

公路软土地基处理施工技术实践分析

张 卓

湖北交投建设集团有限公司 湖北 武汉 430070

【摘 要】：公路工程建设中软土地基是常见不良地质土体，土体自身稳定性差、承载能力不足的特性，极易引发路基沉降、开裂等病害，直接影响公路工程整体质量与通行安全。合理选用适配的软土地基处理施工技术，优化现场施工工艺，是提升软土地基加固效果、保障公路路基稳定性的核心举措。本文结合公路软土地基施工核心特点，梳理软土地基存在的施工隐患，剖析各类主流处理技术的适用场景与施工要点，结合现场施工实践优化技术应用流程，规避施工中的常见问题，为公路软土地基标准化、高质量施工提供技术参考。

【关键词】：公路工程；软土地基；地基处理；施工技术

DOI:10.12417/2705-0998.26.11.051

引言

软土广泛分布于我国各地域，此类土体孔隙大、含水量高、抗剪强度低，在公路工程路基施工中属于典型的疑难施工地质。公路路基作为工程核心承重结构，地基土体的稳定性直接决定公路后续运营年限与通行品质。软土地基未经科学处理直接施工，会在土体自重与行车荷载作用下出现不均匀沉降、路基变形、路面破损等诸多问题，大幅增加公路后期运维成本。不同区域软土的土质参数、地层结构存在明显差异，单一施工技术难以适配所有施工场景。依托公路施工实际工况，精准选用、优化软土地基处理技术，规范落实各环节施工工艺，是化解软土地基施工难题、夯实公路工程施工质量的关键核心。

1 公路软土地基核心特性及施工隐患

1.1 公路软土地基主要土体特性

公路施工现场的软土多形成于河湖沉积环境，土体整体呈现高孔隙比、高含水率的物理特征，颗粒结构松散，土体内部粘结力较弱。此类土体渗透性能较差，水分难以快速排出，土体固结速度缓慢，长期处于松软饱和状态。软土的抗剪切强度极低，外力荷载作用下极易发生塑性变形，且变形恢复能力极差。同时，软土具备显著的压缩性，土层厚度分布不均，不同区域土体密实度存在较大差异，整体均匀性不足。在公路路基施工及后续运营阶段，土体受力后会持续产生沉降变形，无法快速达到稳定状态，这也是软土地基区别于普通路基土体的核心特征，为后续施工埋下诸多不稳定隐患。

1.2 软土地基施工常见质量隐患

软土地基特殊的土体结构，会让公路路基施工及后期运营产生多种持续性质量隐患。路基填筑施工完成后，松散软土在荷载作用下会逐步固结收缩，引发路基不均匀沉降，造成路面平整度下降。路基两侧软土受力失衡时，会出现侧向挤出变形，导致路基边坡滑移、坍塌，破坏路基整体结构完整性^[1]。软土内部水分无法及时排出，会持续弱化土体承载性能，长期行车荷载反复作用下，路面易出现开裂、沉陷、坑槽等病害。部分

路段软土厚度分布不均，施工处理不彻底时，路基整体受力失衡，会加剧局部变形问题，大幅降低公路通行安全性与工程使用寿命。

1.3 软土地基对公路施工的核心影响

软土地基的不良地质条件，会全方位影响公路路基施工的流程推进与质量管控。常规路基施工工艺无法适配软土松散、易变形的特性，直接套用传统施工方式会导致路基施工质量不达标，需要针对性调整施工方案与工艺参数。软土固结周期长的特点，会延长路基施工的静置养护时间，延缓工程整体施工进度，增加现场施工管控难度。同时，软土地基施工对设备、工艺、现场管控的要求更高，需要投入专项施工设备与技术人员，优化施工管控流程，直接提升公路工程施工成本。若施工阶段软土地基处理不到位，会导致工程交付后病害频发，持续增加后期养护与维修的人力、物力投入。

2 公路软土地基施工前期勘察与准备工作

2.1 精细化开展施工现场地质勘察

公路软土地基施工前期，需针对施工路段开展全方位、精细化地质勘察工作，精准掌握施工现场的地质条件。勘察工作需覆盖全线施工路段，重点排查软土分布范围、土层厚度、埋藏深度等基础信息，全面检测软土含水率、孔隙比、抗剪强度、压缩系数等核心物理学指标。针对河湖周边、低洼地段等软土集中区域，加密勘察点位，细化地层结构分析，明确下层土体是否存在夹层、软弱土层交替分布等特殊情况。完整、精准的地质勘察数据，能够为后续施工技术选型、施工方案编制、工艺参数设定提供科学依据，从源头规避技术选型不当引发的施工质量问題。

2.2 科学编制专项地基施工方案

依托精细化地质勘察获取的场地数据，结合公路工程设计标准、路基荷载要求及施工工期规划，编制针对性的软土地基专项施工方案。方案编制过程中，结合施工路段软土的实际特性，对比各类地基处理技术的适配性，确定核心施工工艺^[2]。

明确各施工环节的操作流程、质量管控标准、施工重难点及防控措施,细化施工设备选型、材料配比、人员配置等核心内容。同时,结合施工现场气候、地形、周边环境等外部条件,优化施工时序安排,规避雨季、汛期施工对软土地基处理效果的影响,完善施工应急处置预案,保障施工过程有序、规范推进。

2.3 落实现场施工物资设备筹备

施工前期需完成所有软土地基施工所需物资与设备的筹备、检修及调试工作,保障施工顺利开展。根据选定的施工工艺,采购符合质量标准的砂石、固化剂、土工材料等施工原材料,进场后严格开展质量抽检,杜绝不合格材料投入施工。配套筹备压实设备、钻探设备、注浆设备、排水设备等专用施工机械,对所有设备进行全面检修调试,排查设备故障隐患,确保设备性能稳定、运行正常。同时,提前整理施工场地,清理地表杂物、软弱浮土,平整施工工作面,完善施工现场排水设施,避免场地积水浸润软土地基,影响后续施工处理效果。

3 公路软土地基主流处理施工技术及应用要点

3.1 排水固结施工技术应用要点

排水固结施工技术是软土地基处理的常用工艺,核心原理是通过人为增设排水通道,加速软土内部水分排出,促进土体固结密实,提升地基整体稳定性。施工过程中,可通过铺设砂垫层、设置塑料排水板、袋装砂井等方式构建立体排水体系,缩短水分排出路径。施工时严格把控排水通道的铺设间距、埋设深度,保证排水体系均匀覆盖施工区域。排水结构布置完成后,结合分级加载预压方式,逐步施加荷载,避免一次性加压过大导致土体结构破坏。预压过程中持续管控土体固结状态,待土体沉降稳定、密实度达标后,方可开展后续路基填筑施工,有效解决软土含水率高、固结缓慢的问题。

3.2 换填垫层施工技术应用要点

换填垫层施工技术适用于浅层软土分布路段,通过清除表层软弱软土,替换为高强度、高稳定性的硬质填料并压实成型,构建稳固的路基垫层。施工中精准划定换填范围与深度,彻底清理基底软弱土层,保证基底无残留松散软土。选用碎石、砂砾、素土等优质填料,填料质地均匀、杂质含量少,具备良好的压实性能与承载性能^[3]。填料分层摊铺、分层压实,严格控制每层摊铺厚度,遵循规范压实工艺,保证各层填料密实度均匀统一。垫层施工完成后,对垫层平整度、密实度进行全面检测,确保垫层能够均匀传递上部荷载,杜绝浅层软土引发的路基沉降、变形问题。

3.3 加固注浆施工技术应用要点

加固注浆施工技术多用于深层软土地基及局部软弱土体加固处理,通过高压注浆方式将固化浆液注入软土孔隙中,实现土体固化改良。施工前根据地质条件确定注浆孔位、孔径、孔深及浆液配比,保证浆液适配土体固化需求。注浆施工遵循

分段、分层注浆原则,把控注浆压力与注浆速度,避免压力过大造成土体劈裂、路面隆起,或压力不足导致浆液渗透不充分。浆液在土体孔隙内扩散、凝结后,与软土颗粒结合形成稳固的固结体,有效提升土体强度与整体性。施工完成后及时封堵注浆孔,养护固化土体,全面提升深层软土地基的承载能力与抗变形能力。

4 公路软土地基施工质量管控关键措施

4.1 规范各环节施工工艺操作

软土地基施工质量管控需贯穿施工全流程,严格规范各工序工艺操作标准。施工人员需严格依照专项施工方案及行业规范开展作业,杜绝随意更改施工工艺、参数的行为。排水通道布设、填料摊铺压实、注浆加固等核心工序,安排专业技术人员现场旁站指导,及时纠正不规范操作行为。针对不同施工工艺的核心重难点,细化操作标准,把控细节施工质量,比如严控分层压实厚度、注浆扩散范围、排水板埋设垂直度等关键指标。各工序施工完成后,及时开展自检自查,确认质量达标后方可进入下一施工环节,规避工序衔接引发的质量缺陷。

4.2 强化施工现场动态监测

软土地基施工过程中需建立常态化动态监测机制,实时掌握土体变形、沉降及固结状态。在施工路段合理布设监测点位,定期观测路基沉降速率、土体侧向位移、孔隙水压力等关键指标,全程跟踪地基变化状态^[4]。监测数据及时整理分析,精准判断地基稳定性,若出现沉降异常、位移超标等问题,及时暂停施工,分析问题成因并调整施工方案。动态监测工作覆盖施工全过程及路基养护阶段,通过实时监测把控施工风险,提前预判潜在质量隐患,为施工工艺优化、施工进度调整提供可靠依据,保障地基施工质量稳定可控。

4.3 严格落实施工质量验收标准

软土地基施工完成后,需依据公路工程施工质量验收规范,开展全方位、精细化质量验收工作。验收内容涵盖地密实度、承载力、平整度、沉降稳定性等核心指标,针对不同处理工艺的施工特点,采取适配的检测验收方式。对排水固结路段、换填垫层路段、注浆加固路段逐一检测,重点核查隐蔽工程施工质量,杜绝隐蔽性质量缺陷。所有检测数据需符合工程设计及规范标准,验收不合格的路段需制定整改方案,限期完成整改并二次复检,直至质量达标。严格的验收管控能够有效保障软土地基施工质量,为后续路基路面施工筑牢基础。

5 公路软土地基施工常见问题优化改进策略

5.1 优化差异化施工技术选型方案

不同施工路段的软土厚度、土质特性、地层结构存在明显差异,统一的施工技术无法适配所有施工场景,需推行差异化技术选型模式。浅层软土厚度较小、土质缺陷较轻的路段,优

先选用换填垫层技术，简化施工流程、控制施工成本。深层软土、土体含水率极高的路段，采用排水固结结合注浆加固的复合施工技术，全方位提升土体稳定性。地形复杂、施工空间受限的路段，选用适配的轻型施工工艺，规避大型设备施工对土体结构的破坏。结合路段实际工况精准匹配施工技术，能够有效规避单一技术的应用短板，提升软土地基处理的整体效果。

5.2 完善施工过程精细化管控体系

针对软土地基施工中工艺管控粗放、细节把控不到位等常见问题，构建全方位精细化施工管控体系。细化施工岗位职责，明确技术人员、施工人员、质检人员的工作权限与责任范围，实现各环节权责清晰、各司其职。优化施工流程管控，对原材料进场、设备调试、工序施工、质量检测等全流程进行标准化管控，杜绝粗放式施工带来的质量隐患^[5]。定期开展施工技术交底与技能培训，提升现场施工人员的专业能力，保障工艺操作规范标准。同时，建立完整施工台账，详细记录各环节施工参数与检测结果，实现施工全过程可追溯，稳步提升整体施工规范化与标准化水平。

5.3 优化特殊工况下施工处置方式

公路软土地基施工易受降雨、积水、低温等特殊工况影响，

导致施工质量下降、工期延误，需针对性优化处置方式。雨季施工时，提前完善场地排水体系，及时排走场地积水，暂停露天填筑、注浆施工，对已施工部位做好防水防护，避免雨水浸润软化土体。低洼积水路段，提前疏通排水通道，晾晒场地土体，待土体含水率达标后再开展施工。低温天气下，严控浆液固化温度，采取保温防护措施，保障注浆加固、土体固结效果。针对各类特殊工况制定专项处置措施，有效规避外部环境对软土地基施工质量的不利影响，保障施工质量与进度稳定。

6 结语

本文围绕公路软土地基施工技术的实际应用展开全面分析，系统阐述了软土地基的土体特性、施工隐患与施工影响，梳理了施工前期勘察准备的核心工作，详解了各类主流软土地基处理技术的应用要点，明确了全流程质量管控措施与施工问题优化策略。软土地基处理是公路工程施工的核心重难点，施工质量直接关系公路工程的安全性、稳定性与使用寿命。后续公路软土地基施工中，需持续结合场地实际地质工况，精准选用适配施工技术，落实精细化施工与质量管控，不断优化施工工艺，有效化解软土地基施工难题，切实提升公路路基施工品质，保障公路工程长期稳定运营。

参考文献：

- [1] 刘苗苗.软土地基处理技术在高等级公路路基施工中的应用[J].汽车周刊,2026,(3):217-218+221.
- [2] 贺飞.公路工程软土地基处理中粉喷桩施工技术研究[J].汽车周刊,2026,(2):80-82.
- [3] 邓勇军.公路桥梁施工中软土地基施工技术处理探究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(17):105-107.
- [4] 刘永东.高速公路拓宽工程软土地基处理方案的设计和施工技术[J].工程建设与设计,2025,(5):166-168.
- [5] 韩世德.公路桥梁施工中软土地基施工技术处理要点[J].交通世界,2024,(24):153-156.