

山区高速公路高填方路基沉降特性及预警机制

胡衍兵

江西省卓业建设工程有限公司 江西抚州 344000

摘要: 本文聚焦于山区高速公路高填方路基, 深入研究其沉降特性及预警机制。通过对山区特殊地质条件、填方材料特性等多方面因素的分析, 探讨高填方路基沉降的规律和特点。同时, 结合实际工程案例, 阐述了建立科学有效的预警机制对于保障山区高速公路安全稳定运行的重要性。研究旨在为山区高速公路高填方路基的设计、施工和维护提供理论依据和实践参考, 以减少路基沉降带来的安全隐患和经济损失。

关键词: 山区高速公路; 高填方路基; 沉降特性; 预警机制

引言

随着我国交通基础设施建设推进, 山区高速公路建设规模扩大。山区地形和地质条件复杂, 修建高速常需大量高填方作业。高填方路基是山区高速重要部分, 其稳定性关乎公路寿命与行车安全。但山区高填方路基受填方高度、材料性质、地质条件等因素影响, 易出现沉降问题。路基沉降会降低路面平整度、影响行车舒适性, 还可能引发病害, 危及公路结构安全。因此, 研究山区高速高填方路基沉降特性并建立预警机制, 对保障山区高速安全运营意义重大。目前, 国内外学者虽对路基沉降开展大量研究, 但针对山区高速高填方路基特殊工况下的沉降特性及预警机制研究较少。

一、山区高速公路高填方路基沉降特性分析

(一) 影响沉降的主要因素分析

山区高速公路高填方路基沉降受多种因素共同作用。一是山区地形地质条件, 基岩顶板起伏使路基底部应力不均, 易引发不均匀沉降; 软弱下卧层强度低、压缩性高, 是沉降主因; 地下水位升高会增大土体容重、降低有效应力, 加剧沉降。二是填料性质及压实工艺, 山区常用的土石混合料等颗粒组成不同, 压实特性有别, 级配不良或含泥量高的填料若压实不当, 后期固结沉降量大; 水稳定性差的填料遇雨水会有附加沉降, 所以合理选料和严格控制压实工艺很关键。三是施工过程, 填筑速率过快、分层厚度过大或压实度控制不严, 会使瞬时和后期固结沉降增大。四是外部环境, 降雨会增加路基含水量、降低有效应力, 引发沉降, 还可能致边坡失稳; 温度变化会使路基材料胀缩, 长期累积变形; 运营期车辆荷载会加速次固结沉降。

(二) 沉降规律与特征总结

高填方路基沉降有阶段性特征, 施工期尤其是填筑后期及预压期, 沉降速率快、占比大, 主要是瞬时和主固结沉降; 填筑完成和预压后, 沉降速率减缓; 运营期沉降速率进一步降低, 主要是次固结沉降, 最终趋于稳定。不同填筑高度和填料类型的路基沉降量有差异, 填筑越高、总沉降量越大, 渗透性好、压缩性低的填料总沉降量可能较小。不均匀沉降突出, 多发生在路基纵向坡脚、半填半挖结合部等部位, 表现为裂缝、凸起等, 会影响路容路貌、损坏路面结构。山区地形起伏使路基沉降空间分布不均, 高填方段沉降大, 加剧了不均匀沉降问题^[1]。

二、高填方路基沉降监测技术与方法

(一) 常用监测技术介绍

为掌握山区高速公路高填方路基沉降状况, 需采用多种监测技术。地表沉降板是常用的直接测量地表沉降量的方法, 在路基表面埋沉降板, 通过测杆高程变化获取沉降数据, 原理简单、成本低、操作直观, 适测地表总沉降量, 但只能测地表, 无法反映内部情况, 测杆易被破坏。深层沉降标通过在路基不同深度埋磁环, 用分层沉降仪测标志物高程变化, 获路基内部分层沉降信息, 能揭示土层压缩特性, 对分析不均匀沉降成因有价值, 不过安装复杂、成本高。水准测量是传统可靠的高程测量方法, 设固定水准点, 用水准仪测观测点高程变化算沉降量, 精度高、结果可靠, 适用于各种地形精密监测, 但工作量大、效率低, 受通视条件限制。GPS/RTK 技术利用全球定位系统实时动态测量, 在开阔地带高效获取监测点高程变化, 效率高、自动化程度高, 适合大面积、分散点监测, 不过在山区峡谷等信号遮挡区精度下降,

主要测地表点。InSAR是基于卫星或航空雷达影像的遥感监测技术,通过分析雷达影像相位变化反演地表毫米级形变,覆盖范围广、可全天候工作、无需地面设监测设备,适合大范围、长时序沉降监测,尤其适用于地形复杂山区;但对数据处理要求高,地形起伏和植被覆盖会引入误差,解译结果需地面验证。这些技术各有优劣,选择时需综合考虑监测目的、精度要求、地形条件、经济成本等因素。

(二) 监测方案设计要点

设计山区高填方路基监测方案时,监测点布设要遵循原则。位置应考虑填筑高度变化,在填筑高度最大、变化剧烈路段加密布点;结合地形变化,在横向坡度大、纵向起伏明显区域增加观测断面和测点;依据地质条件差异,在软弱下卧层分布区、基岩面起伏显著地段重点设深层监测设备。监测频率依路基不同阶段确定。施工期,填筑速率快时需高频监测,如每填筑一层或每隔几天观测,及时发现处理异常沉降、指导施工调整。预压期,沉降速率减缓,可适当降低频率,持续监测至沉降稳定。运营期初期,虽沉降速率小,但仍需保持一定频率,如每月或每季度一次,确认沉降稳定。沉降稳定后,可进一步降低频率至每年一次或按需进行。整个监测过程要强调数据采集、传输与初步处理的规范性。数据采集用标定仪器,按统一方法和流程进行,确保测量条件一致。数据传输可采用人工记录、有线传输或无线自动采集系统,保证数据完整传输。初步处理时,检查原始记录,剔除异常值,对连续性数据插值或平滑处理,形成规范准确的监测数据库,为后续分析奠定基础^[2]。

(三) 监测数据获取与初步分析

通过选定的监测技术可系统性获取高填方路基沉降数据。如水准测量,定期将水准仪架在已知高程控制点,测各沉降观测点水准尺读数,算出相对于首次或前次观测的高程变化量即沉降量;深层沉降仪通过探管到磁环位置,记录编码器读数变化算各深度沉降值;GPS/RTK在监测点静态或动态测量,获点三维坐标,比较不同时间高程坐标差得沉降值;InSAR技术由专业单位用多时相雷达影像生成形变图,提供沉降信息。获取原始监测数据后需整理和预处理,先按监测点、时间顺序整理归档不同来源、时间的数据,再滤波处理去除高频噪声,接着识别、剔除或修正明显偏离正常范围的异常值。初步分析阶段,用处理后数据绘制沉降-时间曲线,分析曲线形态判断沉降发展趋势,对比同一时间断面各点沉降值,初步分析沉降空间分布特征,识别沉降量大或不

均匀区域,为后续分析和决策提供基础信息。

三、高填方路基沉降预警机制构建

(一) 预警指标体系构建思路

基于第二章对沉降特性的剖析,构建预警指标体系时,选取的指标要精准反映高填方路基沉降状态、速率及不均匀性。沉降状态体现路基当前稳定程度,沉降速率可预判沉降趋势,不均匀性影响路面性能与行车安全。确定核心预警指标很关键。累计沉降量直观体现路基一段时间的总沉降,是衡量稳定性的基础指标;沉降速率表明沉降快慢,如某山区高速建设中,短期内沉降速率急升预示潜在不稳定因素;差异沉降量反映路基不同部位沉降差值,对评估路面病害很重要;坡脚位移是判断路基整体稳定性的关键指标,超出正常范围,路基边坡可能失稳。

在实际操作中,将监测数据与设计允许值、规范标准进行对比是必不可少的环节。以《公路路基设计规范》(JTG D30-2015)等权威规范为依据,明确各指标的合理区间。某高速公路高填方路基设计要求累计沉降量在运营期不得超过30厘米,当监测数据接近或超过此值时,需引起高度重视,及时排查原因并采取相应措施。通过这种对比,能快速判断路基沉降状态是否处于可控范围,为预警机制的有效运行提供明确的参照标准。

(二) 阈值确定方法探讨

阈值确定有多重依据。首先,设计要求是基础,综合考量工程预期使用寿命、交通流量、路面结构等因素,如某山区高速设计使用15年,施工期沉降速率阈值设为不超5毫米/天,保障路基沉降稳定。其次,结构安全标准是关键,路基沉降关系道路结构安全。再者,过往工程经验提供参考,分析已建山区高速高填方路基沉降监测数据与运营情况,总结不同条件下的沉降规律和合理阈值范围。最后,实时监测数据分析结果不可或缺,反映路基实际沉降动态,使阈值贴合工程实际。阈值需分阶段设定。施工期填土加载等作业频繁,沉降变化大,阈值相对宽松但要关注趋势,如某高速施工初期阈值设为8毫米/天,后收紧至5毫米/天。预压期促使路基沉降加速完成,阈值更严格,沉降速率控制在2毫米/天以内。运营期要求路基沉降基本稳定,阈值需满足长期安全运营要求^[3]。

不同部位的路基,其受力情况和沉降特性存在差异,阈值也应有所不同。路基中心部位受填土自重及车辆荷载影响较大,沉降相对明显,其累计沉降量阈值可能会比边缘部位稍高;而坡脚处关乎边坡稳定,坡脚位移的

阈值则需严格控制。以某山区高速公路为例,路基中心部位运营期累计沉降量阈值设定为35厘米,坡脚处则为25厘米。此外,基于长期监测数据进行阈值的动态调整十分必要。随着时间推移,地质条件可能发生变化,如受雨水长期冲刷导致地基土软化,或者交通流量超出预期等,都会影响路基沉降。通过持续分析监测数据,及时发现异常,对阈值进行修正,使预警机制始终保持有效性。某高速公路运营5年后,经数据分析发现原设定的沉降速率阈值已无法准确反映路基实际情况,遂根据新的数据特征将阈值进行了适当调整,从而更精准地实现沉降预警。

(三) 预警等级与响应流程

依据不同预警指标的阈值超越情况,合理划分预警等级,通常可分为黄色、橙色、红色三级。黄色预警表示路基沉降出现异常,但尚未达到严重影响安全的程度。例如,累计沉降量达到设计允许值的60%~80%,或沉降速率连续3天超过施工期阈值的50%~70%,此时启动黄色预警。

橙色预警意味着沉降问题较为严重,对路基安全构成较大威胁。当累计沉降量达到设计允许值的80%~95%,或沉降速率连续5天超过施工期阈值的70%~90%,进入橙色预警阶段。红色预警则表明路基沉降已严重超出安全范围,处于危险状态。如累计沉降量超过设计允许值的95%,或沉降速率连续7天超过施工期阈值的90%,立即触发红色预警。

各预警等级对应着明确的处理措施和响应流程。黄色预警发出后,监测人员需加密监测频率,如从每天一次增加到每天三次,密切关注沉降变化趋势;工程技术人员对路基进行初步排查,分析可能导致沉降异常的原因,如填土压实度不足、排水不畅等,并提交初步分析报告^[4]。

橙色预警启动时,项目负责人应组织专家团队对路基进行全面评估,制定详细的整改方案。例如,若判断是地基处理不当导致沉降异常,可能需采取加固地基的措施,如注浆加固等;同时,暂停相关区域的施工活动,避免进一步加重路基负担,并将情况及时上报上级主管部门。

红色预警触发后,立即启动应急预案。迅速疏散可能受影响区域的人员和设备,设置警示标志,禁止无关人员靠近;组织抢险队伍对路基进行紧急抢险加固,如堆载反压等;及时向社会发布相关信息,避免交通事故等次生灾害发生,并对事故原因展开深入调查,以便后

续采取针对性的长期治理措施。

明确信息传递路径和责任主体是保障预警机制有效运行的关键。监测人员发现沉降异常达到预警条件时,需立即向现场技术负责人报告,现场技术负责人核实后上报项目经理,同时通知工程技术部门和安全管理部门。各部门按照职责分工,迅速开展相应工作,确保预警信息能及时、准确传达,处理措施得以高效执行,从而最大程度保障山区高速公路高填方路基的安全稳定^[5]。

结语

综上所述,山区高速公路高填方路基沉降监测与预警对保障道路安全稳定运营至关重要。分析多种沉降监测技术可知,各有优劣,实际应用需综合选择。监测方案设计上,合理布设监测点、确定监测频率、规范采集处理数据是获取准确沉降信息的关键。构建完善预警机制,含精准指标体系、合理阈值设定及明确等级与响应流程,可在沉降异常时及时预警,为采取措施提供依据。未来,科技进步有望推动沉降监测技术发展完善。如传感器技术创新可使设备小型智能,降本提效;改进数据分析方法能高效处理数据、挖掘价值信息。预警机制需根据工程经验优化,提高及时性和准确性。加强不同监测技术融合应用也是重要方向,综合分析多技术数据,能更全面准确掌握沉降情况,保障道路长期安全。在山区高速建设运营中,持续关注路基沉降,改进监测预警工作,对保障生命财产安全、促进区域经济发展意义重大。

参考文献

- [1] 宋辰心.高速公路固化土加宽路基差异沉降试验分析[J].交通世界,2022,(36):74-76+83. DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2022.36.043.
- [2] 张素霞.高速公路路基拓宽变形规律及对路面结构影响分析[J].山东交通科技,2022,(06):120-123.
- [3] 郑磊.分台式高速公路路基沉降监测方法及效用分析[J].天津建设科技,2022,32(S1):1-4.
- [4] 杨锦凤,周浪峰.高速公路高填方路基沉降变形数值模拟分析及防治措施研究[J].黑龙江交通科技,2020,43(08):1-2+4. DOI: 10.16402/j.cnki.issn1008-3383.2020.08.001.
- [5] 刘建超.高速公路高填方路基沉降变形的预测分析[J].交通世界,2019,(24):60-61. DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2019.24.027.