

高速公路路基沉降原因及防治措施探讨

杜晓丹

河南交通投资集团有限公司洛阳分公司 河南 洛阳 471000

摘要: 高速公路路基沉降直接影响道路安全与寿命,其成因涵盖地质条件先天缺陷、设计方案疏漏、施工过程质量不足及后期养护管理缺失。本文通过系统分析指出,防治需贯穿工程全周期,前期强化地质勘查精准识别风险,中期优化材料选择与结构设计,施工期严格管控压实工艺与排水系统,后期通过动态监测与科学养护及时处理沉降隐患,最终实现路基稳定性提升与道路寿命延长。

关键词: 高速公路;路基沉降原因;防治措施

引言:高速公路作为交通网络核心载体,其路基沉降问题直接关系公众出行安全与道路运营效益。受土质类型差异、地下水位波动、施工工艺偏差及养护周期滞后等多因素影响,沉降易引发路面开裂、车辙变形等病害,加速结构损坏并增加维护成本。因此,系统分析沉降成因并构建全流程防治体系,对提升高速公路耐久性与安全性具有现实意义。

1 高速公路路基沉降的重要性

高速公路路基沉降问题直接影响道路使用安全与寿命,是工程领域需重点关注的技术难题。其重要性体现在沉降可能导致路面开裂、车辙变形,影响行车平稳性,甚至引发交通事故,威胁公众出行安全,同时加速道路结构损坏,增加后期维护成本,降低道路整体使用寿命。(1)地质条件差异是路基沉降的内在基础:不同区域土层特性差异显著,如软土地基含水量高、压缩性大,在自重和车辆荷载下易发生不均匀沉降;而砂质土层透水性强,易受地下水流动冲刷导致地基松动。施工前需通过地质勘察明确土层分布、地下水位及土壤力学特性,为设计提供科学依据,从源头降低沉降风险。(2)施工过程控制直接影响路基稳定性:填料选择需严格遵循工程标准,如粒径均匀、级配合理,避免使用膨胀土或腐殖土等易变形材料;压实工艺需确保分层填筑、分层碾压,每层压实度达到设计要求。若压实不足,土体内部孔隙未有效压缩,后期在车辆荷载作用下易产生二次沉降,影响道路平整度与安全性。(3)水文环境变化对路基稳定性影响深远:降雨渗入可能导致地基含水量增加,降低土体抗剪强度;地下水位上升会削弱路基承载力,引发局部塌陷^[1]。需设计完善的排水系统,包括边沟、截水沟及盲沟,及时排除地表水与地下水,减少水对路基的侵蚀作用。同时,通过定期监测路基沉降数据,建立预警机制,对异常沉降区域及时加固处理,保障道路长

期安全运行。

2 高速公路路基沉降主要原因

2.1 地质条件先天缺陷

高速公路路基沉降与地质条件先天缺陷密切相关,这类缺陷往往在施工前便已存在,对路基稳定性构成潜在威胁;地质条件差异直接影响路基承载能力,若未充分识别并处理,易引发后期沉降问题。(1)土质类型是关键影响因素:不同土质物理力学特性差异显著,如软土地基含水量高、压缩性强,在自重及车辆荷载作用下易产生不均匀沉降;而砂质土层虽透水性好,但颗粒间黏结力弱,易受地下水流动冲刷导致地基松动,降低承载力。(2)地下水位高低直接影响土体状态:高地下水位区域,土体长期处于饱和状态,抗剪强度降低,易发生塑性变形;地下水位波动还会导致土体反复干湿交替,加剧土体结构破坏,引发沉降风险。(3)地质构造复杂区域需重点关注:如断层破碎带、褶皱构造等地质构造异常区域,土体完整性差,易产生局部沉降或变形;同时,这些区域地下岩层分布不均,可能导致路基下伏岩层承载力差异,引发不均匀沉降,影响道路整体稳定性。综上,地质条件先天缺陷需通过详细地质勘察、针对性处理措施及科学设计加以应对,从源头降低沉降风险,保障高速公路长期安全运行。

2.2 路基设计方案疏漏

高速公路路基沉降问题中,设计方案的疏漏往往体现在对地质环境认知不足与结构参数设定偏差两方面。地质勘察阶段若未能精准识别土层特性,如软土层的压缩系数、湿陷性黄土的遇水软化特性,或未充分评估地下水位动态变化,会导致地基承载力计算失误,为后续沉降埋下隐患;例如,对膨胀土的胀缩特性忽视,可能使路基在季节性干湿循环中产生反复变形。结构设计参数的合理性同样关键,填料选择若未结合工程实际,如

采用易风化碎石或有机质含量过高的土体, 会因材料劣化导致压实度不均, 形成局部沉降区。边坡坡度设计若未考虑区域降雨强度, 过陡的坡面易在暴雨冲刷下失稳, 引发边坡滑移进而牵连路基下沉。排水系统布局的缺陷也不容忽视, 若路基排水设施如盲沟、渗井设置位置不当或管径过小, 无法有效疏导地表水与地下水, 会使路基长期处于水浸状态, 加速土体软化与沉降^[2]。因此, 设计阶段需强化多专业协同, 综合地质、水文、交通荷载等因素, 通过精细化参数设计与动态模拟验证, 从源头规避沉降风险, 保障路基长期稳定性与行车安全。

2.3 施工过程质量问题

施工过程质量问题是导致高速公路路基沉降的重要因素, 主要体现在以下几个方面。(1) 路基压实不足是常见问题: 在高填方路基工程中, 压实是关键环节。若压实不足, 填料颗粒间空隙过大, 会降低整体强度和稳定性, 在车辆荷载作用下容易产生沉降; 施工时若未严格控制填料的含水量、粒径分布和压实遍数等参数, 就难以达到设计要求的压实度。(2) 填筑工艺不规范易诱发沉降: 未执行分阶段、分区段流程, 易导致层间结合松散、密实度不均, 路基强度不达标。行车荷载下, 局部压实不足区域易发不均匀沉降, 引发路面纵向/横向裂缝; 沉降持续可能致边坡土体失稳, 出现滑移塌陷, 威胁道路结构及行车安全。(3) 排水系统施工质量不佳同样影响路基稳定: 良好的排水系统能有效排除地表水和地下水, 降低土体的含水量, 减少沉降发生的可能性, 但施工中常因成本、时间等因素, 排水设施未得到充分重视。比如排水孔、盲沟和渗沟等设施设置不合理, 无法有效降低地下水位; 边坡排水系统不完善, 不能阻止地下水径流, 导致地下水流汇集到高速公路, 对路基产生破坏, 最终引发沉降。

2.4 后期养护管理不足

高速公路路基沉降问题中, 后期养护管理的缺失是重要诱因; 养护不及时会使路基隐患逐步累积, 例如排水设施淤塞后未及时疏通, 会导致雨水长期滞留渗透, 软化路基土体, 降低其承载力, 最终引发不均匀沉降。若养护周期过长, 路基在车辆荷载与自然因素双重作用下, 小范围裂缝可能扩展为结构性破坏, 加剧沉降风险。养护措施不当同样会加剧沉降, 如采用不合适填料进行局部修补, 或未根据土质特性选择稳定剂, 可能导致新旧材料结合部强度差异, 形成沉降薄弱点; 在湿陷性黄土区域, 若未采用石灰土、水泥土等稳定材料加固, 反而使用普通黏土回填, 会因遇水软化引发二次沉降。监测体系的缺失则使沉降问题难以早期发现, 缺乏定期沉

降观测或监测设备精度不足, 无法及时捕捉路基微小变形, 错过最佳处置时机; 养护管理缺乏动态调整机制, 如未根据季节变化调整排水系统维护频率, 或未在雨季前加强边坡防护, 会使路基长期处于高风险状态^[3]。因此, 需建立科学养护体系, 通过定期巡查、精准监测与动态维护, 从后期管理环节减少沉降发生, 保障高速公路安全畅通。

3 高速公路路基沉降防治关键措施

3.1 前期地质勘查强化措施

前期地质勘查是预防路基沉降的核心环节, 需通过系统性手段精准识别地质风险, 为工程提供科学支撑, 从源头保障路基稳定性。(1) 开展多维度地质调查: 采用钻孔取样、标准贯入试验等方法, 全面获取土层厚度、地下水位、土质类型等基础数据; 重点分析软土、砂土等特殊土层的物理特性, 如含水量、压缩模量、渗透系数, 明确其工程性质及潜在沉降风险, 为后续设计提供针对性依据。(2) 引入先进探测技术提升精度: 运用地质雷达、三维地震成像等技术, 对地下隐伏构造如断层、溶洞等进行无损探测, 快速掌握隐蔽地质信息; 结合室内土工试验, 测定土体抗剪强度、承载力等力学指标, 确保勘查数据真实反映地质条件, 避免因信息缺失导致设计误判。(3) 建立动态监测与反馈体系: 在勘查过程中, 对地下水位、土体应力等关键参数进行实时监测, 记录数据变化规律; 通过数据分析预测路基沉降趋势, 及时调整勘查方案或设计参数。将监测结果与设计、施工环节联动, 形成动态反馈机制, 确保勘查成果有效指导工程实践, 降低后期沉降风险, 延长高速公路使用寿命。

3.2 路基设计优化改进措施

高速公路路基设计优化是预防沉降的关键技术路径, 需结合工程实际需求与地质特性, 通过科学设计提升路基整体稳定性, 降低后期沉降风险。(1) 材料选择与级配优化: 路基填料需优先选用强度高、压缩性低的材料, 如碎石、砂砾等, 避免使用膨胀土或高塑性黏土; 通过颗粒级配分析, 优化填料粒径分布, 确保填料在压实后形成紧密结构, 提高抗剪强度与承载能力, 减少自重荷载引起的沉降。(2) 结构设计创新: 采用分层填筑工艺, 每层厚度控制在合理范围内, 确保压实度均匀; 在软土地基区域, 可考虑采用加筋土结构或轻质填料, 如泡沫混凝土, 减轻路基自重, 降低对地基的压力。同时, 通过设置过渡层或缓冲层, 减少不同土层间的应力集中, 避免不均匀沉降。(3) 排水系统科学设计: 路基排水需兼顾地表与地下排水需求, 通过设置边沟、截水沟及盲

沟,快速排除降水与地下水,防止水分渗透导致土体软化。排水系统布局需与地形、地质条件相适应,确保排水路径畅通,减少水对路基的侵蚀作用,维持土体稳定状态^[4]。通过材料、结构与排水设计的综合优化,路基设计可有效提升抗沉降能力,延长高速公路使用寿命,保障行车安全与舒适性。设计过程需紧密结合前期地质勘查数据,确保方案针对性与可行性。

3.3 施工过程质量管控措施

施工过程的质量管控需构建全流程精细化管理体系,以材料、工艺、监测三维度协同发力。材料控制需从源头把关,填料需经实验室检测,确保粒径分布、含水量、有机质含量等指标符合设计标准;例如,碎石填料需控制最大粒径不超过压实层厚的2/3,避免粗颗粒集中导致压实不均;黏性土需检测塑性指数,防止因含水量波动引发体积变化,影响路基稳定性。工艺执行需严格遵循规范流程,分层填筑时,每层厚度需均匀控制,避免超厚填筑导致压实度不足;压实设备选择需匹配土质特性,如砂性土宜用振动压路机增强密实度,黏性土则需静压压路机减少土体扰动。施工节奏需适应环境变化,雨季需调整作业时间,避免雨水渗透影响压实效果;冬季则需采取保温措施,防止土体冻结影响强度。质量监测需贯穿施工全程,通过现场取样、无损检测等技术手段,实时监测压实度、含水量、沉降速率等关键指标;动态监测体系需与施工进度同步,通过沉降观测点、应力传感器等设备,及时发现潜在隐患并调整施工参数。这种全流程管控模式能从根本上提升路基施工质量,有效降低沉降风险,保障高速公路长期安全运营。

3.4 后期沉降监测养护措施

后期沉降监测养护是保障高速公路长期稳定运行的重要环节,需通过系统性手段动态掌握路基状态,及时发现并处理潜在沉降风险。(1)构建多维度监测网络:采用沉降板、分层沉降仪等设备,对路基顶面及深层土体进行定期监测,实时获取沉降数据。结合自动化监测系统,实现数据远程传输与智能分析,提高监测效率与精度,确

保第一时间发现异常沉降趋势。(2)制定科学养护策略:根据监测数据,对路基状态进行动态评估,划分养护等级。针对轻微沉降区域,可采用注浆加固、土体改良等技术,提升路基承载力;对于严重沉降区域,需及时采取限载、限速等交通管制措施,防止病害进一步恶化,保障行车安全。(3)强化养护过程管理:养护作业需遵循规范流程,确保施工质量控制到位,例如,注浆材料需严格筛选,确保其强度与耐久性;施工机械需定期维护,保证作业精度^[5]。同时,建立养护档案,记录每次养护的时间、方法、效果等信息,为后续养护工作提供参考依据,形成养护闭环管理。通过监测、养护、管理的综合实施,后期沉降监测养护措施可有效延长高速公路使用寿命,降低维护成本,保障道路安全畅通,实现工程效益与社会效益的双重提升。

结束语:未来,随着技术革新与管理模式迭代,路基沉降防治将迈向精准化与智慧化新阶段。智能传感器实时监测、大数据分析预警、无人机巡检等技术的应用,将实现沉降风险的动态感知与主动防控。结合全生命周期管理理念,从设计、施工到养护各环节形成闭环控制,不仅提升路基抗变形能力,更推动交通基础设施向绿色、智能、可持续方向发展,为区域经济协同发展注入强劲动能。

参考文献:

- [1]何昌轩,陆阳,黄晚清.高速公路路基沉降分析及控制措施探讨[J].路基工程,2008(1):103-104.
- [2]袁野.高速公路路基沉降影响因素及应对措施[J].工程建设与设计,2024(16):200-202.
- [3]李彬.高速公路路基下沉的主要原因及防治措施[J].科技情报开发与经济,2005,15(10):284-285.
- [4]李晓新.浅谈高速公路路基下沉的主要原因及防治措施[J].轻工设计,2011(6):119-119.
- [5]张健.高速公路路基沉降的因素与防治措施研究[J].建材与装饰,2020(17):272-273.