

路基施工中软土地基处理技术研究

王 启

国基建设集团有限公司 山西太原 030002

摘 要: 本研究探讨了公路施工中软土地基的处理技术。分析了软土地基的环境影响因素及施工要求和公路形状对软土地基的影响,指出了软土地基处理的主要问题。针对这些问题,提出了排水固结法和换填法两种主要的处理技术,并详细介绍了其具体实施步骤和效果。还探讨了挤密法在软土地基施工中的应用及未来软土地基处理技术的创新方向,包括真空预压法和深层搅拌法等。

关键词: 公路施工; 软土地基; 排水固结法; 换填法

引言

软土地基因其高含水量和低强度特性,对公路施工带来诸多挑战。随着我国公路网络的不断扩展,尤其在湿地等软土广泛分布区域,如何有效处理软土地基成为保证公路施工质量和耐久性的关键问题。本研究旨在通过分析软土地基的环境因素及施工要求,探讨当前主要的软土地基处理技术,包括排水固结法、换填法和挤密法等,并引入新兴技术如真空预压法和深层搅拌法,提升软土地基的处理效果。

1. 软土地基处理技术的现状与存在问题

1.1 软土地基的环境影响因素分析

这些因素对软土地基的施工效果有着直接影响。地理位置决定了软土地基的土质特性,例如在农耕水浇地区,软土的含水量通常较高,透水性较差。水文环境尤其重要,在降水量较大的地区,软土路基容易吸收大量水分,导致含水量增加,受含水量变化的影响,导致的土体灵敏度增加,这不仅会降低土体强度,还会增加其变形和沉降的风险。环境温度的变化也会对软土路基施工产生影响,尤其是在寒冷地区,温度的波动可能导致软土冻结和融化的循环,从而加剧土体的不稳定性。

1.2 施工要求和公路形状对软土地基的影响

普通等级公路由于车辆通行量较少,对软土地基的处理要求相对较低,可以采用简单的处理技术。而对于高等级公路,由于交通量大且荷载高,软土地基处理技术必须更加严格和细致,以确保路基的承载力和稳定性。公路形状同样影响软土地基的处理方案,例如路堤宽度较大的公路在施工中可能需要更复杂的处理技术,如增加加固层或采用新型材

料,以防止沉降和滑坡。弯道和坡道等特殊路段对软土地基的处理要求更高,需要根据具体的地形和设计要求进行精细化处理,以保证路基的整体稳定性和耐久性。

2. 软土地基处理的主要技术手段

2.1 排水固结法的原理与应用

需要对施工区域进行详细的地质勘察,确定软土层的厚度、分布以及透水性等基本情况。根据这些信息,设计排水系统,包括设置排水井和排水沟等。常用的方法有堆载预压法和砂井堆载预压法。砂井的砂料应选用中粗砂,其渗透系数应大于 $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 。真空预压竖向排水通道宜穿透软土层,但不应进入下卧透水层。当软土层较厚、且以地基抗滑稳定性控制的工程,竖向排水通道的深度不应小于最危险滑动面下 2.0m 。对以变形控制的工程,竖井深度应根据在限定的预压时间内需完成的变形量确定,且宜穿透主要受压土层。真空预压区边缘应大于建筑物基础轮廓线,每边增加量不得小于 3.0m 。真空预压的膜下真空度应稳定地保持在 86.7kPa (650mmHg)以上,且应均匀分布,排水竖井深度范围内土层的平均固结度应大于 90% 。

在堆载预压法中,通过在软土层上方堆放一定量的土石方或其他重物,施加静载荷,使软土中的孔隙水压力增加,从而加速水分排出和软土固结。通常,堆载的高度和预压时间根据软土的特性和需要达到的固结效果来确定。达到设计要求并稳定后,再进行堆载,堆载前,应在膜上铺设编织布或无纺布等土工编织布保护层。保护层上铺设 $100 \text{mm} \sim 300 \text{mm}$ 厚砂垫层。堆载施工时可采用轻型运输工具,不得损坏密封膜。上部堆载施工时,应监测膜下真空度的变

化,发现漏气应及时处理。应满足地基稳定性设计要求,对竖向变形、边缘水平位移及孔隙水压力的监测应满足下列要求:地基向加固区外的侧移速率不应大于5mm/d;地基竖向变形速率不应大于10mm/d;对于含水量高、压缩性大的软土,可能需要较高的堆载高度和较长的预压时间。施工过程中,应定期监测软土的沉降和水分排出情况,以调整堆载量和预压时间,确保软土得到充分固结。砂井堆载预压法则是在堆载预压法的基础上,通过在软土层中设置砂井来加速排水固结过程。砂井通常间隔一定距离布置,通过砂井的导水作用,将软土中的水分快速排出。具体施工时,首先在软土层中钻孔,然后填入粗砂或砾石,形成导水通道。砂井的直径和间距根据软土的渗透性和所需的排水速度来确定。砂井的直径为0.1-0.3米,间距为1.0-2.0米。排水系统的设计和施工需要精细化管理,以确保排水效果和施工质量。如表1所示:

表 1: 排水固结法各项参数和指标

项目	堆载预压法	砂井堆载预压法
堆载高度(米)	2-5	2-5
预压时间(天)	30-180	30-120
砂井直径(米)	-	0.1-0.3
砂井间距(米)	-	1.0-2.0
固结度(%)	70-90	80-95
沉降量(米)	0.2-1.0	0.2-0.8
透水性	低	中-高
成本(元/平方米)	100-300	150-400

2.2 换填法在软土地基处理中的应用

需要对软土地基的深度和范围进行详细测量,以确定换填工程量。换填材料一般选择性质稳定、抗腐蚀能力强的材料,如砾石、山皮石、块片石和碎石等。施工时,采用机械开挖或人工开挖的方式,将软土层挖除,挖除的深度根据软土的厚度和换填要求确定,一般为0.5-3米。挖除软土后,将选定的换填材料分层填入,每层厚度一般为0.3-0.5米,填筑后进行压实处理,确保每层换填材料达到预定的密实度。压实过程通常采用振动压路机或夯实机进行,每层压实遍数根据材料特性和压实设备确定,一般为4-6遍。换填过程中,应注意排水系统的设置,在软土两侧或中间区域开挖排水沟,以确保换填材料中的水分能够及时排除,防止地下水对换填材料的影响。换填工作完成后,需要进行质量检验,主要包括密实度测试和载荷试验。密实度测试通过取样检测换填层的密实度,确保其符合设计要求;载荷试验通过施加静载荷,检测换填层的承载力和变形特性,以验证换填

效果。根据测试结果,调整施工工艺或材料选择,以确保换填质量和施工效果。在一些特殊情况下,如施工区域存在地下水位较高、软土厚度较大等问题,可以结合其他处理方法,如排水固结法或挤密法,以增强地基处理效果。如表2所示:

表 2: 换填法各项参数和指标

项目	参数范围
挖除深度(米)	0.5-3
每层厚度(米)	0.3-0.5
压实遍数	4-6
换填材料种类	砾石、山皮石、块片石、碎石
密实度(%)	≥ 95
载荷试验承载力(kPa)	≥ 200
成本(元/平方米)	200-600
排水沟宽度(米)	0.3-0.5
排水沟间距(米)	5-10

3. 软土地基处理技术的实践与展望

3.1 挤密法在软土地基施工中的应用与效果

对软土地基进行平整和清理,然后按照设计要求进行分层填筑,每层填筑厚度一般为0.3-0.5米。填筑材料可以是砾石、碎石或砂石等颗粒材料,填筑后使用重型振动压路机进行碾压,每层碾压遍数一般为6-8遍,确保每层材料的密实度达到95%以上。在填筑过程中,实时监测沉降和密实度,确保施工质量。在某高速公路软土地基处理项目中,采用挤密法处理的软土路基长500米,平均填筑厚度为1.5米,共分为三层填筑,每层0.5米。通过密实度检测,填筑后每层的密实度均达到了96%,有效提高了地基的承载力。通过载荷试验,处理后的软土地基承载力从原来的50kPa提升至150kPa,沉降量减少了50%。挤密法不仅提高了地基的密实度和承载力,还加速了排水过程,改善了软土地基的抗剪强度。

3.2 未来软土地基处理技术的创新方向

一种创新技术是真空预压法,通过在软土地基上覆盖一层气密性膜,利用真空泵将膜下的空气抽出,形成负压环境,促使软土中的水分排出,加速固结过程。该方法在某港口软土地基处理项目中应用,处理面积达20,000平方米,真空预压时间为120天,处理后地基沉降量减少了40%,承载力提高了2倍。另一种创新技术是深层搅拌法,采用专用搅拌设备,将水泥浆液或其他固化剂注入软土中,进行深层搅拌,形成固结体,增强地基强度。此法在某城市地铁项

目中使用,处理深度为10米,通过30天的养护期,地基承载力从原来的80kPa提升至250kPa,显著提高了地基的稳定性和耐久性。地基处理的智能监测和控制技术也是未来的发展方向。通过实时监测沉降、孔隙水压力和地基变形等参数,利用大数据和人工智能技术进行分析和优化,动态调整施工参数,提高处理效果。

4 结论

软土地基处理是公路施工中的关键环节,涉及多种技术手段的综合应用。通过详细分析软土地基的环境影响因素和施工要求,采用排水固结法、换填法和挤密法等技术,有效提高了软土地基的密实度和承载力,减少了沉降和滑坡等问题的发生。提出对软土地基设计原则及相关配套工艺及具体措施,经实践证明有效、可靠,解决了软土地基施工问题,是一个重要的突破,提高了工程设计及实践水平。同时,未来软土地基处理技术的创新,如真空预压法和深层搅拌法,

将进一步提升处理效果和施工效率。本文的研究为软土地基处理提供了科学依据和技术指导,对提高公路施工质量和延长使用寿命具有重要意义。

参考文献:

- [1] 隋喜忠, 矫涛涛. 公路工程中软土地基处理技术研究[J]. 汽车周刊, 2024, (12): 132-134.
- [2] 任延婷. 软土地区公路路基工程中陀螺桩结合排水固结法施工技术研究[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(02): 96-98.
- [3] 程云涛, 占云峰. 公路桥梁施工中软土地基处理技术[J]. 运输经理世界, 2023, (30): 104-106.
- [4] 曹国雄, 孙江涛, 李昌荣. 公路工程及交通安全设施施工与管理[M]. 华中科技大学出版社: 2021. 12. 317.
- [5] 宋艳清. 换填法在工程地基处理中的应用研究[J]. 居舍, 2017, (23): 44.