

# 道路桥梁沉降段路基路面施工技术研究

宋智凯

山西晋通公路工程监理有限公司 山西 晋城 048000

**摘要:** 道路桥梁沉降段路基路面施工易出现不均匀沉降, 导致桥头跳车、路面损坏等问题, 影响行车安全与结构稳定性。本文系统研究沉降段成因, 涵盖地质条件、设计缺陷及施工因素等。详细阐述地基处理、路基填筑压实、桥头搭板与过渡结构设计、排水与防水及动态监测等关键施工技术, 并制定质量控制指标与验收标准。通过综合技术措施, 可有效控制沉降, 提升道路桥梁沉降段施工质量与耐久性, 保障交通运营安全。

**关键词:** 道路桥梁; 沉降段; 路基路面; 施工技术

引言: 在交通基础设施建设不断推进的当下, 道路桥梁作为重要的交通枢纽, 其质量与安全性备受关注。沉降段作为道路桥梁的薄弱环节, 受地质条件、施工工艺等多种因素影响, 常出现不均匀沉降现象, 进而引发桥头跳车、路面结构损坏等一系列问题, 严重影响行车安全与舒适性, 也增加了后期养护维修的难度和成本。因此, 深入研究道路桥梁沉降段路基路面施工技术, 具有重要的现实意义和工程价值。

## 1 道路桥梁沉降段成因与机理分析

### 1.1 沉降段的主要成因

(1) 地质条件: 软土地基是引发沉降的核心因素之一, 其天然含水量高、压缩性大且承载力弱, 在道路桥梁自重与行车荷载长期作用下, 易发生排水固结沉降; 填挖交界区域因填料性质差异(如挖方段岩土体剪应力高、填方段填料松散), 易出现不均匀沉降, 尤其在雨水渗透后, 填料颗粒间孔隙水压力升高, 进一步加剧沉降变形。(2) 设计缺陷: 结构过渡不连续设计会导致荷载传递失衡, 例如桥台与路基衔接处未设置合理的过渡段, 车辆行驶时产生的冲击荷载集中作用于衔接部位, 引发局部沉降; 排水系统设计不畅会使路基内部积水无法及时排出, 水分浸泡导致填料强度降低、压缩性增大, 长期积累易诱发路基整体沉降。(3) 施工因素: 材料压实度不足是常见问题, 填方施工中若压路机吨位不足、碾压遍数不够或填料含水率控制不当, 会导致路基压实度未达设计标准, 后期在荷载作用下填料进一步压缩沉降; 工艺缺陷如基坑开挖时未采取合理支护措施, 引发基坑周边土体坍塌、扰动地基, 或桥梁桩基施工时桩底沉渣清理不彻底, 都会影响基础承载能力, 诱发结构沉降<sup>[1]</sup>。

### 1.2 沉降机理与力学模型

(1) 沉降呈现动态发展过程。时间效应上, 软土路基沉降分为瞬时沉降(加载瞬间完成, 占总沉降10%~

20%)、固结沉降(持续数月甚至数年, 占比60%~80%) 和次固结沉降(长期缓慢发生, 占比5%~10%); 荷载影响方面, 车辆动荷载会使路基附加应力增加15%~30%, 加速土体变形, 如高速公路重车通行路段沉降速率比普通路段快2~3倍。(2) 路基路面应力分布与变形规律具有显著特征。路基内应力随深度呈非线性衰减, 0~80cm深度范围应力集中明显, 易发生塑性变形; 路面结构层中, 沥青面层因刚度较低, 在沉降作用下易产生拉应力, 当拉应力超过材料抗拉强度(约1.5~2.0MPa)时, 会出现裂缝, 进而加剧沉降发展。

### 1.3 沉降对道路桥梁的影响

(1) 严重影响路面平整度与行车舒适性。当路面沉降差超过5mm/3m时, 车辆行驶颠簸感明显增强, 行驶速度降低15%~25%; 沉降导致的路面凹陷还会积水, 雨天刹车距离增加20%~30%, 某省道因沉降积水, 曾引发多起追尾事故。(2) 威胁结构安全性与耐久性。桥梁支座因沉降发生偏移, 易导致支座脱空或受力不均, 支座损坏率提升40%~60%; 路基沉降使挡土墙受力失衡, 可能引发墙体开裂、倾覆, 某山区公路挡土墙因路基沉降, 出现长达5m的竖向裂缝, 需紧急加固处理。

## 2 道路桥梁沉降段路基路面施工技术关键点

### 2.1 地基处理技术

(1) 软土地基加固: 换填法适用于软土厚度较浅(通常小于3m)的区域, 需将软土全部挖除, 换填级配砂石、灰土等强度高、压缩性低的材料, 分层压实至压实度不低于96%, 有效提升地基承载能力; 排水固结法通过设置塑料排水板、砂井等排水通道, 加速软土地基孔隙水排出, 配合堆载预压(堆载强度需根据地基承载力计算确定), 使土体提前完成大部分固结沉降, 减少后期工后沉降; 复合地基法则通过在软土地基中植入水泥土搅拌桩、碎石桩等增强体, 与原地基土共同承担荷载, 其中

水泥土搅拌桩桩长需穿透软土层至硬土层,桩身强度不低于1.5MPa,碎石桩需采用级配良好的碎石,桩径控制在500-800mm,提升地基整体刚度<sup>[2]</sup>。(2)地基承载力提升方法:除加固处理外,可采用强夯法,通过重锤(锤重8-30t)从6-20m高度自由落下,对地基进行强力夯实,使土体密实度提高、承载力提升,强夯能级需根据地基土性质确定,一般软土地基采用1000-3000kN·m能级,且需分2-3遍夯击,两遍之间间隔7-14d;对于岩质地基或碎石土地基,可采用冲击碾压法,利用冲击压路机(冲击能25-30kJ)对地基进行碾压,通过冲击能使土体颗粒重新排列,减少孔隙,提升地基承载力,碾压次数需根据地基压实度要求确定,通常不低于20遍。

## 2.2 路基填筑与压实技术

(1)填筑材料选择与级配优化:优先选用级配良好的砾石土、砂类土作为填筑材料,其压实性好、强度高,避免使用腐殖土、淤泥质土等劣质材料;对填筑材料进行级配优化,通过筛分试验调整颗粒组成,使材料级配曲线符合规范要求,例如高速公路路基填筑材料,粒径大于20mm的颗粒含量不宜超过30%,小于0.075mm的颗粒含量不宜超过15%,确保材料压实后具有良好的整体稳定性和抗变形能力。(2)分层压实工艺与质量控制标准:采用分层填筑、分层压实工艺,每层填筑厚度根据压实机械类型确定,压路机(18-21t)作业时,分层厚度不超过30cm,小型夯实机械作业时,分层厚度不超过20cm;压实顺序遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的原则,确保路基各部位压实均匀;质量控制方面,路基压实度需符合规范要求,高速公路下路床压实度不低于96%,上路床不低于96%,路基填料含水率需控制在最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内,若含水率过高需晾晒,过低则洒水湿润,同时通过灌砂法、环刀法等检测方法,每层压实度检测合格后方可进行下一层填筑<sup>[3]</sup>。

## 2.3 桥头搭板与过渡结构设计

(1)搭板长度、厚度与材料设计:搭板长度需根据桥台高度、路基填土高度及预期沉降量确定,一般桥台高度3-5m时,搭板长度取6-8m,桥台高度大于5m时,搭板长度取8-10m;搭板厚度需满足强度要求,通常采用25-30cm,材料选用C30-C40钢筋混凝土,钢筋配置需根据受力计算确定,纵向钢筋直径不小于16mm,间距不大于20cm,横向钢筋直径不小于12mm,间距不大于25cm,确保搭板具有足够的抗弯、抗剪能力。(2)搭板与桥台、路面的连接方式:搭板与桥台连接时,在桥台台背设置预埋钢筋,与搭板钢筋焊接连接,焊接长度不小于10d(d为钢筋直径),并在接缝处设置沥青木板伸缩缝,宽度

2-3cm,防止温度变化导致的结构变形;搭板与路面连接时,搭板端部嵌入路面结构层,嵌入深度不小于10cm,且在接缝处设置传力杆,传力杆直径28-32mm,长度40-50cm,间距30-40cm,确保荷载有效传递,避免接缝处出现沉降差。

## 2.4 排水与防水技术

(1)沉降段排水系统设计:在路基两侧设置盲沟,盲沟断面尺寸通常为40cm $\times$ 40cm,采用透水土工布包裹碎石填充,碎石粒径2-5cm,盲沟纵坡不小于0.5%,确保排水顺畅;在路基顶面以下30-50cm处设置渗水层,采用级配砂石铺设,厚度15-20cm,渗水层与盲沟连通,将路基内部积水引入盲沟排出;同时在桥台台背设置截水沟,拦截坡面雨水,防止雨水渗入路基,截水沟断面尺寸30cm $\times$ 30cm,采用M7.5水泥砂浆砌片石砌筑。(2)防水层材料与施工工艺:防水层设置在路基顶面或路面基层与面层之间,材料选用SBS改性沥青防水卷材或高分子防水卷材,SBS改性沥青防水卷材厚度不小于4mm,高分子防水卷材厚度不小于1.5mm;施工时,先对基层表面进行清理,确保表面平整、干燥、无杂物,然后涂刷基层处理剂,待处理剂干燥后铺设防水卷材,卷材搭接宽度不小于10cm,采用热熔法或冷粘法粘结,搭接处需压实密封,防止雨水渗透,施工完成后进行闭水试验,确保防水层无渗漏<sup>[4]</sup>。

## 2.5 动态监测与信息化施工

(1)沉降监测技术:采用水准仪进行人工沉降监测,在沉降段路基、桥台、搭板等关键部位设置沉降观测点,观测频率为施工期间每3-7d观测一次,竣工后第一个月每15d观测一次,第二个月至半年每30d观测一次,半年后每3个月观测一次;同时设置沉降板,沉降板由钢板(直径20-30cm)、测杆(直径20mm钢管)和保护管组成,埋设于路基中心或边缘,通过水准仪定期测量测杆高程,计算沉降量;对于重要路段,采用自动化监测系统,通过布设GNSS接收机、静力水准仪等设备,实现沉降数据的实时采集、传输与分析,监测精度可达 $\pm 1\text{mm}$ 。(2)基于监测数据的施工调整策略:根据监测数据绘制沉降-时间曲线,分析沉降发展趋势,若沉降速率大于5mm/d,需暂停施工,排查原因,若因地基加固不充分,需补充加固措施(如增加搅拌桩数量);若沉降量接近设计允许值,需调整施工参数,如减小路基填筑分层厚度、增加压实遍数,或提前进行堆载预压;当沉降速率小于1mm/d且连续观测3次稳定后,方可继续后续施工,确保施工过程安全可控,减少后期工后沉降。

## 3 道路桥梁沉降段施工质量控制与验收标准

### 3.1 质量控制关键指标

(1) 压实度、平整度、强度等指标要求：压实度方面，路基下路床压实度不低于96%，上路床及路面基层压实度不低于97%，采用灌砂法或环刀法检测；平整度需满足高速公路 $\leq 3\text{mm}/3\text{m}$ （连续式平整度仪检测），普通公路 $\leq 5\text{mm}/3\text{m}$ ，避免因平整度差诱发局部沉降；强度指标中，路基回弹模量不低于30MPa，路面基层7d无侧限抗压强度不低于3MPa，通过承载板试验、回弹仪检测等确保强度达标。(2) 沉降差控制标准：桥头跳车允许值需严格把控，高速公路桥头沉降差 $\leq 5\text{mm}$ ，普通公路 $\leq 10\text{mm}$ ，通过水准仪连续监测桥头与路基衔接处沉降量；路基纵向沉降差 $\leq 15\text{mm}/100\text{m}$ ，横向沉降差 $\leq 10\text{mm}$ ，防止因沉降不均导致路面开裂、结构变形。

### 3.2 施工过程质量监控

(1) 工序验收流程与责任划分：实行“班组自检→技术负责人复检→监理验收”三级验收流程，每道工序验收合格后方可进入下一道工序。班组负责施工过程自检，记录施工参数；技术负责人复核关键指标，确认施工符合设计要求；监理单位对压实度、沉降监测数据等关键项目进行平行检测，签字确认验收结果，未通过验收的工序需整改至合格。(2) 常见质量问题与预防措施：针对不均匀沉降，施工前需全面勘察地质，软土地基采用复合地基加固，填筑时控制填料含水率与压实度；预防路面裂缝，需优化基层材料级配，设置伸缩缝（间距5-10m），避免温度应力引发裂缝；若出现局部压实度不足，需返工重压，补压遍数不少于3遍，确保压实度达标<sup>[5]</sup>。

### 3.3 验收标准与长期维护建议

(1) 验收规范与检测方法：依据《公路工程质量检验评定标准》（JTGF80/1）验收，路基验收需检测压实

度、沉降量等10项指标，桥梁搭板验收需检测钢筋间距（允许偏差 $\pm 10\text{mm}$ ）、混凝土强度（达标率100%）；检测方法上，沉降量采用水准仪连续观测3个月，路面强度采用钻芯取样法检测，所有指标合格率需 $\geq 95\%$ 。(2) 沉降段后期维护与加固方案：竣工后每半年开展一次沉降监测，持续2年，若沉降量超允许值，采用注浆加固（注浆压力0.3-0.5MPa）；路面出现裂缝时，及时灌注环氧树脂脂浆液封闭；桥头搭板若出现脱空，采用压力注浆填充，确保搭板与路基紧密贴合，延长沉降段使用寿命。

### 结束语

道路桥梁沉降段路基路面施工技术研究对保障交通基础设施质量意义重大。通过本次研究，我们深入剖析了沉降段成因，明确了关键施工技术要点，如科学的地基处理、合理的填筑压实方法等。实践表明，运用这些技术能有效控制沉降，提升路面平整度与耐久性。然而，工程环境复杂多变，未来仍需持续探索创新，结合新材料、新工艺，进一步完善施工技术体系，为道路桥梁建设提供更坚实的技术支撑，推动行业高质量发展。

### 参考文献

- [1] 齐华林.道路桥梁沉降段路基路面施工技术的探讨[J].汽车周刊,2023(02):239-241.
- [2] 李静.道路桥梁沉降段路基路面施工技术要点分析[J].汽车周刊,2025,(08):247-249.
- [3] 唐高华.道路桥梁沉降段路基路面施工技术要点分析[J].运输经理世界,2025,(15):50-52.
- [4] 李政柏,李德均.道路桥梁沉降段路基路面施工技术及质量控制[J].汽车周刊,2024,(10):252-254.
- [5] 袁军.浅议如何做好道路桥梁沉降段路基路面施工[J].四川建材,2024,50(04):106-108.