

软土地基条件下的公路工程施工技术探究

杨田田 杨 凯

陕西交通控股集团有限公司西禹分公司 陕西 渭南 710018

摘 要: 本文对软土地基条件下的公路工程施工技术展开探究。分析软土地基定义、分类及对公路工程的影响, 阐述换填法、排水固结法等多种处理技术。介绍施工前准备、路基与路面施工要点, 以及施工过程监测与质量控制措施。为软土地基公路工程施工提供技术参考, 保障工程质量与安全。

关键词: 软土地基; 公路工程; 处理技术; 施工要点; 质量控制

引言: 软土地基因自身特性, 给公路工程建设带来诸多难题, 如沉降变形、承载力不足等, 严重影响公路质量与使用寿命。随着交通事业发展, 在软土地基上修建公路的需求日益增多。深入研究软土地基条件下公路工程施工技术, 有助于解决建设难题, 保障公路工程顺利推进与高质量完成, 对交通基础设施建设意义重大。

1 软土地基特性分析

1.1 软土地基的定义与分类

软土地基指天然含水量高、孔隙比大、压缩性高、抗剪强度低的细粒土沉积层。这类地基物理力学特性显著, 高含水量使土体处于饱和或接近饱和状态, 降低颗粒间的有效应力, 致使土体抗剪能力削弱。低承载力源于其松散的颗粒结构与软弱的胶结状态, 难以承受较大外部荷载。高压缩性表现为在荷载作用下, 土体孔隙体积易发生较大变化, 产生明显压缩变形。软土地基常见类型多样。淤泥是在静水或缓慢流水环境中沉积, 经生物化学作用形成, 富含有机质, 颜色多呈灰黑色或黑色, 具有高压缩性与低强度^[1]。淤泥质土性质与淤泥相近, 但有机质含量相对较低, 多分布于沿海、湖泊周边及河流中下游地区。泥炭土则由大量植物残体在缺氧环境下堆积、分解而成, 有机质含量极高, 质地疏松, 压缩性极强, 承载能力极弱, 此类地基处理难度大, 对公路工程建设提出严峻挑战。

1.2 软土地基对公路工程的影响

软土地基给公路工程带来诸多问题, 沉降与变形首当其冲。在公路荷载及自身重力作用下, 软土地基土体孔隙中的水排出, 颗粒重新排列, 引发地基沉降。这种沉降若不均匀, 会致使路面开裂、错台, 影响行车舒适性与安全性, 缩短公路使用寿命。路基沉降过大还可能造成桥梁、涵洞等构造物与路基衔接处出现跳车现象, 加剧车辆对道路结构的破坏。稳定性与承载力不足也是关键问题。软土地基抗剪强度低, 难以提供足够的侧向

支撑力, 在路基填土荷载作用下, 易发生侧向滑移或整体失稳。填方路基可能因地基承载力不足出现下沉、坍塌, 导致路基边坡失稳, 危及行车安全。地基承载力无法满足公路设计荷载要求时, 会使路面结构过早损坏, 增加后期维护成本。施工过程中, 软土地基存在显著安全隐患。其流动性大, 开挖基坑或沟槽时, 易出现土体坍塌现象, 掩埋施工人员与设备。在软土地基上进行机械作业, 易发生机械下陷, 影响施工进度, 甚至造成机械损坏与人员伤亡。软土地基含水量高, 压实难度大, 若处理不当, 路基压实度难以达标, 为公路建成后的使用埋下质量隐患。

2 软土地基处理技术

2.1 换填法

换填法适用于软土层较薄、埋深较浅的地基处理, 通常软土层厚度在3米以内时采用该方法较为经济有效。施工时, 先依据设计要求确定换填范围与深度, 使用机械或人工方式将软土全部挖除。挖除过程中注意控制开挖边界, 避免超挖或欠挖影响后续处理效果。挖除软土后, 回填透水性好、强度高的优质材料, 如砂砾、碎石、灰土等。回填材料需严格筛选, 确保粒径、级配符合设计标准。回填作业采用分层进行, 每层厚度根据压实机械性能确定。回填过程中, 每层材料铺设后及时进行压实, 压实机械选择重型振动压路机或夯实机, 按照先边缘后中间的顺序, 控制碾压或夯实遍数, 使每层压实度达到设计要求, 通过换填形成稳定的持力层, 提升地基承载力。

2.2 排水固结法

排水固结法基于土体排水固结原理, 通过改善软土地基排水条件, 加速孔隙水排出, 使土体在自重或外部荷载作用下逐渐固结, 从而提高地基强度与稳定性^[2]。其作用机制在于降低土体孔隙比, 增强颗粒间有效应力。施工时, 先设置竖向排水体, 常见的有砂井和塑料

排水板。砂井施工采用水冲法或振动沉管法成孔,孔内填充中、粗砂;塑料排水板利用插板机将其插入软土层中,排水体间距、深度按设计布置。竖向排水体设置完成后,铺设水平排水垫层,多采用砂砾或碎石材料,形成完整排水通道。最后进行堆载预压,根据设计荷载要求,分层堆填土方、砂袋等材料,加载过程中控制加载速率,避免地基失稳,通过堆载促使土体孔隙水排出,实现地基固结。

2.3 强夯法

强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土等软土地基,加固机理是通过重锤自由下落产生的巨大冲击能,使土体颗粒重新排列、密实,消除土体孔隙,提高地基承载力。施工前,根据地基土质、处理深度等确定夯击能、夯击次数、夯击间距等参数。夯击能依据重锤质量与落距计算,一般通过试夯确定合理数值。施工时,将重锤提升至设计高度后自由下落,对地基进行夯击。每夯击一次,测量夯沉量,达到设计夯击次数或最后两击平均夯沉量满足设计要求后,完成一个夯点施工。夯击顺序按先边缘后中间、隔行跳打原则进行,夯击完成后,对场地进行平整,必要时进行低能量满夯,使表层土体进一步密实。

2.4 深层搅拌法

深层搅拌法核心在于以水泥、石灰等为固化剂,借助特制搅拌机械深入地基深部,将软土与固化剂强制搅拌,促使软土硬结形成具备整体性、水稳定性和一定强度的桩体或墙体,进而提升地基承载力。该方法施工对周边环境的影响小,适用于各类成因的饱和软黏土处理。施工时,首先依据设计要求精准选择合适的固化剂及配合比。搅拌机械就位后,开始预搅下沉至设计深度,随即进行固化剂与地基土的强制拌和作业。在提升搅拌机械过程中同步喷入固化剂,并重复搅拌提升与下沉操作,以此确保搅拌均匀充分。施工全程严格把控搅拌深度、提升速度、喷浆量等参数,从而保证桩体或墙体的强度与完整性。

2.5 其他处理方法

真空预压法通过在地基表面铺设密封膜,借助真空泵抽气形成负压,促使土体孔隙水排出,达到地基固结目的,适用于渗透性较低的软黏土地基。高压喷射注浆法利用高压喷射流切割土体,使浆液与土颗粒混合凝结,形成加固桩体或帷幕,可处理多种复杂软土地基。CFG桩处理法即水泥粉煤灰碎石桩,通过在地基中设置CFG桩,与桩间土、褥垫层共同作用形成复合地基,提高地基承载力,适用于处理黏性土、粉土、砂土等软土

地基。

3 公路工程施工技术要点

3.1 施工前准备

地质勘察与工程设计是公路工程施工的重要基础。通过钻探、坑探等方式详细了解土质情况,分析其承载能力、压缩性等特性,为后续施工提供依据^[3]。对于地下水情况,需确定水位高低、流动方向以及对施工可能产生的影响,比如在地下水位较高区域,要提前规划排水措施,避免施工受水侵害。同时对地下管线进行全面排查,明确其位置、走向和用途,防止施工过程中对管线造成破坏,影响周边区域正常运行。施工方案制定需综合考量多方面因素。施工工艺的选择要结合工程实际情况,不同的地质条件和施工要求对应不同的工艺,确保施工顺利进行。材料选择至关重要,从路基填筑材料到路面基层、面层材料,都要保证质量符合标准,满足工程耐久性和强度要求。施工排程需合理安排各工序的先后顺序和时间节点,保障施工进度有序推进。质量控制方面,要制定详细的标准和检测方法,对每个施工环节进行严格把控。

3.2 路基施工

路基开挖与填筑在软土地基路段需谨慎操作。开挖前明确开挖边界与深度,采用机械配合人工方式,机械开挖预留一定厚度土层,由人工修整至设计标高,防止超挖扰动基底土。路基填筑遵循分层填筑原则,每层松铺厚度依据压实机械与填料特性确定,确保压实效果。压实度控制是关键,选用合适的压实机械,按照先轻后重、先慢后快顺序进行碾压,通过试验段确定最佳碾压遍数与行驶速度,每层填筑完成后及时检测压实度,合格后方可进行下一层施工。边坡处理方面,根据土质与设计的要求,采用放缓边坡坡度、设置护坡道等措施,增强边坡稳定性,必要时进行坡面防护施工。路基防护与排水是保障路基稳定的重要措施。坡面防护可采用植物防护与圬工防护结合方式。植物防护选择适应本地环境的草种、灌木,通过种草、植树等方式固土护坡,美化环境;圬工防护包括挡土墙、护坡等结构,施工时保证基础牢固、墙体尺寸准确,提升边坡抗冲刷能力。排水系统设置贯穿路基施工全过程,在路基边缘设置边沟,拦截地表水并引导排出;在山坡上方设置截水沟,防止坡面径流冲刷路基;根据地下水位情况设置盲沟、渗沟等,降低地下水位,保持路基干燥。

3.3 路面施工

路面基层与面层施工质量直接影响公路使用性能。基层材料选择需考虑强度、稳定性和耐久性,无机结合

料稳定类基层注重材料配比与拌和均匀性,粒料类基层严格控制级配。摊铺时采用摊铺机作业,控制摊铺速度与厚度,确保平整度。碾压遵循先轻后重原则,初压、复压、终压各阶段合理选择压实机械与碾压参数,保证基层密实度。面层施工中,沥青路面严格控制混合料拌和温度、摊铺温度与碾压温度,保证沥青与集料粘结性;水泥混凝土路面把控混凝土配合比、浇筑振捣工艺,防止出现蜂窝、麻面。养护措施至关重要,沥青路面及时覆盖养护,水泥混凝土路面采用洒水、覆盖薄膜等方式,保证路面强度正常增长。路面附属工程施工完善公路使用功能。路缘石安装前测量放样确定位置与高程,采用坐浆法安装,保证稳固顺直,缝隙填塞密实。标线施工前清理路面,采用热熔标线机按设计图案与尺寸施工,涂布底油增强粘结力,控制标线厚度与宽度。交通设施安装包括标志牌、信号灯等,严格按照设计要求定位固定,确保交通引导与管理功能正常发挥。

4 施工过程监测与质量控制

4.1 施工监测技术

软土地基公路工程施工中,沉降监测为关键一环。通过对地基及路面沉降情况进行观测,掌握土体在荷载作用下的竖向变形趋势,判断地基是否稳定。位移监测则聚焦土体水平方向的移动状况,能及时察觉土体滑动迹象,避免潜在滑坡风险。孔隙水压力监测可了解软土地基中孔隙水压力变化,分析地基固结程度与强度增长情况,为施工进度把控提供依据。监测仪器的选择与布置直接影响监测效果^[4]。沉降监测常用水准测量设备,在路基关键部位及沿线间隔合理布置监测点,确保全面覆盖。位移监测可采用测斜仪,根据地质条件和工程需求,在易发生位移区域埋设测斜管并安装仪器。孔隙水压力监测多使用孔隙水压力计,将其埋设在地基不同深度处,实时获取压力数据。监测数据的采集与分析遵循规范流程。定期采集各监测仪器数据,确保数据连续性和准确性。运用专业分析软件对采集数据进行处理,绘制沉降、位移、孔隙水压力随时间变化曲线,对比不同

监测点数据,分析变化趋势,及时发现异常情况并预警,为施工决策提供有力支持。

4.2 质量控制措施

原材料质量控制是工程质量基础。对进入施工现场的各类材料,从路基填筑材料到路面基层、面层用料,严格检查质量证明文件,进行抽样检验,确保材料性能符合设计要求。对于不合格材料,坚决清理出场,从源头杜绝质量隐患。施工工艺控制贯穿整个施工过程。每道工序都制定详细操作规程,施工人员按要求作业。路基填筑控制分层厚度与压实度,路面摊铺把控速度与平整度,各环节严格执行工艺标准,保障施工质量稳定。成品质量检验对已完成工程进行全面检查。路基完工后检测其压实度、平整度等指标,路面完成后检验厚度、抗滑性能等参数,确保成品符合设计标准。质量验收严格遵循相关规范,对不合格工程明确处理措施,如返工整改、局部加固等,直至工程质量达到要求,保障公路工程整体质量。

结束语

软土地基条件下的公路工程施工技术涉及多方面内容。从软土地基特性分析,到多种处理技术的运用,再到施工各环节要点及监测质量控制,每个步骤都至关重要。只有全面掌握并合理运用这些技术,才能有效应对软土地基带来的难题,保障公路工程顺利建设与长期稳定运行,为交通运输发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]尹国庆,冯安翠.公路工程软土地基处理技术措施研究[J].运输经理世界,2024,(17):16-19.
- [2]浦东旭.公路工程软土地基条件下的施工技术分析[J].运输经理世界,2023,(21):46-48.
- [3]张文贵.软土地基条件下的公路工程施工技术研究[J].运输经理世界,2022,(34):38-40.
- [4]徐亦湾.浅析软土路基处理技术在公路工程施工中的运用[J].中国设备工程,2025,(03):251-253.