

公路养护中路基路面维修的软基处理技术

綦国巍

本溪市交通事业发展服务中心 辽宁 本溪 117000

摘要: 本文针对公路养护中路基路面维修的软基处理技术展开研究。阐述了软基特性、对公路的影响,包括引发路基沉降、路面病害及威胁公路使用寿命与行车安全。详细介绍了换填法、排水固结法、加固法、加筋法等处理技术,并分析了技术选择依据,涵盖地质条件、公路使用要求、施工环境与工期、经济成本等因素。

关键词: 软基处理技术;公路养护;路基路面;处理方法;技术选择

引言:公路作为交通基础设施,其稳定性与安全性至关重要。软土地基因其特性,成为影响公路质量的关键因素。软土地基在荷载作用下易发生沉降、变形,导致路面病害频发,缩短公路使用寿命,威胁行车安全。在公路养护中,对软基进行有效处理至关重要。本文将探讨软基对公路的影响及常用处理技术,为公路养护提供参考。

1 软基对公路路基路面的影响

1.1 软基的特性及形成原因

软土地基具有含水量高、孔隙比大、压缩性高和抗剪强度低等显著特性。这种特性主要源于其物质组成,通常由黏土、粉土等细颗粒构成,颗粒之间存在大量孔隙,极易吸附水分,使软基在受力时发生较大变形。软土颗粒表面带有电荷,增强了对水分子的吸附能力,进一步提高土体含水量,削弱颗粒间的连接,从而降低土体强度。软基的形成与地质条件和沉积环境密切相关。在平原、三角洲等区域,水流缓慢,泥沙逐渐沉积,经长期堆积压实,形成软土层;河流携带的黏土颗粒在流速减缓时,沉积于河床或漫滩地带,经长时间固结形成一定厚度的软土地层。滨海地区由于潮汐作用,海水带来的细颗粒物在浅滩沉积,并与盐分发生物理化学反应,改变土体结构,增强软弱性;湖泊、沼泽等地因长期积水,植物腐烂分解后与泥沙混合,形成富含有机质的软土地基,有机质的存在不仅降低土体强度,还使其在受力时产生较大的压缩变形。

1.2 软基引发的路基沉降问题

软基的高压缩性使其在承受公路路基和路面荷载时,极易发生沉降。当公路建成后,路基的重量以及车辆行驶产生的荷载持续作用于软土地基,软土颗粒间的孔隙被压缩,土体体积减小,进而导致路基下沉^[1]。不均匀的软土层分布,会使路基不同部位的沉降量存在差异。比如某段公路下方软土层厚度不一,较厚处的软土

在相同荷载下压缩量更大,从而出现路基局部沉降严重的现象,形成高低不平的路基形态。路基沉降还与软土的固结特性有关。在荷载作用下,软土中的孔隙水压力逐渐消散,土体颗粒重新排列,产生固结沉降。但软土的渗透系数小,孔隙水排出缓慢,导致固结过程漫长。在公路运营初期,沉降速度较快,随着时间推移,沉降速度逐渐减缓,但沉降过程可能持续数年甚至数十年。随着时间推移,路基沉降不断发展,严重时会使路面结构遭到破坏,影响公路正常使用功能。

1.3 软基导致的路面开裂、变形等病害

软基沉降不均会对路面产生拉扯和挤压作用,引发路面开裂。当路基局部沉降过大,上方路面无法承受这种不均匀变形产生的应力,就会在薄弱处出现裂缝。这些裂缝初期可能细小,但随着车辆不断碾压,裂缝会逐渐扩展延伸,形成网状裂缝甚至出现大面积破碎。车辆行驶时产生的动荷载,会使裂缝两侧的路面产生相对位移,加剧裂缝发展。软基的不稳定还会致使路面产生变形。在软土压缩过程中,路基表面的路面会出现凹陷,车辆行驶通过时,凹陷处受力不均,进一步加剧路面变形程度。此外,软基的流变特性,即土体在长期荷载作用下会发生缓慢流动,也会推动路面产生横向或纵向的位移变形。软土在受到侧向压力时,会向压力较小的方向流动,带动上方路面一起移动,导致路面平整度降低,影响行车舒适性与安全性。

1.4 软基对公路使用寿命和行车安全的威胁

频繁出现的路基沉降和路面病害,极大缩短了公路使用寿命。路面开裂后,雨水会顺着裂缝渗入路基,进一步软化软土地基,加速路基沉降,形成恶性循环。雨水的侵入会降低土体的抗剪强度,使路基更容易产生变形。路面变形使得车辆行驶时对路面的冲击力增大,加剧路面结构损坏,原本设计使用年限较长的公路,因软基问题可能提前进入大修期,增加养护成本。软基问题

对行车安全构成严重威胁。不平整的路面会使车辆行驶时产生颠簸,影响驾驶员操控,增加车辆零部件磨损。当路面出现大面积裂缝和凹陷时,车辆行驶稳定性降低,尤其是在高速行驶状态下,容易引发爆胎、车辆失控等事故。夜间行车时,路面病害可能因视线不佳难以察觉,进一步提升事故发生几率。车辆在不平整路面上行驶时,轮胎与路面的接触面积和受力状态不断变化,容易导致轮胎局部磨损加剧,增加爆胎风险。

2 公路养护中软基处理技术

2.1 换填法

换填法是通过人工或机械清除路基下一定深度软土层,替换为强度高、压缩性低的材料如砂、砾石、灰土等,形成均匀垫层以提升地基承载力的方法。其核心是通过置换软弱土层改变地基受力结构,将上部荷载传递至下部坚实土层,减少软基直接承受的应力,降低沉降风险。该方法适用于浅层软基处理,尤其适合表层软土厚度较薄(通常2-3米以内)且下卧层承载力较高的路段,如公路穿越耕植土、淤泥质土等浅层软弱区域时^[2]。换填材料需具备高强度、低压缩性和良好透水性。砂和砾石透水性强,能加速软土排水固结,多用于对排水要求高的路段;灰土由石灰与土混合而成,具有胶结作用,可增强垫层整体性,适用于干燥环境。施工时需先按设计开挖至指定深度,清除坑底软土和杂物,确保基坑平整;然后将换填材料分层摊铺(每层厚20-30厘米),并采用振动碾、蛙式打夯机等设备分层压实,直至达到设计压实度,避免后期不均匀沉降。

2.2 排水固结法

排水固结法通过在软基中设置排水通道如砂井、塑料排水板,并施加预压荷载或真空负压,加速软土中水分排出,使土体固结沉降,提高地基强度。常见方法包括堆载预压法和真空预压法。堆载预压法需先在软基表面铺设砂垫层,打设排水通道,再堆填土石等荷载。荷载作用下软土孔隙水压力增加,水分沿排水通道排出,土体颗粒重新排列,孔隙比减小,承载力提高。施工中需根据软土厚度和固结要求确定堆载高度与预压时间,通过沉降观测点实时监测沉降速率,达标后卸载。真空预压法则通过铺设密封膜并抽取膜下空气,形成负压区,利用压差促使软土排水固结。该方法无需堆载材料,施工速度快且环境影响小,适用于缺堆载材料或工期紧的工程。其流程包括场地平整、设置排水系统、密封膜施工和抽气固结,需确保膜下真空度不低于80kPa并维持至固结完成。排水设施设置是关键,砂井需用中粗砂填充,直径30-50厘米,间距1.5-3米;塑料排水板宽约

10厘米,打设深度需穿透软土层,且需保证垂直,避免扭曲断裂,确保排水畅通。

2.3 加固法

加固法通过向软土中注入固化剂或形成增强体,改善土体结构与力学性能,常见方法有深层搅拌法、高压喷射注浆法和碎石桩法。深层搅拌法利用搅拌机械将水泥、石灰等固化剂与软土强制搅拌,经物理化学反应形成水泥土桩体或墙体,提升地基承载力。该法适用于淤泥、粉质黏土等软基,尤其适合对周边环境要求高的路段。施工时搅拌桩机需准确就位,预搅下沉至设计深度后,边喷浆边搅拌提升,可复搅复喷确保混合均匀。高压喷射注浆法借助高压泵将水泥浆液以20-40MPa压力喷出,冲击破坏软土并与之混合,形成直径0.6-2米的柱状加固体。该法适应复杂地质条件,施工扰动小且兼具止水功能,广泛应用于软基加固和基坑止水。依据旋喷、定喷、摆喷等不同喷射方式,满足多样化加固需求。碎石桩法采用振动或冲击方式成孔,向孔内填入碎石并夯实形成桩体。桩体挤密软土,提高土体密实度与抗剪强度,还能作为排水通道加速土体固结。施工过程严格控制成孔深度与桩体密度,保证桩体连续均匀,适用于松散砂土、粉土及部分黏性土软基。

2.4 加筋法

加筋法通过在软基中铺设土工合成材料如土工格栅、土工布,依靠材料与土体间的摩擦和嵌锁作用,增强土体整体性与抗拉强度,抑制侧向变形以提高地基承载力。该方法利用加筋材料承受拉应力、分担土体荷载,减少沉降并调整应力分布。加筋材料需满足高强度、高耐久性和柔韧性要求,常见土工格栅抗拉强度高,适用于增强土体抗拉性能;土工布透水性好,兼具隔离、过滤功能;土工膜防渗性强,可控制水分渗透。材料选择需综合软基性质、荷载要求和环境条件,高填方路段宜选高强度土工格栅,潮湿路段适合耐腐蚀土工布^[3]。施工时,铺设前整平场地、清除尖锐杂物;铺设方向沿路基横断面,搭接宽度符合标准,用锚钉或U型钉固定,确保张拉平整无褶皱;铺设后及时填筑填料,避免暴晒老化,填料摊铺与压实注意保护材料,确保与土体协同作用。实际工程中,需依据软基厚度、性质等因素综合选择技术,必要时联合处理以保障稳定耐久。

3 软基处理技术的选择依据

3.1 软基的地质条件分析

软基的地质条件是选择处理技术的首要依据,不同地质条件下软土物理力学性质差异显著。对于厚度较薄且下部存在良好持力层的软土层,换填法较为适宜,

通过挖除浅层软土,换填强度高、压缩性低的材料,能快速提升地基承载能力。但面对深厚软土地基,换填法因工程量大、经济性差而不再适用。软土的含水量、孔隙比、压缩性等指标对处理技术选择至关重要。含水量高、孔隙比大的软土,排水固结法更具优势。可设置砂井或塑料排水板,配合堆载预压或真空预压,加速孔隙水排出,促使土体固结、强度提高。若软土中含较多粉砂层,采用真空预压法需防范砂层堵塞排水通道,以免影响固结效果。此外,软土地基渗透系数决定排水难易,渗透系数小的软土,需采取更高效排水措施,或联合排水固结法与加固法等多种技术处理,以达到理想效果。

3.2 公路的使用要求与交通荷载等级

公路使用要求和交通荷载等级直接决定软基处理的标准。高速公路和一级公路,交通流量大、重载车辆多,对路基路面的稳定性和耐久性要求极高。这类公路的软基处理需确保地基具有足够承载力和抗变形能力,以承受长期交通荷载作用。可采用深层搅拌法、高压喷射注浆法等加固技术,增强地基强度和整体性,减少工后沉降。对于交通荷载较小的农村公路或低等级公路,在满足基本使用功能前提下,可选择相对简单、经济的处理方法。如换填法处理浅层软基,或采用加筋法提高地基稳定性。同时公路的设计使用年限也影响处理技术选择。设计使用年限长的公路,需采用更可靠的软基处理技术,保证在使用期内路基路面性能稳定,避免频繁维修。

3.3 施工环境与工期限制

施工环境对软基处理技术选择影响明显。在城市区域施工,需考虑噪音、粉尘等环境因素。采用振动较大的施工方法,如强夯法,可能会对周边建筑物和居民生活造成影响,此时宜选择噪音和振动较小的处理技术,如深层搅拌法或高压喷射注浆法。在地下水丰富地区,需注意排水和止水问题,防止施工过程中出现流砂、管涌等现象,可采用降水结合加固的处理方式。工期限制也是重要考虑因素^[4]。对于工期紧张的项目,需选择施工速度快的处理技术。排水固结法因需要一定固结时间,在工期紧时可能无法满足要求,可采用加固法或加筋法

快速提高地基强度。冬季施工时,需考虑材料性能和施工工艺的适应性。如在低温环境下,水泥的水化反应速度减慢,采用深层搅拌法或高压喷射注浆法时,需采取保温措施或调整配合比,确保施工质量。

3.4 经济成本因素考量

经济成本是软基处理技术选择的关键因素之一。不同处理技术的成本构成不同,包括材料费用、设备费用、人工费用等。换填法所需材料多为砂石、灰土等,材料成本相对较低,但当软土层较厚时,挖方和填方工程量大,人工和机械费用增加。排水固结法中,真空预压法设备投入较大,但后期运行成本较低;堆载预压法需大量堆载材料,材料运输和装卸费用较高。加固法中的深层搅拌法和高压喷射注浆法,设备和材料成本较高,但处理效果显著,可减少后期维修费用。加筋法的材料成本主要取决于加筋材料类型,土工格栅、土工布等材料价格不同,施工费用相对较低。在选择处理技术时,需综合考虑一次性建设成本和后期维护成本。虽然某些技术初期投资高,但长期来看可减少维修频率和维修费用,从全寿命周期角度更具经济性。

结束语

公路养护中软基处理至关重要,需根据软基特性、公路要求、施工环境及经济成本等多方面因素,合理选择换填法、排水固结法、加固法、加筋法等技术。科学处理软基,可提升公路路基路面稳定性,延长公路使用寿命,保障行车安全。未来需持续探索创新,优化软基处理技术,推动公路养护事业发展。

参考文献

- [1]王垚山.公路养护中路基路面维修的软基处理技术研究[J].运输经理世界,2023,(32):124-126.
- [2]辛瑞钧.公路路基路面设计中的软基处理问题与优化对策解析[J].居舍,2021(15):111-112.
- [3]李佳.公路路基路面设计中的软基处理问题与优化对策[J].工程建设与设计,2021(03):34-36.
- [4]洪超.公路路基路面设计中软基的处理对策分析[J].工程与建设,2021,35(2):318-319.