃物,如强夯法可能会产生一些破碎的石块等废弃物;而合理的方案设计和施工管理可以有效减少废弃物的产生和排放,降低对环境的影响。

结语

未来,科技进步将推动软土路基处理技术不断革新。在材料和工艺方面,科研人员会致力于研发更环保、高效且经济的处理方案,例如探索新型固化剂,既能减少对环境的影响,又能以较低成本提升路基强度。智能化监测与控制技术也将深度嵌入施工全程,借助传感器实时收集路基各项数据,通过智能算法精准分析,及时调整施工参数,实现对质量的精确把控。此外,跨学科的综合应用会成为新趋势,融合材料科学、岩土力学、信息技术等多领域知识,为软土路基处理带来突破性进展,全面提升公路建设的质量、效率和安全性。

参考文献

- [1]穆雨涛.软土地基处理方案对高速公路长期沉降影响分析[J].新疆钢铁,2026(1):165-167.
- [2]管龙威.公路施工中软土路基的施工技术处理研究[J].流体测量与控制,2026,7(1):111-114.
- [3]黄群洪.公路工程改扩建软土路基处理技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2026(2):041-044.
- [4]应必成.公路工程中软土路基设计与处理研究[J].时代汽车,2026(6):163-165.
- [5]莫志遥,官伟军,陈浩.公路改扩建工程软土路基处理技术分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(1):082-086.