

道路桥梁过渡段软土地基处理技术的适用性与沉降控制研究

朱 华

武汉铁路桥梁职业学院 湖北 武汉 430090

【摘要】：针对道路桥梁过渡段软土地基引发的工程难题，系统梳理了软土高含水量、低强度与慢固结特性所导致的不均匀沉降及结构破损问题，分析了处理技术与地质条件之间的适配偏差。在此基础上，提出以地质参数为依据的处理技术适用性判定方法，构建了基于沉降机理的针对性控制技术体系，并通过多指标检测手段对处理后过渡段质量进行验证。结果表明，基于地质条件的精准选型与动态沉降控制相结合，能够有效抑制过渡段差异沉降，保障软土地基处理后的结构稳定与长期运营安全。

【关键词】：道路桥梁过渡段；软土地基；处理技术；适用性；沉降控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.032

引言

道路桥梁过渡段作为连接路基与桥梁的关键部位，长期面临软土地基引发的沉降差异与结构损伤问题。软土的高压缩性、低抗剪强度及慢固结特性，使其在车辆荷载与结构自重作用下易产生显著的不均匀变形，进而导致桥头跳车、路面开裂及台背结构破损等工程病害。当前各类软土地基处理技术在工程实践中得到广泛应用，但其适用性判定缺乏统一的地质依据，沉降控制措施往往未能针对软土固结规律进行系统设计，导致处理效果与预期目标存在偏差。为此，有必要从软土地基的核心问题入手，厘清技术适配与沉降控制之间的内在联系，为过渡段软基处理提供系统的解决路径。

1 道路桥梁过渡段软土地基核心问题梳理

1.1 软土地基物理力学特性导致的工程难题

软土地基自身具有孔隙比大、含水量高、压缩性强、抗剪强度低及渗透性差的核心物理力学特性，这些特性直接引发道路桥梁过渡段一系列工程难题。高含水量使得软土颗粒间联结力薄弱，受力后易发生显著塑性变形，过渡段作为道路与桥梁的衔接部位，承受车辆荷载反复作用时，软土地基无法快速消散应力，易出现不均匀沉降。低抗剪强度导致地基承载力不足，难以支撑桥梁台背及路基的上部荷载，易引发台背填土与软土地基的协同变形，进而导致过渡段路面出现开裂、错台现象。渗透性差则使得软土地基在荷载作用下产生的孔隙水压力难以排出，长期积聚后会进一步降低地基稳定性，加剧沉降变形，严重影响道路桥梁过渡段的结构整体性和行车安全性。

1.2 过渡段处理技术与软土地质的适配偏差

过渡段处理技术与软土地质的适配偏差，主要体现在技术选型未充分结合软土地质的具体参数，导致处理效果未达到设计要求^[1]。不同区域软土地基的成因、厚度、含水量、有机质含量及力学指标存在显著差异，部分处理技术未针对性调整参

数，如换填法未根据软土厚度合理确定换填层厚度与材料级配，排水固结法未结合软土渗透性优化排水系统布置，复合地基法未匹配软土抗剪强度选择合适的增强体类型与间距。适配偏差会直接导致处理后的软土地基承载力不足，工后沉降超出规范允许范围，同时可能造成处理成本浪费，甚至引发过渡段结构破损，无法有效解决软土地基的变形问题，影响道路桥梁过渡段的长期运营稳定性。

1.3 沉降变形引发的过渡段结构破损问题

道路桥梁过渡段软土地基承载性能薄弱、压缩特性突出、固结进程迟缓，在车辆荷载往复作用与上部结构自重叠加下，极易发生不均匀沉降变形，随之诱发过渡段各类结构损伤^[2]。沉降变形的差值会让过渡段路面与桥梁台背形成台阶状错台，错台部位承受车辆行驶产生的冲击荷载，长期作用下路面表层陆续出现开裂、剥落、坑槽等损伤，损伤范围随沉降差值扩大逐步蔓延。如图1所示，沉降变形还会促使过渡段路基填料产生塑性累积变形，造成路基整体稳定性能下滑，波及桥台与路基的衔接区域，致使台背填土下沉、开裂，更会引发桥台支座受力失衡，造成桥台混凝土开裂、台身倾斜等结构性损伤，这类损伤既降低过渡段通行平整性，也缩减道路桥梁服役年限，抬升后期养护维修投入。沉降差异持续累积会诱发台背与路基连接处防水层撕裂，地表水下渗进一步弱化软基承载力，形成损伤加剧的恶性循环。

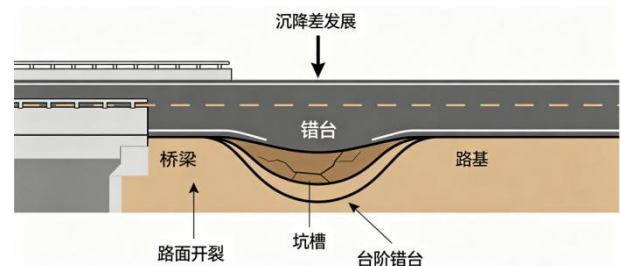


图1 道路桥梁过渡段不均匀沉降引发的错台及结构破损示意图

2 道路桥梁过渡段软土地基问题解决路径

2.1 基于地质条件的处理技术适用性判定

基于地质条件的处理技术适用性判定,需以过渡段软土地基的核心地质参数为核心依据,全面分析软土的物理力学性质、分布范围、埋深及地下水赋存状态,结合过渡段的承载要求、沉降控制标准及工程造价阈值,实现处理技术的精准匹配^[1]。软土天然含水率、孔隙比、压缩系数及抗剪强度的差异,直接决定技术选型方向,若软土埋深较浅、承载力极低且分布集中,换填法可通过替换劣质软土、回填级配良好的砂石材料,快速提升地基承载力;若软土埋深较大、分布广泛,排水固结法可通过设置排水通道加速软土排水固结,降低孔隙比,增强土体密实度;若软土地基存在承载力不均问题,复合地基法可通过植入增强体与软土协同工作,均衡地基受力,避免后期沉降不均。判定过程中需兼顾地质条件的复杂性与技术的可行性,排除与地质条件不匹配的技术类型,确保处理技术能针对性解决软土地基隐患。

2.2 针对性沉降控制技术的构建与应用

针对性沉降控制技术的构建需以软土地基沉降机理为核心,结合过渡段不同部位的沉降控制标准,形成分层管控、动态调整的技术体系。基于软土固结沉降规律,采用排水固结技术时,合理布设排水板与砂垫层,加快软土孔隙水排出,促进土体固结,降低后期沉降量;对承载力不足的软土地基,采用CFG桩、粉喷桩等复合地基技术,通过桩体与软土协同作用,提高地基整体刚度,抑制不均匀沉降。施工过程中,实时监测地基沉降速率、沉降量及孔隙水压力变化,建立沉降监测预警机制,根据监测数据动态调整施工参数,优化加载速率与施工时序。同时,在过渡段设置渐变式刚度衔接结构,搭配高强度、低压缩性填料,减少路基与桥台之间的刚度突变,缓解车辆荷载作用下的沉降差异,确保过渡段沉降均匀且稳定,满足道路

桥梁长期运营的变形控制要求。

2.3 处理后过渡段工程质量达标检测

处理后过渡段的质量检测需采用多指标综合评估体系,地基系数K30试验能够直观表征路基刚度和承载能力,朔黄重载铁路170号桥过渡段加固后的检测数据显示,不同位置处K30值提高15%至40%。轻型动力触探试验可快速获取大面积路基的密实状态,两种方法配合使用能兼顾检测效率与准确性。根据T/ZS 0135-2020《桥梁道路连接处地基处理技术规程》,复合地基的质量检测应包括桩身完整性、桩体强度和承载力验证等内容。对于水泥土搅拌桩和高压旋喷桩,需通过钻芯取样检测桩体连续性,及无侧限抗压强度;预应力管桩则采用低应变法检测桩身完整性,单桩承载力通过静载试验验证,检测数量不少于总桩数的1%且不少于3根。工后沉降观测应在处理区段布设沉降观测点,按填筑期和运营初期两个阶段进行跟踪监测,确保工后沉降控制在设计允许范围内。检测数据需与设计参数进行比对分析,确认处理后过渡段的差异沉降满足JTG3363-2019规范要求。

3 结语

道路桥梁过渡段软土地基处置,核心是地质状况、技术方案与结构反馈三者的动态适配,技术适配不当会进一步加剧结构与地基间的刚度突变,沉降控制需立足地质参数遴选技术手段,从被动应对转向监测导向的主动调节,依托多指标检测实现处置质量的可核验。处理效果须通过工后沉降观测与桩体完整性检测进行双重验证,确保差异沉降满足规范限值要求。软土地基处置不宜局限单一工法,应搭建适配性判断、过程管控与效果回馈的系统性技术体系,保障复杂软土环境下过渡段长期服役的安全稳定,技术选型需统筹地层非均质性、施工扰动临界值及长期蠕变影响,构建全生命周期动态调控模式。

参考文献:

- [1] 吴迪.道路桥梁过渡段软土地基加固沉降对比分析[J].工程机械与维修,2023,(01):137-139.
- [2] 刘喜明.道路桥梁施工过渡段软基处治措施[J].交通建设与管理,2023,(05):95-97.
- [3] 刘炜.道路桥梁过渡段路基路面施工技术探究[J].价值工程,2025,44(21):49-52.