

市政道路工程中软土路基施工质量控制措施

章 晔

(黄山市建设监理有限公司, 安徽 黄山 245000)

摘 要 本文结合具体市政道路工程施工实践, 针对软土路基处理问题展开探讨。首先, 从软土路基施工要点切入, 围绕软土特性识别、处理方案选择以及关键施工工艺流程等方面进行了深入探究。其次, 从施工前准备控制、施工过程质量控制以及作业完成后质量检测与监测三个维度对软土地基处理的质量控制方案进行了分析, 提出了全过程、多视角的软土地基处理施工质量控制举措, 以期为建筑企业在市政道路工程软土路基处理方面的工作提供参考。

关键词 市政道路; 软土路基; 软土特性识别; 施工质量控制; 地基处理

中图分类号: TU99; TU472

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.25.030

0 引言

为了更好地满足城市人口日益增长的出行需求, 加强城市交通基础设施建设已成为推动国民经济发展的重要任务。市政道路作为重要的交通基础设施建设项目, 其施工技术与质量管理水平对城市建设质量和经济的发展具有重要影响^[1]。然而, 市政道路工程施工过程中常面临软土地基难题。软土含水量高、承载力不稳定且具较强压缩性, 若处理不当, 轻则延误工期, 重则埋下质量与安全隐患, 给工程安全带来不可估量的负面影响^[2]。本文结合安徽省某市政道路建设项目实例, 针对上述问题展开深入研究, 重点探讨软土路基处理技术与质量控制策略。

1 工程概况

本文以安徽省某片区路网工程项目为典型案例进行分析。该项目由11条市政道路组成, 设计总里程为4 348.633 m, 道路红线宽度分别为20 m、22 m、25 m和30 m。项目场区位于典型的冲积平原地貌, 地质条件复杂。通过勘察可以发现, 目标区域内土壤成分在浅层部分主要包含的是杂填土(Qm1)与淤泥质黏性土(Q1), 中层是软弱黏性土层(Q4a1)及上更新统冲洪积成因(Q3al+pl)黏性土与碎石层, 下层伏基岩地质构成主要为白垩-第三系泥质粉砂岩。这里面对施工作业影响突出的主要是①-3层淤泥质黏土, 其表现出较高的流动性, 土壤中含有水分高、具有孔隙分布率高、低渗透性、容易被压缩、抗剪强度差等不利于施工的诸多特点。该层软土分布广泛, 厚度不均,

天然含水率可达38%~52%, 孔隙比1.2~1.8, 地基承载力特征值仅为60 kPa~85 kPa。若不进行有效处理, 在道路荷载作用下将产生巨大且长期的沉降, 无法满足设计及使用要求。该案例集中体现了安徽沿江、沿海地区市政道路建设中面临的典型软土问题。

2 软土路基施工要点

2.1 软土特性识别与处理方案选择

工程施工前期需基于详细勘察资料精确识别软土。根据相关规范, 天然含水率不低于液限、天然孔隙比不小于1.0的黏质土、有机质土可认定为软土。处理方案的选择应遵循“技术可行、经济合理、环境友好”的原则。浅层处理深度 ≤ 3 m适用于软土埋藏较浅的路段, 一般的处理方案是使用换填法进行应对, 也就是把软土全部挖出, 然后填入质地较为坚实稳定的砂砾、碎石, 构建稳定垫层, 并且在填料中加入石灰、水泥用以固定^[3]。深层采用该方法的处理时向下挖出软土层深度要超过3 m, 因此可以用在深厚软土问题的处理上。采用排水固结法也可以处理软土问题, 一般是在软土区域向下竖向插入排水管, 然后上方使用袋装砂井、排水板等施加预压, 让下方孔隙水在受压作用下通过排水管向外排出, 通过减少下方土壤中的水分含量, 实现土体性质改良。复合地基法也是处理软土问题的方法之一, 主要为是在软土区域通过测量, 以均匀分布方式在软土中打入竖向增强桩, 让桩体插入软土中起到增强承载的作用, 从而防止软土地基带来的稳定性问题。该技术在打桩方式上常用的有粒料

作者简介: 章晔(1990-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 市政道桥。

桩砂桩、碎石桩、CFG 桩等。强夯法与强夯置换法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土地基。

2.2 关键施工技术流程

以本工程所采用的双向粉喷桩复合地基及排水固结法为例,阐述施工要点。双向粉喷桩施工运用专用深层搅拌机械,将水泥等固化剂以粉体形式喷入软土之中,借助钻头叶片的双向旋转搅拌,使固化剂与土体充分混合,从而形成水泥土桩体。施工流程主要涵盖:场地平整→测量放样→桩机就位→预搅下沉→喷粉提升搅拌→重复搅拌→成桩移位。质量控制的关键在于对水泥掺入比、钻进/提升速度、喷粉压力进行精确控制,以及确保桩长、桩径和垂直度符合要求^[4]。

排水固结法施工的核心是设置排水系统。以塑料排水板为例,施工流程为:整平原地面→摊铺下层砂垫层→机具就位→塑料排水板穿靴→插入套管→拔出套管→割断塑料排水板→机具移位→摊铺上层砂垫层。作业过程中需关注的问题主要包括排水板间距的控制、深度的合理把握;在拔出套管操作时避免带出土壤;做好砂垫层处理,防止出现渗透性问题;对预压荷载实施有效测试。

在实际工程中,除上述两种较为普遍的作业方法外,针对软土区域厚度较薄、深度不均的情况,还可采用换填垫层法。采用该方法时,在作业流程上需注意以下几点:首先,按照设计标准确定换填区域的面积与深度,然后使用挖掘设备对指定地点的软土进行全面挖除,作业过程中应尽量控制挖掘深度,避免超挖对下方正常土层造成损伤。初挖完成后,对作业区域分层填筑级配砂石、灰土和素土,单层铺设厚度以 25 cm 左右为宜,可根据现场实际情况进行适当调整。铺设完成后,使用振动压路机进行压实作业,直至压实度达到规定要求。

3 市政道路工程中软土路基施工质量控制措施

为确保软土路基处理效果,必须实施贯穿于施工全过程的质量控制。

3.1 施工前准备控制

1. 地质的复核工作以及试验段的施工工作:施工前需要对地质勘察的资料开展现场的复核工作,必要的情况下进行补充的勘探工作。针对选用桩体处理的路段,必须开展成桩工艺性的试验工作,确定水泥掺量、水灰比、搅拌速度、电流值等各项施工的参数,并且需要经监理确认后,才可以开展大面积的施工工作。

2. 材料的质量的管控工作:所有进入施工现场的

材料都必须经过严格的检验工作,确保其质量完全契合相关的标准以及规范的要求后才可以使用。对于砂、石垫层的材料,其含泥量必须严格控制,不得超过 5%,同时最大的粒径建议保持在 50 mm 以下,保证垫层的均匀性以及稳定性。水泥、石灰等固化剂的材料需要提供完整的出厂合格证明,并且附有相应的复试检测报告,以验证其性能指标满足工程的需要。此外,土工合成材料的各项关键参数,如纵向以及横向的抗拉强度、延伸率等,均须严格契合设计的图纸以及技术文件当中的具体规定,确保其在工程当中发挥应有的作用。

3. 测量放样精度的管控工作:运用全站仪、RTK 等高精度的测量设备对施工区域进行详细的放样作业工作,对处理范围的边界线以及桩位的中心点进行精确的测定以及反复的校核工作,确保所有桩位的实际偏差严格控制在相关的规范允许范围内,如偏差值不超过 ± 150 mm。

4. 施工组织设计的审查工作:施工单位需要编制详尽的软土路基处理专项施工组织的设计工作,明确施工的流程、人员的配置、设备的选型、进度的计划以及质量的保证措施。技术负责人需要对施工组织的设计工作进行内部审核工作,重点审查关键工序的技术参数、质量控制标准以及应急预案,经监理工程师审批后,才可以实施。同时,还需组织施工人员进行技术交底工作以及岗前培训工作,确保施工人员熟悉设计图纸、施工规范以及质量控制的要点,掌握各工序的操作要领以及质量检验标准。

3.2 施工过程质量控制

1. 工艺参数的实时监测工作:针对粉喷桩/浆喷桩,需要配备喷粉也就是浆量自动记录的装置,并且要定期进行标定的工作,来确保每延米固化剂的喷入量契合设计的要求。记录施工过程当中钻进深度、提升速率、旋转速度、喷粉压力等关键参数。

2. 工序的检查以及验收工作:严格落实“三检制”。例如:排水板的施工工作需要检查板间距、板长、垂直度以及外露的长度;换填的施工工作需要分层检验压实度;垫层的施工工作需要检查厚度、平整度以及宽度。

3. 特殊的过程以及季节施工的管控工作:雨季的施工工作应设置临时的排水系统,防止积水浸泡基底;冬季的施工工作需要采取对混凝土、砂浆采取防冻保温的措施。对于抛石挤淤,应遵循正确的抛填顺序,横坡

缓于 1:10 时从中线向两侧对称抛填,陡于 1:10 时自高侧向低侧抛填。

4. 质量通病的防治工作:在软土路基的施工过程当中,常会出现一些典型的质量问题,如缩颈、断桩以及夹层等,这些缺陷若处理不当,将严重影响路基的最终承载能力以及长期稳定性。针对这些常见的隐患,施工前需要精心制定并且还严格执行专项防治技术方案以及应急预案。以粉喷桩施工作业为例,正式开钻前,需要详细检查钻头的磨损状况,确保它的尺寸以及形状契合规范要求,来保障水泥土能够充分、均匀地搅拌混合。在注浆加固过程当中,操作人员需要密切监测注浆的压力以及地表的出浆情况,一旦发现压力值突然异常降低或地表现象不符合常规冒浆的规律,需要立即暂停钻进作业,迅速组织技术分析工作以查明根本缘由,并且要及时采取针对性的补救措施,如在相应桩段补喷水泥浆或实施重复的搅拌等,确保成桩的质量契合设计标准^[5]。对于路基的施工当中可能出现的沉降量超出允许限值的问题,填筑阶段需要实施严格的过程控制工作,关键在于严格控制每层填料的摊铺厚度,通常建议单层压实的厚度不超过 30 cm,还应根据填料的性质以及现场条件,合理选用匹配的压路机类型以及吨位,如振动压路机或冲击碾压设备等,借助科学的碾压工艺组合,确保每层填筑层充分地压实,其压实度的检测结果须全部达到设计的文件规定指标要求。

3.3 施工后检测与监测

1. 实体的质量检测工作:成桩之后,需要依照规范开展质量检测工作。对于 CFG 桩、搅拌桩等,可以运用低应变法来检测桩身的完整性,选用静载试验来检测单桩以及复合地基的承载力。砂桩、碎石桩的密实度可以借助动力触探来进行检测工作。

2. 沉降以及稳定的监测工作:此乃软基处理工作成功与否的关键。需要在路堤中心、坡脚等关键部位埋设沉降板、位移边桩、孔隙水压力计等监测元件。施工期间,必须严格遵循控制标准:路堤中心地面沉降的速率每昼夜不超过 10 mm~15 mm,坡脚水平位移的速率每昼夜不超过 5 mm。借助对监测数据的动态分析来指导填筑的速率,实现信息化施工。

3. 工后沉降的评估工作:预压期结束后,如果测量五天,该区域的沉降幅度都始终没有超过 0.5 mm/d,同时地基的固结度达标,就可以卸载装置继续进行后续路面的施工。

4. 监测数据的处理以及反馈工作:监测数据需要及时整理以及分析,绘制沉降—时间曲线、水平位移—时间曲线以及孔隙水压力消散曲线,借助曲线的形态来判断地基沉降的发展趋势以及稳定性。若发现沉降或位移的速率超过预警值,应立即暂停施工,核查地质条件、施工参数以及监测元件的状态,必要时采取放缓填筑速度、增设临时排水措施或调整地基处理方案等应急措施,待数据恢复正常后可以继续施工。

4 结论

市政道路软土路基施工属于技术复杂且质量要求较高的系统工程。安徽省亳州市路网工程实践显示:其一,精准勘察是前提条件。需全面掌握软土层的空间分布、物理力学指标以及工程特性,为方案设计提供可靠支撑。其二,方案优选是基础。应依据软土厚度、道路等级、工期造价以及环境条件,综合比选垫层置换、排水固结、复合地基等处理方案,必要时可采用组合工法。其三,过程控制是关键。从材料、测量、工艺参数到工序验收,必须构建严格的全过程质量控制体系,尤其要对成桩质量、排水系统有效性、填筑速率等关键环节实施重点监控。其四,动态监测是重要保障。依托沉降、位移等现场监测数据开展信息化施工,动态调整施工参数与加载计划,是确保路基稳定、控制工后沉降的有效举措。未来,伴随智能化、自动化施工装备的发展,以及 BIM、物联网技术在施工质量管理中的深度融合,市政道路软土路基施工的质量控制将朝着更加精细化、智能化的方向发展,进而为构建安全、耐久、高品质的城市交通基础设施提供更有力的技术保障。

参考文献:

- [1] 王红军.深厚淤泥质软土地层盾构隧道选线及加固技术研究[J].铁道标准设计,2025,69(04):139-147,156.
- [2] 李国维,赵星宇,张黎明,等.支盘桩加固既有填砂路基深层软土的模型试验研究[J].岩土工程学报,2024,46(08):1768-1775.
- [3] 张先伟,刘新宇,王港,等.赛车道软土路基 PHC 桩负摩阻力中性点的时间效应[J].工程地质学报,2024,32(05):1838-1849.
- [4] 李自福,苏峰.建筑软土深基坑放坡桩锚联合支护施工技术[J].中国建筑金属结构,2025,24(06):49-51.
- [5] 郑轩.基于市政路基填筑施工质量的控制与管理方法[J].中国建筑金属结构,2025,24(03):34-36.