

山区公路软基高填方病害成因及治理措施研究

张忠华

安徽建工建设投资集团有限公司 安徽 合肥 230000

摘要: 山区公路软基高填方工程面临地质条件复杂、环境特殊等挑战,易出现沉降、滑坡、边坡失稳等病害。本文分析了病害成因,涵盖地质、水文、设计、施工及后期维护因素。针对不同病害,提出沉降病害治理、滑坡病害治理、边坡失稳病害治理及综合治理措施,通过多种技术协同、动态监测与信息化管控,保障山区公路软基高填方工程长期稳定运营。

关键词: 山区公路;软基高填方;病害成因;治理措施;综合治理

引言:山区公路建设对于促进区域经济发展、加强区域间联系意义重大。软基高填方作为山区公路常见工程形式,受地质条件复杂性、工程环境特殊性等因素影响,施工过程中及建成后易出现多种病害。这些病害不仅影响公路的正常使用,还威胁行车安全。深入研究山区公路软基高填方病害成因,并提出有效的治理措施,成为保障山区公路质量与安全的关键所在。

1 山区公路软基高填方工程特点

1.1 地质条件复杂性

山区公路软基高填方工程中,地质条件复杂多样。山区软土地基分布极不均匀,不同区域软土的厚度、特性差异显著。有的区域软土层较薄,仅零星分布;有的区域则厚达数米甚至数十米,且连续分布。这种分布状况给地质勘察工作带来极大挑战,难以精准确定软土范围。从物理学性质看,山区软土具有高压缩性、低抗剪强度和弱透水性^[1]。高压缩性意味着在高填方重力荷载作用下,软土高填方路基易产生沉降,若处理不当,路基及路面会出现明显不均匀沉降,影响行车安全与舒适度。低抗剪强度使软土地基在水平力作用下易发生侧向滑移或滑动破坏,威胁路基整体稳定。弱透水性则阻碍软土中水分排出,延长地基固结时间,加剧后期沉降与变形风险。山区地形起伏大,对高填方施工影响显著。填筑时需根据地形及填料不断调整填筑层厚与坡度,这不仅增加施工难度,还易导致填筑体内部受力不均、局部应力集中,进而引发边坡滑移或坍塌等问题。同时,复杂地形可能会限制大型施工设备作业空间,降低施工效率,延长工期。

1.2 工程环境特殊性

气候条件对山区公路软基高填方工程影响显著,降雨是影响工程稳定性的重要因素之一。大量降雨会使软土路基含水量迅速增加,降低土体强度,增加填方体

的重量,从而加大沉降和滑坡的可能性。温度变化也会对工程产生一定影响,在寒冷地区,冻融循环会使土体结构破坏,导致路基强度降低;在炎热地区,高温会使填方材料中的水分蒸发,不易压实,易产生干缩裂缝,影响工程质量。水文条件在山区公路工程稳定性中扮演关键角色,地下水的存在会改变软土的应力状态,增加孔隙水压力,降低有效应力,从而降低土体抗剪强度。地下水位的上升还会使路基软化,进一步加剧沉降和滑坡的风险。地表水的冲刷作用会破坏填方体的边坡稳定性,导致边坡坍塌,影响公路的正常使用。因此,在山区公路软基高填方工程中,必须充分考虑水文条件的影响,采取有效的截水、排水和防水措施。

1.3 施工工艺与材料要求

高填方施工需严格遵循分层填筑、分层压实的工艺要点。分层填筑时,要根据填料特性合理确定每层填筑厚度,一般不宜过厚,并选用适配的压实机械进行碾压,压实过程中要控制压实速度与遍数,确保填方体达到设计规定的压实度,以保障压实质量。路堤填方体一定要超宽填筑并碾压密实,留有充足的刷坡厚度,并且及时进行刷坡和边坡防护,防止雨水冲刷,造成亏坡。软基处理对填筑材料性能有特殊要求,用于软基处理的填筑材料应具备一定的强度、稳定性和良好的透水性;材料的强度与稳定性需满足工程要求,能够承受填方体自重与外部荷载,抵御外界环境侵蚀;选用透水性好的材料,便于填方路基内水分及时排出,确保路基的稳定。此外,填筑材料的粒径与级配需合理搭配,以保障压实效果与填方体整体稳定性。在选用填筑材料前,需开展详细试验与分析,确保材料性能符合工程设计与规范要求。

2 山区公路软基高填方常见病害类型

2.1 沉降病害

山区公路软基高填方路段的沉降有着多样的表现形式与鲜明特征。在纵向方向上,常出现填方体不同部位沉降量差异较大的情况。比如,靠近软基较厚区域的路段沉降量明显大于软基较薄区域,导致路面高低起伏,形成波浪状。横向方面,公路两侧的沉降可能不一致,一侧沉降大,另一侧沉降小,使路面出现横向倾斜。这种不均匀沉降的特征表现为沉降发生的时间和速率不同,有的区域沉降发展较快,短时间内就出现明显变形,而有的区域沉降则较为缓慢。不均匀沉降对公路线形与结构安全有着不可忽视的影响。从公路线形来看,不均匀沉降会使公路的纵坡发生变化,原本设计合理的坡度因沉降而改变,影响行车的舒适性和安全性。例如,原本的上坡路段可能因沉降变为平缓路段甚至下坡路段,给驾驶员的判断带来困难。在公路结构方面,不均匀沉降会导致路面结构层受力不均,产生附加应力^[2]。当沉降差异较大时,路面结构层可能出现开裂、破碎等现象,破坏路面的整体性和稳定性,缩短公路的使用寿命。

2.2 滑坡病害

浅层滑移与深层滑移在山区公路软基高填方路段有着明显的区分与各自特点。浅层滑移通常发生在填方体表层一定深度范围内,滑移面较浅,滑移规模相对较小。多是由于降雨冲刷、地表水渗透等导致表层土体饱和,抗剪强度降低而引发。深层滑移则涉及填方体较深部位甚至软基内部,滑移面较深,滑移规模较大,往往与软基的地质条件、地下水位变化等因素密切相关,一旦发生,破坏区域大、恢复难度大,甚至造成交通中断。滑移对公路路基与边坡稳定性的破坏十分严重,对于路基深层滑移会使路基大范围、大体积发生移动和变形,导致路基和路面开裂、坍塌,同步会使边坡土体失去平衡,发生大规模的坍塌和滑移,破坏边坡的原有结构,使塌方后裸露出的边坡坡度变得更陡,更易受雨水冲刷和重力影响,进一步增加滑塌的风险,形成恶性循环。

2.3 边坡失稳病害

山区公路软基高填方路段常见的边坡失稳病害现象包括边坡坍塌和溜方等。边坡坍塌是指边坡土体在重力、雨水冲刷等作用下,发生局部或整体的崩落,导致边坡形态发生变化。溜方则是边坡土体沿一定滑动面缓慢地向下移动,通常表现为土体表面出现裂缝,裂缝逐渐扩展,土体逐渐下滑。边坡失稳对公路行车安全构成直接威胁。当边坡发生坍塌或溜方时,行车道中断,严重威胁过往车辆安全,如广州梅大高速案例。坍塌的土石会沿坡面滑落至路基边缘,甚至冲出公路地界,造成

路堤边缘排水沟堵塞或掩埋,影响排水通畅,加剧雨水入渗与路堤土体软化,间接诱发路基沉降或滑移病害。冲出公路地界的土石,可能会对下方道路或居民造成人员伤亡或财产损失。

3 山区公路软基高填方病害成因分析

3.1 地质因素

软土地基本身具备较低承载能力与显著变形特性,天然状态下难以承受高填方荷载作用,在重力等荷载易产生沉降、侧向挤出等病害,这一特性源于软土颗粒间联结薄弱、孔隙率大的本质,符合公路路基设计规范中对软土地基工程特性的界定。高填方路堤填方体自身重力与外部荷载作用下,软土地基易发生侧向挤出与沉降变形,进而造成上部填方体产生沉降、开裂等问题,直接威胁道路整体稳定性。路堤填方边坡填料的风化程度越深,颗粒结构越松散,抗剪强度与整体性随之降低,坡面部位易因填料脱落、滑移,诱发边坡失稳等病害。

3.2 水文因素

地下水位升降会直接改变填方路基内含水量,影响路基力学参数,水位上升会软化填方路基填料、降低路基承载力,水位骤降则会引发土体有效应力变化,诱发填方体沉降变形^[3]。地表水长期冲刷、侵蚀边坡与填方体表面,会逐渐削弱土体结构完整性,形成冲沟、坡面剥落等病害,严重时会导致边坡坍塌。降雨入渗会使路堤土体含水量大幅增加,颗粒间黏结力减弱,抗剪强度显著下降,同时孔隙水压力升高,进一步加剧填方体与软土地基的变形,诱发各类病害。

3.3 设计因素

路基设计高度与软基处理方案不合理,会导致荷载超出软土地基承载极限,或使填方体受力分布失衡,引发沉降、开裂等病害。边坡坡度设计需兼顾安全性与经济性,过陡易导致边坡失稳,过缓则增加工程量与造价,设计失衡会直接诱发边坡病害。软基处理方案选择需适配现场地质水文条件,方案不适宜会导致软基处理效果不佳,无法有效控制地基变形,为后期病害埋下隐患,符合公路软基处理技术规范的相关要求。

3.4 施工因素

填筑材料质量不符合规范标准,粒径过大或过小、含水量偏离最佳范围,会导致填方体压实效果不佳,整体性与强度不足,易产生沉降、开裂。施工工艺不当,压实度未达到设计要求、分层填筑厚度过大,会使填方体内部存在空隙,荷载作用下易发生压缩变形。施工顺序不合理,未完成软基处理即开展填方作业,会导致软土地基在高荷载作用下快速变形,进而引发填方体失

稳、沉降等病害。

3.5 后期维护因素

排水设施不完善会持续加剧工程病害发展,排水设施老化或堵塞,无法及时排出地表积水与填方体内水,积水长期滞留在填方体与软基区域,持续侵蚀会降低土体强度,诱发软化、沉降。缺乏定期检查与维护,会导致病害无法及时被发现,小范围裂缝、边坡风化剥落等初期病害未能及时处置,随时间推移逐步扩大、恶化,最终发展为大面积沉降、滑移等严重病害,影响山区公路长期运营安全。

4 山区公路软基高填方病害治理措施

4.1 沉降病害治理措施

沉降病害治理需立足软基变形特性与填方荷载分布,针对性采用适配设计方案和施工工艺。补强加固法通过注浆加固将浆液均匀注入软土地基孔隙与裂隙,胶结松散岩土颗粒,提升地基整体密实度与承载能力,有效抑制深层沉降。粉喷桩加固则将粉体加固材料与软土充分搅拌融合,形成强度较高的复合桩体,分散填方荷载,减少软基压缩变形,实现沉降有效控制^[4]。堆载预压法通过分级施加堆载荷载,加速软基内部孔隙水排出,促进软基固结沉降提前完成,避免后期运营过程中出现不均匀沉降。调整路面结构法结合沉降预判结果,优化路面结构层次,加铺柔性路面层,增强路面抗变形能力,适配软基与填方体的后期沉降,缓解路面开裂、破损等衍生问题,保障路面运营性能。

4.2 滑坡病害治理措施

边坡滑移病害治理核心是重塑坡体受力平衡,抑制填方边坡位移,保障工程整体稳定。支挡结构通过重力式挡墙、加筋土挡墙等方式,约束填方边坡滑动趋势,阻挡填方土体侧向变形与滑移;多级平台分级构建填方体适宜坡比,科学控制填方体侧向内力。排水措施通过合理布设路面拦水梗和坡面急流槽疏导坡面汇水,铺设排水盲沟与渗沟疏导填方内部渗水,有效降低填方土体与软基地下水位,减少土体浸润时间,缓解土体软化,从根源上削弱滑移动力。

4.3 边坡失稳病害治理措施

边坡失稳病害治理需构建多层次防护体系,兼顾稳定性与生态性。边坡防护工程根据边坡坡度、填料特性与土体密实度选用适配方式,植草防护通过培育草本植物,利用根系固土作用固定坡面土体,减少雨水直接冲刷;骨架防护通过现浇或预制骨架划分坡面单元,约束土体滑移,提升坡面整体性;砌石防护采用耐久性强的

石材铺设坡面,形成硬质防护层,抵御雨水侵蚀与土体剥落。针对高填方边坡自身重力大、易发生浅层及深层滑移的特点,可采用重力式挡土墙和加筋土挡土墙等支挡结构,依托稳固可靠的支撑体系,有效约束土体侧向变形与滑移趋势,提升边坡整体抗滑能力。边坡绿化与生态修复结合区域气候与岩土特性,配置当地植被,提升坡面植被成活率和适应性,通过根系交织增强土体黏结力,同时改善区域生态环境,实现边坡稳定性与生态功能双向提升。

4.4 综合治理措施

综合治理措施注重各类治理技术的协同发力,打破单一治理模式的局限性。多种治理方法联合应用需结合病害类型、严重程度与工程实际,科学组合支挡防护、排水疏导、补强加固等技术,因地制宜、科学设计,构建全维度、全方位的治理体系,提升治理效果的经济性和持久性^[5]。动态监测与信息化管控贯穿治理全过程,部署精准监测设备,实时捕捉病害发展数据,跟踪填方边坡位移、路基沉降及土体力学特性变化,依托信息化分析工具研判病害演变趋势,根据监测结果动态调整治理方案,优化设计方案和施工工艺,确保治理措施精准适配病害发展状态,保障山区公路软基高填方工程长期稳定运营。

结束语

山区公路软基高填方病害治理是一个系统工程,需综合考虑多方面因素。通过准确分析病害成因,针对性地采取沉降、滑坡、边坡失稳等病害的治理措施,并实施综合治理,结合动态监测与信息化管控,能够及时掌握病害发展动态,调整治理方案。如此,可有效解决山区公路软基高填方多数病害问题,延长公路使用寿命,为交通强国和地区发展添砖加瓦。

参考文献

- [1]秦玲.公路软基地段高填方路基施工工艺[J].中国高新科技,2021(9):58-59.
- [2]屈润栋.高速公路路基施工质量管理与病害防治技术研究[J].建筑与施工,2026,5(4):140-142.
- [3]崔楠.高速公路软土路基处理技术研究[J].工程技术研究,2021,6(13):47-48.
- [4]王有超.解析公路软基地段高填方路基施工技术[J].建筑工程技术与设计,2021(15):1118.
- [5]余国平.软弱地质高填方加宽路基地基沉降处理方案探讨[J].北方交通,2023(4):39-43.