

Research on Causes and Application of New Treatment Technologies for Bridgehead Jumps in Highway Pavements

Zhonghong Lei

Qingshen County Highway Maintenance Service Station, Meishan, Sichuan, 620460, China

Abstract

With the continuous improvement of China's highway network, bridgehead jumps have become increasingly prominent, severely affecting bridge service performance and traffic safety. This phenomenon intensifies vehicle impacts, damages road surfaces, and may lead to damage to bridge ancillary facilities. This paper examines the manifestations and hazards of bridgehead jumps, conducting an in-depth analysis of key causes including uneven foundation settlement, insufficient soil compaction, improper structural connection design, and vehicle load impacts. Addressing the limitations of traditional remediation methods, this study focuses on new treatment technologies such as foundation reinforcement, composite material filling, structural optimization, and intelligent monitoring. Case studies from engineering projects summarize the application outcomes. Finally, a systematic strategy combining "prevention-oriented engineering and intelligent governance" is proposed, providing theoretical and technical references for efficient management of bridgehead jump defects.

Keywords

Highway bridges; Bridgehead jumps; Causes of defects; New treatment technologies; Foundation reinforcement; Intelligent monitoring; Structural optimization

公路桥梁桥头跳车病害成因与新型处治技术的应用研究

雷子红

青神县公路养护服务站, 中国·四川眉山 620460

摘要

随着我国公路网络的不断完善, 桥头跳车病害日益突出, 严重影响桥梁服务性能和行车安全。跳车现象导致车辆冲击加剧、路面损坏, 并可能引发桥梁附属设施受损。本文梳理了桥头跳车的表现及危害, 深入分析地基不均匀沉降、填土压实度不足、结构连接设计不合理和车辆荷载冲击等主要成因。针对传统治理手段的不足, 重点探讨了地基加固、复合材料填充、结构优化与智能监测等新型处治技术, 并结合工程案例总结了应用成效。最后, 提出“工程预防为主、智能治理结合”的系统对策, 为桥头跳车病害的高效治理提供理论与技术参考。

关键词

公路桥梁; 桥头跳车; 病害成因; 新型处治技术; 地基加固; 智能监测; 结构优化

1 引言

桥头跳车是我国公路桥梁运营养护过程中普遍存在的一类典型病害。所谓跳车, 是指车辆通过桥头与路基衔接处时, 因结构不连续、沉降差异、连接失效等因素导致车辆产生明显上下跳动的现象。该病害不仅影响车辆的行驶平顺性和驾驶舒适性, 更加重了桥梁结构和路面附属设施的损坏速度, 成为制约公路桥梁服务质量和安全性能的重要因素。

跳车病害表现形式多样, 既有桥头路基突然下沉、台背路面出现凹陷的宏观现象, 也有台背填土空洞、伸缩缝错台、台背结构断裂等微观病变。其成因极为复杂, 既有地基

基础承载力不足、路基压实不良、桥台设计不当等工程内因, 也有车辆重载冲击、交通量增长、自然环境变化等外部因素的共同作用。长期以来, 传统处治措施多以填充抬高、沥青补强等“被动修补”为主, 难以根治病害。随着道路交通荷载和服务标准的提高, 亟须系统性的新型处治技术和综合治理方案。本文聚焦于桥头跳车的成因剖析与新型处治技术应用, 系统总结了国内外相关研究成果, 结合典型工程案例, 提出针对性的技术创新路径和管理对策, 为提升我国公路桥梁的结构耐久性和行车舒适性提供理论参考和实践支撑。

2 桥头跳车病害的表现与危害

2.1 桥头跳车病害的典型表现

桥头跳车病害的表现具有明显的阶段性和区域性特征。初期主要表现为桥台与路基连接处出现微小的高差, 随运营

【作者简介】雷子红(1969-), 男, 中国四川眉山人, 本科, 工程师, 从事公路桥梁研究。

时间增长,桥头部位会出现明显沉降凹陷,车辆驶过时产生“跳动”感,严重时伴随振动、撞击、噪声增大等现象。部分桥梁台背路面可见局部开裂、龟裂和坑槽,伸缩缝附近出现错台、松动等结构损伤。

在部分地区,桥头跳车还表现为桥台与接线段横向开裂、下沉,甚至导致桥台背墙开裂、路面层与桥台脱空。极端情况下,桥头跳车会引发桥台倾斜、桥梁伸缩缝变形失效,危及桥梁结构的整体稳定性与安全性。病害的发展具有阶段性,从初期轻微不适感到后期严重安全隐患,需引起道路管理部门与工程技术人员的高度重视^[1]。

2.2 桥头跳车对桥梁和道路安全的危害

桥头跳车直接影响行车安全与道路服务质量。车辆通过病害桥头时,车身剧烈跳动,驾驶员控制难度增加,易诱发交通事故。频繁的冲击作用下,桥梁结构的连接部位、伸缩缝、台背混凝土及填土层易出现早期疲劳破坏,延长维护周期和修复成本。同时,跳车引起的冲击力作用于桥台及路面结构,造成结构局部应力集中,加快材料老化与结构失稳过程。对于重载运输路段和高速公路,跳车病害尤为突出,影响范围广、危害程度高。长期未加治理,将极大缩短桥梁的服务寿命,增加交通安全隐患,影响道路运输系统的稳定运行。此外,桥头跳车带来的不舒适行驶体验,也影响了道路服务形象与公众满意度,成为道路交通现代化管理亟待解决的突出问题。

2.3 桥头跳车的形成机制分析

桥头跳车的形成机制极其复杂,是多种因素长期耦合作用的结果。地基基础的不均匀沉降、台背填土压实度不足、桥台结构刚度突变、路基与桥台连接不良等均是关键诱因。

在桥台与路基连接部位,由于结构性质和施工工艺的差异,沉降速率不同,导致连接处产生高差和错台现象。车辆频繁碾压进一步加剧了沉降和凹陷,形成恶性循环。桥台结构设计不合理、伸缩缝设置不当、台背回填材料选择不当,也易导致桥头部位的应力集中和材料松散。气候因素如季节性冻融、降雨冲刷等,对地基和台背土体的稳定性产生影响,加速病害发展。桥头跳车作为桥梁结构、地基路基、交通荷载和环境变化多因素作用的结果,治理难度大、技术复杂。

3 桥头跳车病害的主要成因分析

3.1 地基与基础沉降不均

桥头跳车的根本原因之一是地基和基础的沉降不均。桥台与路基部分的地基结构、承载力、压实标准及施工工艺往往存在差异,导致承载变形不一致。

实际工程中,桥台基础一般为桩基或扩大基础,承载能力强、变形小,而路基则为普通填土结构,受压后易产生下沉。随着车辆荷载作用的累积,路基沉降速度大于桥台,桥头部位逐步形成高差。此外,部分地基处于软土、湿陷性黄土等特殊地质环境,土体压缩变形大、固结时间长,加剧

了台背区域的不均匀沉降。地基处理不到位、基础形式选型不当、地质勘察不足等问题,均会增加沉降差异的风险,成为跳车病害的重要诱因^[2]。

3.2 台背填土压实度与材料特性

台背填土是桥头跳车的高发区域,填土压实度不足、回填材料选择不合理是导致台背沉降和病害扩展的直接因素。施工过程中,台背区域受桥台、基础和施工空间的限制,常导致压实机械无法充分作业,压实度远低于设计要求。

部分工程为节省成本,采用劣质土体、杂填土或未经过筛选的松散材料,导致填土区孔隙率大、渗水性强,易产生塌陷和空洞。台背土体吸水膨胀、失水收缩,以及交通荷载长期作用下的结构松散,均会导致台背沉降不断加剧,最终表现为桥头路面下沉、跳车现象明显。因此,台背填土的质量控制和材料选择是预防和治理桥头跳车的关键环节。

3.3 结构连接设计与伸缩缝施工问题

桥梁台背结构与路基、路面层的连接设计不合理,伸缩缝施工质量不过关,也是跳车病害的常见成因。在实际施工中,部分工程未能有效处理桥台、路基、路面三者之间的刚度过渡和变形协调,导致连接部位刚度突变,应力集中。伸缩缝设置不当或施工质量差,造成缝隙宽度、平整度和防水性能难以保证,长期车辆碾压易出现错台、开裂、渗水等问题,进一步损坏台背结构。部分桥梁未设置防沉降结构或减震过渡层,导致桥台后部变形集中、沉降迅速。桥台背墙与路面层结合部位的抗剪、抗拔性能不足,也会加快跳车病害的发展。结构连接与伸缩缝问题是影响桥头跳车病害长期演化与反复发生的重要技术瓶颈。

4 桥头跳车的新型处治技术研究

4.1 地基加固与改良技术

针对地基沉降和台背松散等问题,地基加固技术已成为桥头跳车治理的核心手段之一。常用加固方法包括强夯法、深层搅拌法、注浆加固、CFG桩复合地基、粉喷桩加固等。

强夯法通过高能量冲击提高地基密实度,适用于砂土、碎石土等类型;深层搅拌法和注浆加固主要针对软土、淤泥质地基,通过机械搅拌或注入水泥浆、化学浆液,提高土体强度和稳定性。CFG桩、粉喷桩等复合地基技术则通过设置桩体和加固层,协同承载上部结构荷载,减少沉降差异。近年来,生物固化、纳米材料固结等新型地基改良技术也在部分地区开展试点应用,展现出良好的发展前景。科学选用地基加固技术,是提高桥头结构整体稳定性和抑制跳车病害的基础保障^[3]。

4.2 复合材料填充与结构补强技术

在台背填土及路面结构治理中,复合材料的应用极大提升了处治效果。高性能聚合物注浆、泡沫混凝土、轻质土材料等复合填充材料,具有自流平、快速固结、高承载、耐久性好等优点,可有效填充台背空洞、加固松散土体,减少

后期沉降。针对结构连接部位的补强,碳纤维布、钢板加固、玻纤网格复合等新材料补强技术逐渐应用。聚合物砂浆灌浆修复可快速恢复路面平整度与强度,抑制裂缝扩展。

同时,采用“桥台—台背—路面”一体化加固和柔性连接技术,优化刚度过渡,减缓应力集中,提升结构协调变形能力。复合材料的创新应用为跳车病害治理提供了高效、安全的技术路径。

4.3 智能监测与自动化维护技术

信息化与智能监测技术的快速发展为桥头跳车病害的早期预警与精准处治提供了强大支撑。通过布设应变、位移、沉降等多种传感器,实时采集结构健康数据,实现桥台台背及路面状态的全过程动态监控。

结合大数据分析 with 人工智能算法,对桥头跳车发展趋势、影响因子及处治效果进行智能研判,提升运维决策科学性。部分新建桥梁已采用物联网+云平台一体化管理,建立了“数据—诊断—处治—评估”闭环机制。自动化注浆、填充机器人等装备的应用,实现了复杂部位的高效修复与维护。智能监测和自动化维护将成为未来桥头跳车治理的重要发展方向。

5 新型处治技术的工程应用与管理对策

5.1 典型工程案例分析

以某高速公路跨线桥为例,服役数年后桥头部位出现明显沉降和跳车现象。项目组对台背地基进行CFG桩加固,配合高性能聚合物注浆修复空洞,并同步实施台背柔性连接补强。治理过程中,采用多点沉降监测系统实时跟踪结构状态,动态调整注浆量与加固参数。

修复完成后,桥头高差显著降低,路面平顺性恢复,后期病害复发率大幅下降。该案例表明,复合地基+智能监测+新型材料联合应用,可有效解决传统处治手段难以根治的跳车难题。其他地区类似案例还包括高填方桥台深层搅拌桩联合灌浆加固、泡沫混凝土快速回填、碳纤维网格结构补强等多种组合技术的集成应用,取得了良好的实际效果。

5.2 维护管理与预防性措施

跳车病害治理不应局限于修复技术本身,更需完善的全寿命周期维护管理。运营单位应建立桥头结构健康监测与养护平台,定期开展巡检、沉降监测与路面平整度测试,实现病害的早期发现与动态干预。

在桥梁设计与施工阶段,要高度重视台背地基处理与填土压实,优化结构连接设计,科学设置伸缩缝与防沉降设

施,采用高性能材料和规范工艺。服役期内,根据地基环境、交通荷载等因素,制定有针对性地养护计划,合理安排检测频次和技术路线。通过信息化、智能化管理手段,提升桥梁病害治理的科学化与高效化水平,实现结构安全与服务品质的双重提升^[4]。

5.3 技术创新与未来发展方向

随着公路交通与工程科技的不断进步,桥头跳车治理技术正向多元集成、智能化和绿色低碳方向发展。新型复合材料、高性能固化剂、自愈合材料等将进一步提升病害处治的持久性和经济性。

基于大数据和物联网的桥头健康监测平台,可实现对病害发展趋势的实时预警与动态调控,为个性化治理方案提供数据支持。

在管理层面,行业标准和技术规范需不断完善,推广“工程预防为主、智能治理结合”的理念,加强专业人才培养与经验总结。通过产学研协同创新,推动技术升级与模式创新,为我国公路桥梁安全、绿色、可持续发展提供坚实保障^[5]。

6 结语

公路桥梁桥头跳车病害作为影响道路安全与结构耐久性的重点难题,具有成因复杂、危害广泛、治理难度大的特点。文章从病害表现与危害、成因剖析、新型处治技术到工程实践与管理对策,系统梳理并总结了跳车病害全链条治理思路。

治理跳车病害,既要依托高效可靠的地基加固与复合材料应用,也需智能监测和自动化维护等新兴技术手段的集成支持。各环节需强化工程标准、优化工艺流程、完善维护管理,实现从“被动修补”到“主动预防”的管理转型。面向未来,智能化、绿色化和多元集成将成为桥头跳车治理技术的发展方向。相关单位和技术人员应持续推进技术创新和管理升级,不断提升病害治理效率和道路服务质量,为我国交通基础设施的安全稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1] 张丽君.基于高聚物压浆法高速公路桥梁桥头跳车处治[J].山西交通科技,2022,(04):85-87.
- [2] 郭飞.公路桥头沉降控制技术研究与分析[J].居舍,2018,(22):52.
- [3] 丁志清.公路桥头及桥梁伸缩缝处跳车原因及防治措施[J].科技资讯,2010,(35):86.
- [4] 郭飞.公路桥头沉降控制技术研究与分析[J].居舍,2018,(22):52.
- [5] 梁广豪.高速公路桥头跳车及桥梁养护[J].山西建筑,2017,43(16):188-189.