

道路桥梁施工中填石路基施工技术的运用探究

李文

池州建投工程管理有限公司 安徽 池州 247000

摘要: 道路桥梁施工中, 填石路基施工技术通过分层压实、强力夯实等方法, 有效提升路基承载力与稳定性。该技术适用于复杂地形, 选用粒径大于37.5mm的石料, 严格控制级配与含水率, 采用振动、冲击压路机组合压实, 结合边坡码砌与排水设计, 确保路基密实度与长期稳定性。通过智能压实监测与绿色填料应用, 进一步优化施工效率与环保性能, 保障道路桥梁工程的高质量建设。

关键词: 道路桥梁施工; 填石路基; 施工技术; 运用

引言: 在道路桥梁建设中, 填石路基技术凭借其适应复杂地质条件、承载力强及稳定性好的优势, 已成为山区、软土地区等工程场景的核心解决方案。然而, 石料级配不均、压实工艺控制难、排水与边坡防护设计不当等问题, 易导致路基沉降、滑塌等质量隐患。本文从填石材料特性分析入手, 系统探讨分层填筑、机械选型、边坡加固及特殊地质处理等关键技术, 结合质量控制与智能化创新方向, 为提升填石路基施工效能提供理论支撑与实践参考。

1 道路桥梁施工中填石路基施工技术基础理论

1.1 填石路基的定义与分类

填石路基是道路桥梁工程中, 采用粒径大于37.5mm的石料作为主要填料填筑而成的路基结构, 能适应复杂地形与承载需求。(1)按填料类型分类: 硬质岩填料抗压强度高、稳定性好, 如花岗岩、石灰岩, 适用于重载路段; 软质岩填料易风化、强度较低, 如页岩、泥岩, 需做好防护措施; 混合填料由硬质岩与软质岩混合而成, 需控制两种石料的配比以保证路基性能。(2)按施工方法分类: 分层填筑法需将填料分层摊铺、碾压, 每层厚度与压实度严格把控, 施工质量易保障; 倾填法是直接将石料倾倒后简单整理, 适用于地形平缓、对路基质量要求不高的路段, 施工效率高但质量稳定性较差。

1.2 填石材料的物理力学特性

(1)岩性对压实效果的影响: 颗粒级配均匀的石料, 颗粒间嵌挤紧密, 压实后密度大; 级配不均匀的石料易出现空隙, 压实效果差。抗压强度高的石料, 碾压时不易破碎, 能维持路基整体结构稳定; 强度低的石料易被压碎, 可能导致路基沉降。(2)填料含水率与压实度的关系: 含水率过低时, 石料颗粒间摩擦力大, 难以压实, 压实度低; 含水率过高, 水分填充颗粒间隙, 会降低石料间粘结力, 同样影响压实度, 需控制在最佳含

水率范围以实现最佳压实效果^[1]。

1.3 填石路基的力学行为分析

(1)应力分布特征: 路基竖向应力随深度增加而减小, 侧向约束力不足时, 路基易发生侧向位移; 路基填筑过程中, 若压实不均, 易出现局部应力集中, 导致沉降变形, 影响道路使用。(2)长期稳定性影响因素: 水稳定性方面, 雨水渗透会软化石料, 降低路基强度, 长期受水侵蚀易引发路基病害; 冻融循环会使路基内水分结冰膨胀、融化收缩, 反复作用会破坏路基结构, 影响其长期稳定性。

2 道路桥梁施工中填石路基施工关键技术的运用

2.1 施工前准备工作

(1)现场勘查与地质分析需全面覆盖施工区域, 通过钻探、物探等手段探明土层分布、地下水位及软基范围。针对软基路段, 若软土厚度较浅(小于3m), 可采用换填法, 换填级配碎石或砂砾石并分层压实, 提高地基承载力; 若软土厚度较大, 需结合排水设计, 设置塑料排水板或砂井, 加速软土固结。同时, 需规划地表排水系统, 避免雨水下渗加剧软基沉降, 确保施工前地基满足承载力要求。(2)填料筛选需严格把控石料质量, 优先选用硬质岩且粒径不超过压实层厚的2/3。试验阶段需测定填料最大干密度, 采用重型击实试验, 通过不同含水率下的击实测试, 确定最佳含水率对应的最大干密度, 作为压实度控制依据; CBR值测定则需模拟路基实际受力, 通过贯入试验评估填料承载能力, 要求填料CBR值不低于设计规范, 若不达标需掺配改良材料, 保障路基承载性能。

2.2 分层填筑与压实工艺

(1)分层厚度控制需结合压实设备功率确定, 若采用20t振动压路机, 分层厚度通常控制在30-40cm; 若使用30t以上重型振动压路机, 可适当放宽至40-50cm, 但需通

过试碾压验证,确保厚度与设备压实能力匹配,避免因厚度过大导致压实不达标,或厚度过小降低施工效率。

(2) 压实机械选型需对比设备特性:振动压路机通过高频振动使石料颗粒重新排列嵌挤,适用于中细粒料为主的填石路基,压实效率高;冲击压路机依靠冲击能破碎大块石料,增强路基整体密实度,更适合粒径较大、硬度高的填石路段,实际施工需根据填料粒径与路基要求选择,必要时组合使用。(3) 压实工艺参数优化需通过试碾压确定:压实遍数一般为6-8遍,前2遍静压稳定石料,后4-6遍振动压实,最后1遍静压收光;行进速度控制在2-4km/h,速度过快易导致压实不均匀,过慢则影响进度;振动频率根据填料特性调整,中细粒料宜采用30-50Hz,大块石料可适当降低至20-30Hz,确保压实效果与施工效率平衡^[2]。

2.3 边坡防护与排水技术

(1) 边坡稳定性设计需结合路基高度与地质条件:对于高度小于3m的缓坡,可采用植被防护,种植紫穗槐、狗牙根等固土植物,兼顾生态与防护;对于高度3-8m的边坡,宜采用骨架护坡,现浇C20混凝土网格骨架,内部铺设土工格栅,防止边坡溜塌;高度超过8m的边坡,需增设锚杆或锚索,增强边坡抗滑能力。(2) 排水系统布置需形成立体网络:路基内部设置盲沟,采用透水土工布包裹碎石,间距10-15m,排出路基内部积水;路基顶面铺设10-15cm厚渗水层,采用级配砂砾石,引导地表水下渗至盲沟;边坡表面设置急流槽,采用混凝土浇筑,间距20-30m,汇集坡面雨水并导入边沟,避免雨水冲刷边坡,同时边沟需与市政排水系统衔接,确保排水通畅^[3]。

2.4 特殊地质条件下的施工技术

(1) 软土地基处理需根据软土厚度与承载力要求选择方案:软土厚度1-3m时,采用换填法,挖除软土后回填碎石或灰土,分层压实,压实度不低于96%;软土厚度3-8m时,采用碎石桩复合地基,桩径50-80cm,桩间距1.5-2.0m,梅花形布置,通过碎石桩与软土共同作用提高地基承载力,施工后需检测复合地基承载力,确保满足设计要求。(2) 陡坡路段(坡度大于1:5)填筑需重点控制稳定性:先开挖台阶,台阶宽度不小于1.0m,高度0.3-0.5m,形成反向台阶,增强填料与原地面粘结力;同时在边坡外侧设置反压护道,护道宽度2-3m,采用级配碎石填筑,分层压实,通过护道重量平衡路基侧向推力,防止路基滑移。填筑过程中需分层检测边坡坡度与压实度,确保施工质量。

3 道路桥梁施工中填石路基施工质量控制

3.1 质量影响因素分析

(1) 材料不均匀性是填石路基质量的基础影响因素。块石尺寸若差异过大,大块石易形成架空结构,导致路基内部空隙率增加,后续易出现沉降;级配波动则会打破颗粒间的嵌挤平衡,级配偏粗时颗粒间咬合度不足,级配偏细时易受含水率影响出现压实难题,两者均会降低路基整体稳定性,增加质量隐患。(2) 施工工艺偏差直接决定路基施工质量。分层厚度超限会导致压实机械的有效压实能量无法传递至层底,使下层填料密实度不足,长期使用中易发生压缩沉降;压实不足则可能因压实遍数不够、机械选型不当等,导致石料颗粒嵌挤不紧密,路基承载能力达不到设计要求,通车后易出现路面开裂、变形等问题。(3) 环境干扰对填石路基质量的影响具有持续性。降雨会使雨水渗入路基内部,软化填料颗粒,降低颗粒间摩擦力与粘结力,若排水不及时,还可能引发路基内部积水,加剧路基沉降;温度变化尤其在寒冷地区,会导致路基内水分冻融循环,冻胀时破坏路基结构,融化后使路基密实度下降,反复作用会严重影响路基使用寿命。

3.2 质量检测方法与标准

(1) 压实度检测需结合填石路基特性选择合适方法。灌砂法适用于粒径较小的填石路基,通过称量砂的体积计算路基压实后的实际密度,再与最大干密度对比得出压实度;核子密度仪法则可快速检测,利用放射性元素测量路基密度,无需破坏路基结构,但需定期校准设备确保精度,两种方法需配合使用,全面把控压实质量。(2) 沉降观测是监测路基长期稳定性的关键手段。分层沉降仪可分层测量路基各土层的沉降量,精准定位沉降发生的深度范围,便于分析沉降原因;水准测量则通过设置观测点,定期测量路基顶面高程变化,计算累计沉降量,两种方法结合可实时掌握路基沉降动态,及时发现异常沉降。(3) 填石路基验收需严格遵循规范标准。压实度方面,根据道路等级要求,高速公路、一级公路填石路基压实度需 $\geq 95\%$,二级及以下公路可适当放宽,但需满足设计要求;弯沉值需通过弯沉仪检测,检测结果需符合设计规定,若弯沉值过大,表明路基承载能力不足,需采取补压等措施整改,直至验收合格^[4]。

3.3 常见质量问题与防治措施

(1) 路基不均匀沉降是填石路基常见问题,需针对性防治。其主要原因包括填料级配差,颗粒大小搭配不合理,导致压实后空隙率不均,受力时易出现局部压缩;压实不足则使路基整体密实度偏低,承受荷载后产生不均匀变形。针对此类问题,可采用补压措施,对密实度不足区域使用重型振动压路机再次碾压;若沉降已

发生,可采用注浆加固,向路基空隙内注入水泥浆,填充空隙并增强颗粒粘结力,控制沉降发展。(2)边坡滑塌会严重威胁道路通行安全,需及时防控。其主要原因是排水不畅,雨水长期浸泡边坡填料,降低边坡稳定性;护坡失效如骨架护坡开裂、植被防护未成活,无法有效约束边坡土体,导致边坡土体失稳下滑。防治时,首先需增设排水设施,如在边坡增设急流槽、盲沟,加速坡面雨水排出,减少雨水渗入;同时对失效的护坡结构进行修复,若骨架护坡开裂,需重新浇筑混凝土修补,植被防护缺失区域需补植固土能力强的植物,必要时可增设锚杆或锚索,增强边坡抗滑能力,防止滑塌事故发生。

4 道路桥梁施工中填石路基施工技术创新与展望

4.1 施工技术创新方向

(1)智能化压实控制是填石路基施工技术升级的重要方向,核心在于借助物联网传感器实现实时监测与动态调控。施工中可在压实机械上安装振动传感器、位置传感器,同时在路基内部布设应力传感器与密度传感器,通过物联网技术将设备运行参数(如振动频率、行进速度)与路基实时状态(如压实度、应力分布)数据同步至云端平台。技术人员可通过平台实时查看压实效果,当监测到局部压实度不足时,系统能自动提示调整压实遍数或机械参数,避免传统施工中依赖经验判断的误差,大幅提升压实质量的稳定性与施工效率。(2)绿色填料应用是响应环保理念的关键创新,其中建筑垃圾再生骨料的资源化利用极具潜力。将建筑拆除产生的混凝土块、砖石等废弃物经破碎、筛分后,加工成符合填石路基要求的再生骨料,不仅能减少建筑垃圾填埋带来的环境压力,还能降低天然石料开采对生态的破坏。实际应用中需通过试验测定再生骨料的抗压强度、级配等指标,确保其满足路基填料要求,同时针对再生骨料吸水性较强的特点,优化含水率控制工艺,实现环保与工程质量的双重保障。

4.2 行业发展趋势

(1)标准化施工流程推广将成为填石路基施工行业

规范化发展的核心趋势。当前不同项目在填料筛选、压实参数设定等环节存在差异,导致施工质量参差不齐。未来行业需结合不同地质条件、道路等级,制定统一的填石路基施工标准体系,明确从材料检测、施工工艺到质量验收的全流程规范,例如统一不同压实设备对应的分层厚度标准、明确再生骨料的应用技术要求等。通过标准化流程,减少人为因素对施工质量的影响,提升行业整体施工水平,保障道路桥梁工程的耐久性。(2)极端气候条件下的技术适应性研究将成为行业重点攻关方向。随着全球气候变化,高温、严寒、强降雨等极端天气频发,对填石路基的稳定性提出更高要求。未来需针对高温地区路基材料热胀变形问题,研发耐高温的填料改良技术;针对严寒地区冻融循环对路基的破坏,优化路基保温结构设计;针对强降雨地区的路基渗水问题,创新排水系统与防渗材料。通过专项技术研究,提升填石路基在极端气候下的适应能力,确保道路桥梁工程在复杂环境下的安全运行。

结束语

道路桥梁施工中,填石路基施工技术的科学运用是保障工程质量与耐久性的关键。通过精准控制石料级配、压实工艺及排水边坡设计,可有效克服复杂地质条件下的施工难题。未来,随着智能化压实监测、绿色填料再生利用等技术的创新,填石路基施工将向高效化、环保化方向迈进。严格遵循标准化流程,强化全生命周期质量控制,方能实现道路桥梁工程的安全、经济与可持续发展。

参考文献

- [1]刘柳.道路桥梁填土路基边坡水毁常见病害防治探讨[J].交通企业管理,2021,36(3):74-75.
- [2]李澈.道路桥梁施工中填石路基施工技术的运用研究[J].运输经理世界,2021,7(11):91-93.
- [3]王勇.浅谈道路工程施工中填石路基施工技术的要求及应用[J].砖瓦,2021,51(11):171-172.
- [4]李育元.寒区道路填石路基施工关键技术与稳定性分析[J].粉煤灰综合利用,2021,35(6):109-110.