

市政道路高填方路基施工质量控制难点及应对措施

樊继荣 丁浩

陕西煤业化工建设(集团)有限公司路桥分公司 陕西 西安 710021

摘要: 市政道路高填方路基施工质量控制难点在于地质条件复杂,如软土地基承载力弱、地下水位波动大等;填筑材料质量参差不齐,粒径与含水量控制难;分层填筑压实工艺存在盲区;动态监测调整滞后。应对措施包括:开展地质勘查优化设计,实施填筑材料标准化管理,采用智能压实等创新工艺,构建动态监测与信息化管理体系。通过科学管控,可有效提升路基稳定性,保障施工质量与安全。

关键词: 市政道路;高填方路基;施工质量;控制难点;应对措施

引言:市政道路作为城市交通的骨架,其建设质量直接关系到城市运行效率与居民出行安全。高填方路基因填筑高度大、地质条件复杂、施工周期长等特点,成为质量控制的关键环节。然而,实际施工中常面临软土地基处理不当导致沉降、填筑材料离析影响压实度、边坡压实盲区引发滑坡、动态监测滞后难以实时调整等难题。如何通过科学的技术手段与管理策略突破这些瓶颈,成为保障高填方路基长期稳定性的核心课题。

1 市政道路高填方路基施工质量控制难点

1.1 地质条件复杂性

(1) 软土地基承载力不足,易导致不均匀沉降。城市部分区域有软土分布,其含水量高、孔隙比大、抗剪强度低,高填方荷载下易产生长期压缩变形,处理不当会引发路基开裂、路面破损,影响通行安全与使用寿命。(2) 地下水位波动影响路基稳定性,需针对性排水设计。城市地下管网密集,地下水位受降水、管网排水等因素波动大,水位上升会软化土体、降低承载力,水位下降易致土体收缩开裂,需结合现场设计合理排水系统。(3) 特殊岩土工程性质对施工工艺有特殊要求。部分区域膨胀土遇水膨胀、失水收缩,盐渍土会因盐分变化产生体积改变并腐蚀路基,需采用改良、防水隔离等特殊工艺保障路基稳定。

1.2 填筑材料质量控制挑战

(1) 填料粒径分布不均导致压实度差异。填料多来自不同取土场,粒径大小混杂,若未进行分级筛选,大粒径颗粒聚集处难以压实,小粒径颗粒过多则易出现收缩变形,导致路基压实度不均匀,影响整体承载能力。(2) 含水量控制不当引发“弹簧土”现象。填料含水量过高时,碾压过程中土体颗粒间水分无法排出,形成“弹簧土”,导致路基承载力急剧下降;含水量过低则颗粒间黏结力不足,难以压实,需严格控制填料含水量在最佳压实含水

量范围内。(3) 不同土质混填降低整体强度,需严格分类管理。若将黏性土、砂性土等不同性质的填料混合填筑,会导致路基内部结构不均,颗粒间空隙无法有效填充,降低路基整体强度和整体性,易引发路基沉降、开裂等问题。

1.3 分层填筑与压实工艺难点

(1) 松铺厚度控制不精准导致压实不均匀。松铺厚度过厚,碾压设备的作用力无法传递至下层土体,导致下层压实度不足;松铺厚度过薄则会增加施工工序,且易出现过度碾压,破坏土体结构,需严格控制松铺厚度符合设计要求。(2) 碾压设备组合不合理影响压实效率。不同粒径的填料需匹配对应的碾压设备,若仅采用单一碾压设备,无法兼顾不同区域的压实效果,导致压实效率低下,部分区域压实度不达标,需结合填料性质合理搭配碾压设备。(3) 边坡压实盲区易引发滑坡风险。高填方路基边坡部位碾压设备难以全面覆盖,存在压实盲区,此处土体密实度不足,抗剪强度低,在雨水冲刷、荷载作用下易发生滑坡、坍塌,威胁路基整体稳定性^[1]。

1.4 动态监测与调整滞后性

(1) 传统监测手段数据采集频率低。传统监测方法需人工操作,数据采集间隔长,无法实时捕捉路基沉降、变形的动态变化,难以及时发现施工中的异常问题。(2) 沉降预测模型精度不足,难以实时指导施工参数调整。现有沉降预测模型受地质条件、施工工艺等多种因素影响,预测精度有限,无法根据监测数据精准调整填筑厚度、碾压参数等,导致施工调整滞后。(3) 突发地质灾害应急响应机制不完善。施工过程中突发的滑坡、塌方等地质灾害,若应急处置不及时,会扩大灾害影响,而部分施工项目缺乏完善的应急响应方案和应急物资储备,难以快速有效应对突发情况。

2 市政道路高填方路基施工质量控制应对措施

2.1 地质条件适应性设计优化

(1) 详细地质勘查与地形测量: 施工前组建专业勘查团队, 采用钻探、原位测试相结合的方式, 对路基施工区域开展全面勘查, 明确地基土质分层、承载力参数及不良地质(软土、膨胀土等)的分布范围与工程性质; 精准探测地下水埋深、分布规律及动态变化, 同步结合市政地下管网分布图, 完成高精度地形测量, 形成完整勘查报告与地形图纸, 为后续设计、施工提供精准数据支撑, 杜绝因勘查疏漏导致的设计偏差。(2) 差异化处理方案: 依据勘查结果, 针对不同地质条件制定专项处理方案。软土地基结合填方高度与承载力要求, 采用CFG桩、粉喷桩等桩基础加固或优质砂砾石换填处理, 换填过程中分层压实, 确保压实度达标; 膨胀土区域重点实施湿度控制, 设置防渗隔离层与排水系统, 减少土体含水量波动, 同时改良膨胀土胀缩性, 避免路基开裂变形^[2]。(3) 数值模拟分析: 运用PLAXIS、MIDAS等专业岩土工程软件, 结合勘查数据构建路基三维数值模型, 模拟填筑、碾压及后期使用过程中的沉降量、应力分布, 预判不均匀沉降、边坡失稳等隐患; 根据模拟结果优化路基断面、填料分层厚度及边坡坡度, 调整加固方案, 提升设计科学性, 为施工提供精准指导。

2.2 填筑材料质量标准化

(1) 填料分级标准制定: 结合市政道路高填方路基设计要求, 按填料粒径、含水量、CBR值(加州承载比)、压实度等核心指标, 制定明确的填料分级标准, 将填料划分为合格料、可改良料与不合格料, 严禁不合格料进场使用; 建立填料材料数据库, 详细记录每一批次填料的来源、检测指标、进场时间及使用部位, 实现填料质量可追溯、可管控, 避免不同等级、不同性质的填料混存混用。(2) 现场快速检测技术: 在填料进场及填筑过程中, 采用核子密度仪、含水量测定仪等便携式检测设备, 实现填料质量实时检测、实时反馈; 每一批次填料进场后, 先检测其含水量、粒径分布及CBR值, 合格后方可投入使用; 填筑过程中, 定期检测填料压实度与含水量, 及时调整施工参数, 避免因填料质量不达标导致路基压实不足、出现“弹簧土”等问题, 确保检测数据真实、准确, 为施工质量控制提供可靠依据^[3]。(3) 改良技术应用: 对于进场检测中发现的劣质土(如含水量过高、CBR值不足的黏性土、粉土), 采用石灰改良或水泥稳定处理等技术, 提升其工程性能; 石灰改良时, 根据劣质土的性质确定石灰掺量, 充分搅拌均匀, 控制改良土的含水量在最佳压实含水量范围内; 水泥稳定处理则通过掺入适量水泥, 改善土体颗粒间的黏结力, 提高填

料的强度与稳定性, 经改良处理后的填料, 需再次检测合格后, 方可用于路基填筑, 确保路基整体强度达标。

2.3 分层填筑与压实工艺创新

(1) 智能压实设备应用: 摒弃传统碾压设备, 采用配备GPS定位与压实度实时监测系统的振动压路机, 实现碾压过程的智能化管控; 通过GPS定位系统, 精准控制压路机的行驶路线、碾压范围, 避免出现漏压、重压现象; 压实度实时监测系统可同步反馈碾压区域的压实度数据, 当压实度未达到设计标准时, 及时发出预警, 提醒操作人员调整碾压参数, 确保每一层填料都达到规定压实度, 提升压实效率与质量稳定性。(2) 精细化施工参数控制: 施工前先铺设试验段, 结合填料性质、碾压设备性能, 通过试验确定最佳施工参数, 其中松铺厚度控制在20-30cm, 碾压速度控制在2-4km/h, 碾压遍数控制在6-8遍, 碾压顺序遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的原则; 施工过程中, 严格按照试验段确定的参数执行, 安排专人负责监督松铺厚度、碾压速度与遍数, 定期检测压实度, 对不符合要求的部位及时进行补压处理, 确保分层压实质量均匀一致, 避免因参数控制不当导致路基沉降。(3) 边坡压实专项技术: 针对高填方路基边坡压实盲区易引发滑坡的问题, 采用冲击式压路机或液力夯夯机等专用设备, 对边坡边角、坡脚等碾压设备难以覆盖的区域进行专项压实处理; 施工时, 控制冲击式压路机的冲击能量与行驶速度, 确保边坡压实度 $\geq 93\%$, 符合设计要求; 同时, 在边坡压实完成后, 及时修整边坡坡度, 铺设防护层, 减少雨水冲刷对边坡的破坏, 进一步提升边坡稳定性, 规避滑坡风险^[4]。

2.4 动态监测与信息化管理体系构建

(1) 多源监测数据融合: 在路基施工区域合理布设监测点位, 集成沉降观测点、孔隙水压力计、测斜仪等多种监测设备, 全面监测路基沉降量、沉降速率、孔隙水压力及边坡位移等核心指标; 建立多源监测数据融合机制, 对各类监测设备采集的数据进行汇总、分析、校准, 剔除异常数据, 确保监测数据的完整性与准确性, 全面掌握路基变形与稳定性动态变化情况。(2) 实时预警平台开发: 基于BIM+GIS技术, 建立高填方路基三维可视化监测预警平台, 将监测数据、路基设计参数、施工进度等信息整合到平台中, 实现路基施工全过程可视化管控; 根据路基设计要求与工程经验, 设置沉降速率阈值(如5mm/d), 当监测数据达到阈值时, 平台自动发出声光预警, 提醒管理人员及时排查隐患, 调整施工参数(如放缓填筑速度、增加压实遍数), 实现施工参数的实时优化调整, 避免质量隐患扩大。(3) 应急响应机制:

结合市政道路施工特点,制定滑坡、塌方等突发地质灾害的分级响应预案,明确不同灾害等级的处置流程、责任分工与防控措施;配备移动式注浆加固设备、应急抢险机械及防护物资,定期开展应急演练,提升施工人员的应急处置能力;当发生突发地质灾害时,立即启动对应等级的应急响应,快速组织抢险队伍,利用移动式注浆加固设备对路基进行加固处理,及时清理坍塌土体,控制灾害影响范围,确保施工安全与周边环境安全。

3 市政道路高填方路基施工质量控制工程案例

3.1 案例背景

(1)填方高度差异较大,整体控制在8-12m,局部路段因地形起伏,填方高度达13m,对路基整体稳定性和承载力提出极高要求,需严格控制分层填筑与压实质量。(2)地质条件复杂,经现场勘查,该路段地下分布有3-5m厚的软土层,软土含水量高、孔隙比大、承载力不足,若处理不当,极易引发路基不均匀沉降,影响道路通行质量,同时地下水位埋深较浅,进一步增加了路基施工质量控制难度。(3)工程地处新区核心区域,周边临近在建居民小区及市政管网,施工过程中需兼顾施工进度与施工安全,避免施工对周边环境及设施造成影响。

3.2 质量控制措施实施

(1)地质处理:针对3-5m厚软土地基,采用塑料排水板+堆载预压法进行加固处理,塑料排水板间距1.2m,插入深度穿透软土层至硬土层,堆载预压采用分级加载方式,避免加载过快引发软土滑动,预压期严格控制为6个月,期间定期监测地基沉降情况,确保加固效果达标。(2)填筑工艺:采用分层填筑、分层压实工艺,结合工程填方高度,分三层填筑,每层松铺厚度严格控制为25cm,填料选用级配良好的砂砾石,碾压采用“先静压后振压”组合方式,静压2遍、振压4遍,碾压速度控制在3km/h,确保压实均匀。(3)监测技术:布设自动化沉降监测点20个,均匀分布于高填方路段及软土处理区域,数据采集频率设定为1次/小时,实时监测路基沉降量

及沉降速率,同步结合孔隙水压力计,实现多源数据融合,及时调整施工参数。

3.3 实施效果

(1)沉降控制:工程竣工后,持续跟踪监测1年,测得路基累计沉降量均 $\leq 8\text{cm}$,远低于设计规定的 $\leq 10\text{cm}$ 标准,无不均匀沉降、路基开裂等质量隐患,路基稳定性良好。(2)压实质量:施工全过程及竣工后现场抽检,路基压实度抽检合格率达100%,边坡压实均匀,压实度均符合设计要求,无滑坡、坍塌风险,满足市政道路高填方路基施工质量规范。(3)经济效益:相较于传统施工工艺,本工程通过优化地质处理方案、采用高效碾压及自动化监测技术,缩短工期15%,同时有效减少了路基返工、加固等费用,降低返工成本20%,实现了质量、进度与效益的统一。

结束语

市政道路高填方路基施工质量控制是系统性工程,需从地质勘查、材料管控、工艺创新到动态监测全链条发力。通过针对性处理复杂地质、标准化管理填筑材料、应用智能压实技术、构建信息化监测体系等措施,可有效破解沉降、压实不均等难题。未来,随着新材料与智能建造技术的融合应用,高填方路基施工将向更精准化、智能化方向发展,为城市道路建设高质量发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]陈超.市政道路工程建设中填方路基施工工艺分析[J].建材发展导向,2024,22(22):117-119.
- [2]李明.市政道路工程建设中的填方路基施工技术[J].散装水泥,2024,(04):62-64.
- [3]卢勇志.市政道路工程建设中的填方路基施工技术[J].工程建设与设计,2023,(14):109-111.
- [4]段春松,蒋忠良.公路高填方路基设计及施工关键技术[J].交通世界,2025,(27):72-74.