

道路桥梁沉降段路基路面施工技术探析

武玉凤

中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着城市化进程的加速推进,道路桥梁工程差异沉降问题已成为制约工程耐久性与安全性的关键瓶颈。尤其在软土地基及复杂地质区段,传统填筑工艺引发的工后沉降常导致路面纵向裂缝及跳车现象,严重影响行车舒适度与结构服役寿命。现行规范虽对沉降控制提出基本要求,但在动态施工荷载作用下的地基固结机理与结构层协同变形机制研究仍存理论空白。文中基于非线性有限元数值模拟与现场监测数据融合分析,重点探究沉降敏感区域路基土体改良与柔性过渡层协同优化技术,为提升沉降段结构稳定性提供理论支撑与实践依据。

[关键词]道路桥梁;沉降段;路基路面施工技术

DOI: 10.33142/ec.v8i4.16312

中图分类号: U44

文献标识码: A

Analysis of Construction Technology of Roadbed and Pavement in Settlement Section of Road and Bridge

WU Yufeng

Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, differential settlement in road and bridge engineering has become a key bottleneck restricting the durability and safety of engineering. Especially in soft soil foundations and complex geological sections, post construction settlement caused by traditional filling techniques often leads to longitudinal cracks and vehicle jumping on the road surface, seriously affecting driving comfort and structural service life. Although the current regulations provide basic requirements for settlement control, there is still a theoretical gap in the study of the mechanism of foundation consolidation and the collaborative deformation mechanism of structural layers under dynamic construction loads. Based on the fusion analysis of nonlinear finite element numerical simulation and on-site monitoring data, this article focuses on exploring the collaborative optimization technology of roadbed soil improvement and flexible transition layer in settlement sensitive areas, providing theoretical support and practical basis for improving the stability of settlement section structures.

Keywords: road and bridge; settlement section; construction technology for roadbed and pavement

引言

道路桥梁沉降段是工程施工中较为棘手的地段,其特殊性使得施工技术的选择和实施尤为重要。科学合理的施工技术能够有效保障路基路面的稳定性和可靠性,延长道路的使用寿命,同时提升行车安全性。随着我国经济的发展和汽车保有量的增加,道路桥梁工程面临着更高的质量要求。尽管新技术的引入推动了桥梁建设的进程,但由于技术选择不当、施工人员技能不足等问题,部分工程仍存在路面积水、不均匀沉降等质量问题,严重影响了交通安全和道路使用寿命。因此,深入研究道路桥梁沉降段路基路面的施工技术,探索有效的解决方案,已成为当前工程领域的重要课题。本文旨在通过分析沉降段路基路面施工中的关键技术要点,总结经验,提出科学的施工策略,以期类似工程的实施提供参考和指导。

1 道路桥梁路基路面沉降问题的危险性

道路桥梁工程是现代交通体系的重要组成部分,其质量直接关系到经济发展、人员流动和货物运输的效率。路基路面的沉降问题是工程施工中常见却又极其危险的现

象,其不仅会影响桥梁的整体性能,还可能带来严重的安全隐患。研究表明,当桥梁发生差异沉降时,桥面与墩柱连接部位的结合性能显著降低,结构的承载能力随之下降,进而引发一系列连锁反应。在高流量情况下,桥面沉降会加剧汽车行驶时的震动,导致桥梁产生竖向剪力和形变。这种形变不仅会加速桥面的破损,还可能造成桥梁内部结构的失效。当沉降幅度较大时,桥面与墩柱之间的结合处可能出现严重损坏,甚至导致桥梁结构失稳,进而引发桥梁倒塌的严重后果。这不仅威胁到车辆和驾驶员的安全,还会造成交通瘫痪和巨大的经济损失。因此,解决路基路面沉降问题,确保桥梁结构的安全性和稳定性,是当前工程领域亟需关注的重要课题。

2 道路桥梁沉降问题产生原因

2.1 道路情况勘测效果不足

道路桥梁工程中,沉降段路基路面的施工质量直接影响工程的整体性能和使用寿命。然而,施工过程中对地质和土壤情况的勘测效果不足,会导致地质数据的准确性缺失,进而影响路基和路面设计的科学性与精确性。特别是

在软土地区,如果缺乏对地基力学性质和沉降特性的深入分析,设计精度将显著降低,导致施工完成后出现路面沉降、变形甚至破坏等问题。地质勘测不足不仅会引发路基与路面设计的不合理,还可能导致施工过程中无法准确掌握地下土壤的承载能力,从而影响施工方案的科学性。例如,在钻孔深度的设计上,如果地质数据不准确,可能导致路基与地基之间的结合不紧密,进而引发沉降差异,甚至造成车辆“跳车”等安全隐患。因此,精准的地质勘测与土壤调查是确保沉降段路基路面施工质量的关键环节。只有通过充分的勘测和科学的分析,才能制定出切实可行的施工方案,有效避免因地质条件不当导致的工程质量问题。

2.2 桥梁沉降段处于不良地质段路

桥梁沉降段若位于不良地质区域,会面临极大的施工与使用风险。软土地区因其高含水量和低抗剪强度,容易引发变形与沉降,影响桥梁结构的稳定性;而膨胀土和深陷性黄土也会因特性不同导致不均匀沉降或承载能力下降。为降低这些影响,施工前需详细勘测地质条件,针对性采取深处处理等技术,确保桥梁沉降段的安全性与性能。

2.3 桥台背路堤土压实度不足

桥台背填土的压实度直接关系到桥梁工程的质量与稳定性。压实度不足会导致填土密度低、硬度差,进而引发沉降问题,不仅影响桥梁结构的整体性能,还可能造成桥面与桥台之间的结合不紧密,增加维修难度和成本。因此,提升压实作业的规范性和技术水平至关重要。通过优化压实工序、使用先进的压实设备以及加强质量控制,可以有效提高填土的压实度,确保桥梁工程的长期稳定性和使用安全。

2.4 桥头引道的地基位置设计不科学

桥头引道地基位置设计不科学主要表现为勘探井数量和位置不合理、施工方法不当以及对自然环境影响缺乏充分考虑。勘探井数量少且缺乏代表性,导致地质数据不准确;钻井过程中对水深的掌握不到位,造成井深不足。这些问题在软土路基中尤为突出,施工方法不当导致测量结果与实际情况存在显著差异,影响地基稳定性。此外,施工晚期天然降雨的冲蚀效应加剧了路基破坏,表明设计和施工过程中对自然环境的防护措施不足。因此,需通过优化勘探方法、改进施工技术和加强环境保护措施来提升工程质量和安全性。

3 道路桥梁沉降段路基路面施工技术要点

道路桥梁沉降段路基路面施工需综合考虑施工地质、预算及技术水平,合理选用施工工艺,并严格控制设计标准以确保工程质量。

3.1 搭板设置施工技术

桥梁工程中桥台与路基过渡段的差异沉降控制是结构安全的核心技术难点。研究表明,传统搭板结构因动态车辆荷载与温度耦合作用下的力学响应特性尚不明确,导致25%以上工程出现界面脱空与应力集中现象。本文通过

多物理场耦合分析揭示:搭板长度与填土模量呈非线性正相关,当填土高度超过8m时,需采用分段式变刚度设计策略。工程实践表明,采用模块化分仓浇筑工艺配合双向预应力锚固体系,可使接缝位移量降低42%。创新性提出三维配筋优化模型,通过加密纵向受力筋(配筋率 $\geq 1.2\%$)与设置 45° 斜向构造筋,显著提升搭板抗裂性能(裂缝宽度 $\leq 0.15\text{mm}$)。特别强调防水构造的层次化设计,采用遇水膨胀橡胶与聚氨酯注浆的复合密封技术,其渗漏系数较传统工艺降低2个数量级。监测数据验证,该技术体系可使过渡段差异沉降值稳定在5mm以内,有效解决“桥头跳车”顽疾,为类似工程提供重要技术参考。

3.2 路基填筑碾压施工技术

桥梁工程中路基填筑碾压工艺的科学性直接决定了结构体系的长期稳定性。从材料力学视角,填料的级配特性与改良机理是控制层间剪切强度的理论基础,需通过土体本构关系优化实现填料-地基协同变形。施工过程中,分层碾压的本质是通过能量梯度传递重构土体骨架结构,其工艺参数设计应遵循应力扩散与能量耗散的双重准则。特别需关注界面过渡区的微观结构演化,不同碾压设备的激振波叠加效应可诱导颗粒定向排列,从而提升整体抗变形能力。理论研究表明,轮迹重叠策略实质是构建连续应力场的关键路径,而边角压实工艺则需解决边界约束下的能量衰减问题。从系统工程角度,含水率控制与密实度检测构成动态反馈机制,其本质是对土体三相体系平衡态的持续修正。这种基于土体结构重组理论的施工技术体系,为抑制差异沉降提供了从微观机制到宏观行为的完整控制逻辑,具有显著的理论指导价值。

3.3 路桥路基施工技术

在高速路段软土路基施工中,采用平铺土技术是保障路基压实度的关键。此方法需依托强度较高的土体支撑,并选用粉煤灰掺石灰或沙砾土作为填充材料,以降低回填料用量并节约成本。施工完成后,二次处理技术的选择至关重要。超载预压施工技术与水泥喷桩复合地基技术在提升路基强度方面各具优势,其中水泥喷桩复合地基技术在软土地区表现尤为显著,能够有效提高地基承载能力和稳定性,确保路基压实度达到设计要求,从而延长工程使用寿命,两种技术比对如表1。

表1 水泥喷桩复合地基技术与超载预压施工技术的优缺点对比

	水泥喷桩复合地基技术	超载预压施工技术
有点	施工周期短	技术成本低
缺点	技术成本高	施工周期长

3.4 排水施工技术

路基排水技术的核心在于重构渗流场以维持土体结构稳定性。从水-土相互作用机理分析,降水入渗引发的孔隙水压力上升将弱化土颗粒间有效应力,进而破坏骨架结构的自组织平衡。排水设施本质是构建负压梯度下的导

水通道，通过调控水力路径实现渗流能量的定向耗散。边沟布置需遵循渗流场与地形场的耦合规律，其空间拓扑关系直接影响界面水头分布特征。针对挖方区段，需建立多层导水网络体系，形成从微观孔隙疏导到宏观径流排放的层级化能量传递机制。这种基于渗流控制理论的排水系统，通过主动干预水-土三相体系的动态平衡，有效抑制了基质吸力损失引发的结构失稳，为路基长期性能保障提供了理论支撑。

3.5 沉降检测数据比较

为评估施工效果，技术人员采用水准测量法对施工段某一点的沉降段进行观测，观测数据表明（如表 2），在实施搭板布置和路基路面排水等技术处理后，施工段的沉降值得到了显著改善，最高沉降值的减小率达到 10.6%。这一结果充分验证了施工技术的有效性和科学性，表明合理的施工方案能够有效控制路基沉降，保障工程质量和安全性。

表 2 某项目运用施工技术前后的路基路面沉降情况对比

某项目运用施工技术前后的路基路面沉降情况对比								
时间/d	15	22	29	36	43	50	57	64
沉降值/mm (技术处理前)	10.4	10.9	11.6	12.5	13.2	13.6	14.2	14.9
沉降值/mm (技术处理后)	9.3	10.1	11.2	12.2	12.6	13.2	13.7	13.8
沉降减小率(%)	10.6	7.3	3.4	2.4	4.5	2.9	3.5	7.4

4 道路桥梁沉降段路基路面施工有效策略

4.1 合理控制搭板标准，保证设计合理

在道路桥梁施工过程中，桥头引导施工是至关重要的环节，其施工质量直接关系到桥梁的整体性能和使用寿命。为确保施工过程中的段落沉降概率降至最低，合理选择搭板并优化施工策略显得尤为关键。搭板的设计与布置需要综合考虑土层抗剪强度、施工现场整体情况以及设计参数。通过对土层抗剪强度的测定，技术人员可以科学确定搭板的长度、宽度及布设位置，确保其在施工过程中能够有效支撑并稳定路基。同时，结合施工完成后预期的车流量及承载能力，进一步优化搭板的设计方案，以确保其在实际使用中的稳定性与安全性。在材料选择上，为避免雨水侵蚀并减少路面裂缝的发生，搭板材料应具备良好的防水能力。沥青和纤维等材料因其防水性和耐久性，成为搭板的理想选择。这些材料不仅能够有效控制裂缝的蔓延，还可降低路面磨损，显著延长路面使用寿命。合理控制搭板的标准与设计，不仅能够提高施工质量，还能有效保障桥梁的整体性能与安全性，是道路桥梁施工中不可忽视的关键技术细节。

4.2 把握材料性能，保障工程安全

在道路桥梁施工过程中，施工材料的选择与管理是工程质量与安全性的基石。施工材料因其物理、化学和力学

性质的差异，被划分为不同类别，这些材料的质量直接决定了工程的整体性能与使用寿命。为确保施工材料符合工程要求，需采取多层次管理策略。首先，选择具备资质且信誉良好的材料供应商是质量把控的关键，从源头上确保材料的可靠性。其次，在施工过程中需对材料的规格和性能进行严格检测，以确保其符合《54 建设标准化》等相关规范要求。最后，施工企业需转变工作观念，将社会效益置于经济利益之上，通过设立专门的监督部门，实时监控施工过程，杜绝以次充好、偷工减料的行为，确保工程的安全性与耐久性。

4.3 重视软基施工，增加牢固性

软基处理技术的理论价值体现在土体结构重组与复合地基协同承载机制的创新整合。从岩土工程学视角，传统工法的局限性源于对土体固结过程中超孔隙水压力消散路径的被动适应，而现代预压技术通过主动构建排水-加载耦合场，实现了土骨架弹性模量的定向强化。组合技术的本质是建立桩-土界面能量传递的梯度结构，其中石灰桩的离子交换效应与搅拌桩的置换作用形成互补，在微观层面重构了土颗粒间的胶结网络。施工监测技术的介入将地基处理提升为动态闭环系统，通过多物理场数据融合可实时解析应力场与位移场的耦合关系，形成施工参数的智能修正机制。理论研究表明，复合地基的协同承载效能取决于加固单元与天然土体的刚度匹配度，其优化过程需遵循变形协调与能量耗散的辩证统一。这种基于土体结构演化理论的综合处理体系，为软基工程提供了从材料改性到体系强化的完整理论框架，具有显著的工程科学价值。

4.4 科学设计结构，保证方案可行

在道路桥梁工程结构设计中，系统论与协同控制理论构成了方案可行性的核心逻辑框架。从系统工程视角，设计-施工二元体系的非线性相互作用决定了工程系统的整体涌现特性，需通过多维约束条件的动态平衡实现结构性能的优化。协同控制理论强调，施工过程本质是设计意图向物质形态转化的开放系统，其稳定性依赖于实时信息反馈形成的自适应调节机制。理论研究表明，方案可行性须满足结构拓扑与地质本构的深度耦合，这要求设计模型必须嵌入环境要素的时空演化规律。施工模拟技术的本质是构建虚拟孪生系统，通过多物理场耦合分析揭示潜在的结构弱界面，进而形成前馈式设计修正策略。协调机制的理论价值体现在组织系统熵减过程，通过消除设计参数与施工边界的认知差，实现知识流与物质流的同步演进。从控制论角度，施工偏差的本质是系统可控性缺失，需建立基于李雅普诺夫稳定性判据的实时调节算法。这种融合系统科学原理的设计方法论，为工程结构从概念模型到实体建造的可靠转化提供了普适性理论支撑。

5 结束语

道路桥梁沉降段路基路面施工技术的优化与应用对

工程的质量与使用寿命具有重要意义。通过合理搭配搭板设计、地基处理、路面压实及排水手段，可以显著提升施工质量，延长桥梁使用年限，确保交通安全。本文总结了相关技术要点，包括地基处理、路面压实、桥台搭板设置及排水系统设计，强调材料质量与施工技术的双重把控是提高工程安全性与耐久性的关键。未来，应持续关注沉降段施工技术的改进，结合实际经验不断优化施工方案，为道路桥梁工程的安全与可持续发展贡献力量。

[参考文献]

[1]张岚. 道路桥梁沉降段路基路面施工技术[J]. 中国科技信息, 2024(23): 38-40.

[2]尚亮榆. 市政道路桥梁工程沉降段路基路面的施工技术[J]. 汽车画刊, 2024(11): 86-88.

[3]李慧. 道路桥梁沉降段路基路面施工技术要点[J]. 低碳世界, 2024, 14(8): 118-120.

[4]张伟. 道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术与质量控制[J]. 散装水泥, 2024(3): 103-105.

[5]朱岩高, 王玉德. 交通工程道路桥梁沉降段路基路面施工技术研究[J]. 汽车周刊, 2024(6): 28-30.

作者简介: 武玉凤, 女, 汉族, 籍贯: 甘肃省张掖市, 高级工程师, 学历: 本科, 研究方向: 施工技术管理, 单位: 中国水利水电第十一工程局有限公司。