

高速公路路基沉降问题的原因分析与解决方案

段志国 王晓亮 程存江

段志国, 身份证号码: 2202811977****0531

王晓亮, 身份证号码: 2201221992****5950

程存江, 身份证号码: 2202821981****4118

摘要: 本文聚焦高速公路路基沉降问题, 深入剖析其成因并提出针对性解决方案。通过分析地质条件、施工工艺与设计方案的对比, 揭示沉降关键因素: 软土、膨胀土等不良地基易引发不均匀沉降; 施工中压实度不足、填料含水量控制不当、分层填筑不规范等问题加剧变形; 设计阶段对荷载预测偏差、排水系统不完善亦影响长期稳定性。此外, 后期养护缺失与超载车辆频繁通行进一步加速沉降发展。为此, 应采取强夯、CFG 桩等地基加固技术, 优化填筑工艺与材料控制, 完善排水与结构设计, 并建立动态监测系统, 实现全过程管控。通过综合治理, 提升路基承载力与耐久性, 有效遏制沉降风险, 保障高速公路运营安全与使用寿命。

关键词: 高速公路; 路基沉降; 原因分析; 解决方案; 稳定性

Analysis and Solutions to the Settlement of Highway Roadbeds

Duan Zhiguo, Wang Xiaoliang, Cheng Cunjiang

Duan Zhiguo, ID number: 2202811977 * * * * 0531

Wang Xiaoliang, ID number: 2201221992 * * * * 5950

Cheng Cunjiang, ID number: 2202821981 * * * * 4118

Abstract: This article focuses on the problem of highway subgrade settlement, deeply analyzes its causes, and proposes targeted solutions. By analyzing geological conditions, construction techniques, and design plans, key factors of settlement are revealed: poor foundations such as soft soil and expansive soil can easily cause uneven settlement; Insufficient compaction during construction, improper control of moisture content in filling materials, and non-standard layered filling exacerbate deformation; Deviation in load prediction and incomplete drainage system during the design phase also affect long-term stability. In addition, the lack of maintenance in the later stage and frequent passage of overloaded vehicles further accelerate the development of settlement. To this end, foundation reinforcement techniques such as dynamic compaction and CFG piles should be adopted, filling processes and material control should be optimized, drainage and structural design should be improved, and a dynamic monitoring system should be established to achieve full process control. Through comprehensive management, the bearing capacity and durability of the roadbed are improved, the risk of settlement is effectively contained, and the operation safety and service life of the expressway are guaranteed.

Keywords: Expressway; Roadbed settlement; Cause analysis; Solution; Stability

0 引言

高速公路作为现代交通网络的重要组成部分, 对经济发展和交流起着至关重要的作用。然而, 路基沉降问题却一直困扰着高速公路的建设和运营。路基沉降不仅会影响高速公路的平整度和行车舒适性, 还可能引发路面开裂、结构损坏等严重问题, 威胁行车安全。沉降主要由地质条件不良、填土压实不足、地下水变化、软土地基处理不当以及长期交通荷载累积等因素引起, 尤其在软土、湿陷性黄土和膨胀土等特殊地质区域更为突出。近年来, 随

着高速公路向复杂地形和恶劣地质环境延伸, 路基沉降问题愈发凸显, 给工程建设者和管理者带来了巨大挑战。部分路段在通车后短时间内即出现明显不均匀沉降, 不仅增加养护成本, 也影响公众出行体验。因此, 深入分析高速公路路基沉降问题的原因, 并寻求有效的解决方案, 如加强地质勘察、优化路基设计、采用先进加固技术(如 CFG 桩、土工格栅)、实施动态监测与信息化管理, 对于保障高速公路的正常使用和延长其使用寿命具有重要的现实意义。

1 高速公路路基沉降问题的原因分析

1.1 地质条件因素

地质条件是影响高速公路路基沉降的重要自然因素。在沿海、河谷及湖泊沉积区域,广泛分布着软土地基,其含水量高、孔隙比大、抗剪强度低、压缩性强,承载能力较差。当在软土地基上修建高速公路时,路基在自身重力和长期车辆荷载作用下,软土层会发生持续的压缩和剪切变形,导致显著的工后沉降甚至不均匀沉降。地下水位的频繁波动进一步加剧沉降风险:水位上升会软化土体,降低有效应力,削弱地基稳定性;水位下降则可能加速土层排水固结,引发附加沉降。此外,区域地质构造活动如地震震动可导致砂土液化或软土触变,地壳缓慢升降亦会形成差异沉降。断层带附近或岩土交界处更易出现局部沉降突变,严重威胁路面平整性与结构安全。因此,在勘察阶段必须充分评估地质条件,采取地基加固、排水控制等综合措施,以有效防控路基沉降。

1.2 施工工艺因素

施工工艺的不合理也是导致路基沉降的常见原因。在路基填筑过程中,如果压实度不足,路基土的密实度不够,就会在后期受到荷载作用时产生较大的压缩变形。例如,压实设备的选择不当、压实遍数不足等都可能致压实度不达标。另外,施工过程中的分层填筑厚度过大,也会影响压实效果,使得路基内部存在较多的空隙,增加了沉降的可能性。而且,在路基处理过程中,如果对特殊地基处理不当,如换填材料质量不符合要求、水泥搅拌桩施工质量不佳等,也会导致路基沉降。

1.3 设计方案因素

设计方案的不合理同样会引发路基沉降问题。在设计阶段,若忽视地质勘察的深度与精度,未能准确识别软土层、溶洞或地下水分布等不良地质条件,极易导致设计参数失真。例如,在软土地基上设计过高的路基,超出地基承载极限,将引发显著沉降甚至失稳。排水系统设计缺陷,如边沟布局不合理、盲沟设置不足,会使地表水和地下水积聚,长期浸泡路基土体,造成土体软化、强度衰减。此外,对交通流量和重载车辆增长趋势预估不足,导致结构层厚度和压实标准偏低,使路基在长期动荷载作用下产生累积塑性变形。因此,科学勘察、合理选型与动态荷载考量是避免设计性沉降的关键。

2 高速公路路基沉降问题的危害

2.1 对路面结构的危害

路基沉降会直接影响路面结构的稳定性,尤其在软土

地基或填挖交界处,不均匀沉降更为显著(见图1)。当路基发生不均匀沉降时,路面会出现开裂、坑洼、错台等病害。裂缝的产生不仅削弱了路面的整体强度,还为雨水、融雪水等提供了渗透通道,水分渗入后软化基层和底基层材料,引发唧浆、翻浆等问题,进一步加速结构层的破坏,显著降低路面的承载能力和耐久性。随着时间的推移,裂缝在车辆荷载反复作用下不断扩展、连通,形成网裂或龟裂,导致路面结构的整体性遭到破坏,维修难度加大,严重影响使用寿命。同时,路面出现的坑洼和不平整会使车辆行驶时产生剧烈颠簸,不仅降低行车舒适性与安全性,还加剧轮胎、悬挂系统等部件的磨损,增加燃油消耗,影响交通效率。因此,控制路基沉降是保障道路长期性能的关键环节。

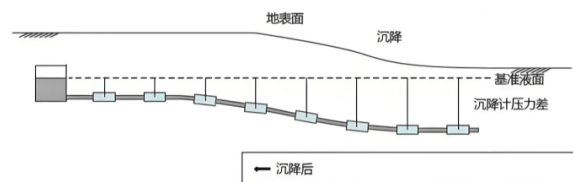


图1 路面沉降

2.2 对行车安全的危害

路基沉降导致的路面不平整会对行车安全构成严重威胁。车辆在不平整的路面上行驶时,轮胎与路面的接触状态不稳定,抓地力下降,导致制动距离显著延长,制动效果大打折扣。特别是在高速行驶时,路面的微小起伏都可能引发车辆方向偏移或侧滑,极易造成失控,酿成追尾、侧翻等严重交通事故。此外,长期积水的坑洼易诱发水滑现象,进一步削弱操控性能。路面的裂缝和坑洼在车辆反复碾压下不断扩展,不仅加速道路损坏,还可能划破轮胎或导致爆胎,极大增加行车风险。更为严重的是,不均匀沉降常使桥梁与路基衔接处形成明显错台,车辆高速通过时会产生剧烈颠簸,轻则影响乘坐舒适性,重则造成悬挂系统损坏,甚至引发驾驶员短暂失控,对驾乘人员的人身安全构成直接威胁。

2.3 对周边环境的危害

高速公路路基沉降还会对周边环境产生显著影响。沉降可能改变地下水流动路径,导致局部地下水位下降或积水,进而影响农田灌溉效率与排水系统正常运行。路面因沉降出现裂缝、坑槽等病害,加剧车辆行驶时的颠簸,产生更多噪音和扬尘,严重影响沿线居民的生活质量。此外,频繁的维修施工不仅需要临时封闭车道,还可能占用周边土地,破坏植被和土壤结构,干扰野生动物栖息环境,进

一步加剧生态退化。长期反复修复还带来大量建筑废料和能源消耗,增加碳排放,对区域环境形成复合型压力。

3 高速公路路基沉降问题的解决方案

3.1 地基处理方案

针对不同的地质条件,应采取相应的地基处理措施。对于软土地基,可采用换填法,将软土挖除并换填砂、碎石等高强度、低压缩性材料,有效提升地基承载力。深层搅拌法如水泥搅拌桩、旋喷桩,通过注入水泥等固化剂并与软土充分混合,形成稳固桩体,增强地基整体强度与抗变形能力。排水固结法则适用于饱和软土,通过设置砂井、塑料排水板配合堆载预压,加速孔隙水排出,促进土体固结,显著减少工后沉降。此外,还可结合强夯法、CFG 桩或桩网复合地基等技术,根据工程荷载与沉降控制要求进行优化设计,确保地基稳定与结构安全。

3.2 施工工艺优化方案

在施工过程中,应严格控制施工工艺,确保路基的施工质量。要合理选择压实设备,根据路基土的性质、含水量及填筑厚度,科学选用振动压路机、静压压路机或夯实设备,并优化压实遍数、碾压速度等参数,确保达到最佳密实度。要严格控制分层填筑厚度,一般每层填筑厚度不宜超过 30cm,且应均匀摊铺、平整碾压,避免出现夹层或薄弱区域,以保证整体压实效果。在路基处理过程中,要加强对换填材料质量的检验,严禁使用腐殖土、冻土或杂质土,确保换填深度和范围符合设计要求;对软基、湿陷性黄土等特殊地基,须严格按照专项方案实施加固处理。同时,应加强施工全过程的质量检测,采用环刀法、灌砂法或核子密度仪等手段实时监控压实度、含水率等关键指标,及时发现并整改问题,杜绝质量隐患,有效预防路基不均匀沉降,保障道路结构长期稳定与安全运营。

3.3 监测与维护方案

为了及时掌握路基沉降情况,应建立完善的监测系统,布设多层次、多点位的监测断面,覆盖关键路段和地质薄弱区域。在路基施工和运营过程中,采用水准仪、全站仪、静力水准系统及 GNSS 等先进监测仪器,实施自动化与人工监测相结合的模式,定期采集沉降数据。通过对监测数据的动态分析与趋势预测,及时发现异常沉降并预警,迅速采取注浆加固、桩基托换等针对性措施。要加强对高速公路的日常维护工作,及时修复路面的裂缝、车辙和坑洼等病害,防止水分下渗引发路基软化。定期对路基边沟、渗沟、排水管等排水系统进行检查和清理,确保排水畅通,避免积水浸泡导致承载力下降。同时,结合监测

结果和长期性能评估,对存在沉降风险的路段实施结构性加固,如加设土工格栅、复合地基处理等,全面提升路基的整体强度与耐久性,确保其长期稳定与行车安全。

4 结语

高速公路路基沉降问题是一个复杂的工程问题,涉及地质条件、施工工艺、设计方案、材料性能及外部荷载等多方面因素。在软土、膨胀土或填挖交界等不良地质区域,地基承载力不足极易引发不均匀沉降,进而导致路面开裂、桥头跳车等病害。路基沉降不仅会破坏路面结构完整性,降低行车舒适性与安全性,还可能影响排水系统,引发积水、滑坡等次生灾害,严重威胁周边生态环境与居民生活。因此,必须高度重视高速公路路基沉降问题,深入分析其成因,包括填料压实不足、排水不畅、工后固结变形及超载运输等关键因素,并采取科学有效的解决方案。通过采用强夯、CFG 桩、塑料排水板等先进地基处理技术,优化分层填筑与碾压工艺,严格控制施工质量,可显著提升路基的密实度与整体稳定性。

同时,应建立完善的沉降监测系统,利用自动化传感器与信息化平台实现动态预警,为后期养护提供数据支持。在今后的高速公路建设和运营过程中,还应不断加强对路基沉降问题的研究和探索,结合大数据与人工智能技术,推动设计与施工的智能化、精细化发展,积累实践经验,完善相关技术标准与规范体系,为我国高速公路事业的可持续发展提供有力保障。在实际工程中,要因因地制宜,综合运用多种技术手段,确保路基长期稳定,为公众提供更加安全、平稳、舒适的出行环境。

参考文献:

- [1] 朱建国. 高速公路路基滑移问题分析与综合处治方案[J]. 建筑技术开发, 2024,51(10):116-118.
- [2] 张枫. 高速公路路基、桥梁与隧道的衔接方案分析[J]. 运输经理世界, 2021,(06):101-102.
- [3] 翟伟. 影响高速公路路基沉降的因素与防治措施分析[J]. 运输经理世界, 2020,(17):9-10.
- [4] 王永忠. 注浆加固施工技术在高速公路路基沉降工程中的应用[J]. 交通世界(中旬刊), 2020,(10).
- [5] 侯满忠. 高速公路路基差异沉降处理技术探究[J]. 中国公路, 2020,(22):114-115.
- [6] 刘志辉. 高速公路路基沉降处理中的注浆加固技术[J]. 交通世界(下旬刊), 2021,(11).
- [7] 李长城, 王二强, 刘云浩. 高速公路扩建工程新旧路基差异沉降处理技术研究[J]. 黑龙江交通科技, 2022,(2).

DOI:10.3969/j.issn.1008-3383.2015.02.007.

作者简介：段志国（1977.09-）男，汉族，本科，高

级工程师，研究方向：道路工程设计方面的研究工作。

[8] 贾坚华.高速公路路基沉降注浆加固处理研究[J].

黑龙江交通科技, 2019,(10).DOI:10.3969/j.issn.1008-3383.

2015.10.016 .