

# 道路桥梁过渡段路基路面结构设计优化研究图

代 笠

湖北楚维工程勘测设计有限公司 湖北 荆门 448000

**【摘要】**：为解决深厚软基区域道路桥梁过渡段路基路面结构病害突出、差异沉降控制难度大的工程问题，以某在役高速公路路桥过渡段为研究对象，结合现场勘察、室内土工试验与数值模拟开展结构设计优化研究。分析表明，原地基处理参数不合理、土体固结沉降偏大、结构刚度匹配失调是引发桥头跳车与结构损伤的主要原因，工后沉降难以满足规范控制要求。研究构建以沉降控制、刚度协同、排水防护为核心的优化体系，采用复合地基补强与路面结构重构相结合的处治策略，有效抑制不均匀沉降，改善路桥衔接受力与变形状态，提升路基路面结构长期服役性能，可为同类软土地区路桥过渡段设计优化提供技术参考。

**【关键词】**：路桥过渡段；路基路面；差异沉降；结构优化；CFG桩

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.034

道路桥梁过渡段是高速公路路基路面结构的关键薄弱部位，在深厚软土分布区域，受地质条件、荷载特性及结构衔接形式影响，易出现不均匀沉降、桥头跳车等典型病害，直接影响行车安全与结构耐久性。当前既有路桥过渡段设计多采用常规地基处理与路面结构组合形式，对软土的长期固结特性、结构刚度渐变需求及排水防护适配性考虑不足，处治效果难以满足长期运营要求。基于工程实测与理论分析，开展路基路面结构设计优化研究，对提升过渡段结构稳定性、保障高速公路安全服役具有重要工程意义。

## 1 道路桥梁过渡段路基路面结构设计概况

道路桥梁过渡段作为公路工程中连接桥梁结构与路基土体的关键区段，是路基路面体系受力与变形的敏感控制部位。某高速公路深厚软土区域路桥过渡段所处地层以淤泥质土、粉质黏土为主，土体天然含水率高、孔隙比大、压缩性显著，地下水位埋深浅，地层整体承载能力与稳定性偏低[1]。该路段路基填筑高度约5m，原结构设计采用CFG桩复合地基对基底软土进行处理，桩体布设间距与桩长依据常规工况确定，路面结构以沥青混凝土面层与半刚性基层组合形式搭建。受区域地质条件、填筑荷载及结构衔接形式影响，路桥衔接位置形成明显的刚度差异界面，路基土体在长期车辆荷载与自重作用下持续产生固结变形，结构层与地基土体的协同工作状态难以保持稳定。该路段通车运营后，过渡段路基出现不均匀沉降，路面平整度下降，附属排水设施与防护构造同步产生变形损伤，路基路面结构整体服役性能逐步降低。

## 2 道路桥梁过渡段路基路面结构设计问题剖析

### 2.1 路基差异沉降控制失效

路桥过渡段路基差异沉降控制失效源于深厚软土地基的长期固结特性与原位处治参数的局限性。原设计CFG桩桩长分段采用12.0m与7.0m，桩间距2.0m，桩体整体未穿透压缩

性较高的淤泥质土层，下卧中等压缩性粉质黏土层未得到有效加固，复合地基承载与减沉能力未达到预期标准。路基填筑施工速率较快，未实施超载预压等先期固结处治措施，软土地基在路堤自重与行车荷载作用下持续发生次固结与主固结变形。通车6年实测累计沉降达40.60cm，以现状为起点的15年剩余沉降计算值超过19cm，远高于高速公路桥台与路堤相邻处工后沉降不大于10cm的控制标准，差异沉降持续发展直接引发桥头跳车病害。

### 2.2 结构层刚度匹配不足

桥梁结构与路基土体的刚度差异在过渡段形成显著力学突变界面，路面结构层未开展针对性刚度渐变设计，层间协同受力状态被持续破坏。桥梁主体刚度大、变形极小，路基侧由填料与复合地基共同承载，整体刚度显著偏低，竖向变形差异持续扩大。原路面结构采用常规沥青混凝土面层与半刚性基层组合，未设置刚度过渡层与加筋增强构造，在反复车辆荷载作用下，结构层内部产生集中应力与剪切破坏[2]。路基不均匀沉降带动路面结构同步弯折变形，路面平整度快速衰减，结构层出现脱空、开裂与破损，刚度不匹配问题进一步放大沉降带来的结构损伤，降低整体结构耐久性与服役安全性。

### 2.3 排水与防护设计缺陷

过渡段排水系统设计未充分考虑软土区域高地下水位与持续沉降特征，地表截排水与内部渗排体系存在明显短板。地下水位埋深仅0~2.5m，孔隙水长期浸润路基填料与软土地基，降低土体抗剪强度与压缩模量，加剧路基沉降变形。原排水沟布设与结构形式不适应沉降变形需求，在路基不均匀沉降作用下沟身发生挤压、拉裂与错位，地表汇水无法及时排出，持续下渗软化基底土体。边坡防护与附属构造未采用柔性适应型设计，伴随路基沉降出现开裂、弯曲与失效，无法为路基提供稳定约束，沉降与水损害形成恶性循环，持续削弱路基路面

结构整体稳定性。

### 3 道路桥梁过渡段路基路面结构设计优化实施

#### 3.1 沉降控制体系优化

沉降控制体系优化以复合地基补强为核心,依据附加应力与自重应力分布特征确定处治深度,采用分区域差异化 CFG 桩布设方式提升地基整体刚度与变形控制能力。靠近桥台的路基加固段设置长度 20.0m、间距 1.5m 的 CFG 桩,过渡段设置长度 17.0m、间距 2.0m 的 CFG 桩,坡脚外侧同步实施加固以形成侧向约束。桩体采用螺旋钻孔灌注工艺并配合钢套管跟管作业,避让既有桩体并避免孔壁坍塌。施工遵循分区跳打原则,间隔不少于两根桩且静置时间不低于七天,保障桩身强度与复合地基整体性。经计算,优化后 15 年剩余总沉降可控制在 9.76cm 以内,满足高速公路桥台过渡段工后沉降不大于 10cm 的规范要求,为长期运营提供稳定支撑[3]。见图 1。

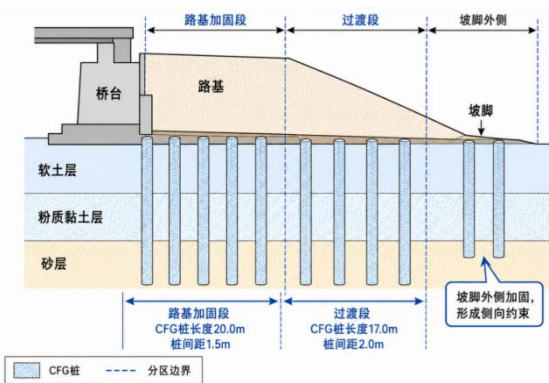


图 1 桥台过渡段复合地基 CFG 桩加固剖面示意图

#### 3.2 结构层刚度协同优化

结构层刚度协同优化围绕路桥刚度渐变目标开展,通过地基补强与路面结构重构实现受力界面平顺过渡。在路基侧依托分区域差异化 CFG 桩复合地基,显著提升竖向承载与抗变形

能力,有效缩小与桥梁结构间的刚度差值,消除刚性突变界面带来的力学缺陷。路面结构采用重铺工艺恢复整体平整度,结合长期沉降趋势合理预留变形调节空间,优化层间结合状态与整体受力性能。优化后的结构体系可有效分散车辆荷载产生的集中应力,避免路面开裂、脱空与剪切破坏,降低早期病害发生概率。刚度协同设计使路基与桥梁在长期循环荷载作用下保持协调变形,降低差异沉降引发的结构损伤,提升路面耐久性与行车舒适性,为同类软土区路桥过渡段结构设计提供可靠技术参考。

#### 3.3 排水防护系统优化

排水防护系统优化结合软土区高地下水位与沉降变形特征,构建截、排、渗结合的长效防护体系。梳理完善地表截排水设施,修复变形破损的排水沟渠,保证汇水快速排出避免下渗软化地基。针对 0~2.5m 的浅层地下水,强化地层内部排水通道作用,降低孔隙水压力对路基土体力学指标的不利影响。边坡与附属构造采用适应变形的柔性构造,提升对不均匀沉降的适配能力,避免开裂、弯曲与失效。排水与防护协同作用阻断水损害路径,维持填料与地基土体强度,抑制沉降持续发展,形成稳定可靠的路基防护体系,为深厚软基路段长期安全运营提供保障。

### 4 结语

深厚软基区域路桥过渡段路基路面结构的稳定性,直接依赖沉降控制、刚度匹配与排水防护的协同保障。原地基处理参数不足、结构衔接设计欠缺及水害影响,是引发差异沉降与结构病害的主要因素。通过优化复合地基布设、重构路面结构、完善排水防护体系,可有效控制工后沉降,改善路桥刚度渐变状态,提升结构整体受力性能。优化方案在通车条件下可安全实施,能够显著提升过渡段服役质量,为同类软土地区高速公路路桥过渡段设计与病害处治提供可靠技术支撑。

#### 参考文献:

- [1] 蔡小培,王昌昌,董博,等.路桥过渡段纵连轨道板纵向力分布特征与上拱机理分析[J].西南交通大学学报,2025,60(03):580-588.
- [2] 张洪亮,王晓锋,吕文江,等.基于行车振动加速度的路桥过渡段差异沉降理论反算方法[J].长安大学学报(自然科学版),2025,45(05):1-14.
- [3] 文斌,张从军,郝宇萌,等.某高速公路深厚软基路桥过渡段跳车病害处治研究[J].路基工程,2024,(01):173-181.