

公路道路施工中软土地基处理的关键技术与实践

潘龙飞

浙江百航建设有限公司 浙江 丽水 323000

摘要: 公路道路施工中,软土地基的处理是保障道路稳定性与长期使用的关键,本研究分析了软土地基施工中的影响因素并重点探讨了几种常用的软土地基处理技术,基于案例分析,文章提出了在公路施工中优化软土地基处理的建议,旨在为相关工程提供技术支持并确保工程质量与安全。

关键词: 软土地基; 公路施工; 处理技术

引言: 软土地基问题是公路道路施工中常见且具有挑战性的工程问题,由于软土层的承载力较弱,容易发生沉降影响路基的稳定性,处理软土地基是保障公路道路安全和耐久性的关键步骤,随着工程技术的不断发展,针对软土地基的处理技术也逐渐多样化与优化,本研究结合现有技术,分析其应用情况并提出合理的优化建议,旨在提高软土地基处理的效率和效果。

1 软土地基施工的影响因素

软土地基的施工质量受多种因素的影响,其中最为关键的因素之一是地基土壤的物理性质,特别是土壤的含水量和压缩性,软土地基通常由高含水量的粘土或淤泥等软弱土壤构成,这类土壤具有较低的承载能力和较高的压缩性,容易受到外部荷载的作用而产生较大沉降,软土的应力-应变特性决定了其在施工过程中极易发生塑性变形且其变形难以恢复,这一特性使得在施工初期,尤其是在道路填筑和基础建设阶段,软土地基的沉降量往往较大,造成地基的不均匀沉降,进而影响上部结构的稳定性与耐久性。另一个显著影响因素是施工过程中外部环境的变化,比如水文条件的波动,水位的变化和降水量的增减对软土地基的稳定性影响极大,特别是在暴雨或持续降水的环境下,地基土壤的水分含量可能会急剧增加,进一步降低土壤的强度和承载能力,另外地下水的渗透性和流动性也对软土地基的处理效果产生影响,地下水的存在可能加速软土层的液化现象,还会有一定可能导致基础沉降的非均匀性,增加施工的复杂性^[1]。

2 关键技术分析

2.1 表层处理技术

在软土地基处理技术体系中,表层处理技术作为基础性工程措施,其核心在于通过改善地基表层物理力学

特性来构建有效承载体系,该技术主要包含排水固结和土工合成材料应用两大技术分支。排水固结技术通过设置竖向排水体与水平排水层相结合的三维排水体系,利用真空预压或堆载预压的复合作用加速孔隙水压力消散,促使土体固结度显著提升,其中塑料排水板的打设深度需综合考虑软土层厚度、地下水位波动及工后沉降控制标准,其平面布置形式多采用等边三角形或正方形网格体系;土工合成材料应用方面,通过铺设高强土工格栅与土工布形成的复合加筋层,既能实现应力扩散与均匀分布,又可有效限制侧向变形的发展,特别在路堤填筑过程中,分层铺设的加筋材料通过与填料的界面摩擦效应形成空间网状受力体系,显著提高地基整体稳定性,当前技术发展已实现材料模量梯度配置与应变协调设计的有机结合,使表层处理技术兼具经济性与工程可靠性。该技术体系的实施需着重控制两个关键工艺环节,其中排水系统的时空效应管理需精确计算预压荷载施加速率与固结时间的动态关系,避免因加载过速引发剪切破坏,而加筋材料的界面处理工艺需通过表面糙度改良和锚固措施增强界面摩擦系数,同时采用超声波检测技术确保材料铺设的平整度与搭接质量,值得关注的是,新型智能土工材料的研发应用正推动该技术向自感知、自适应方向发展,基于内置光纤传感器实时监测应变场分布,为施工过程动态调控提供数据支撑^[2]。

2.2 真空预压、真空堆载联合预压

真空预压与真空堆载联合预压技术在软土地基处理中的应用具有重要的意义,尤其是在面对软土性质恶化、土源紧缺和工期要求严格的工程背景下,显示出了其独特的优势,真空预压通过抽取土体中的孔隙水,迅速降低土壤中的水分含量,促使土壤颗粒之间的紧密度提高,进而增强地基的承载力和稳定性。在施工过程中,采用射流真空泵进行真空抽气,其抽空压力需达到95kPa以上,确保能够高效地消除土体中的孔隙水,同

作者简介: 潘龙飞,1988年3月,男,汉族,安徽黄山人,大专,工程师,研究方向:工程技术

时通过精确配置多个真空泵并进行实时监测,能够有效控制抽气过程中的压力变化,以此保障预压过程的稳定性,该方法的核心在于利用真空压力差异加速水分的排出,从而使得土体固结过程得以加速并减少长期沉降。进一步地,结合真空堆载预压技术,能够进一步增强软土地基的稳定性,真空堆载预压的实施顺序为先行抽真空、稳定真空压力后再施加堆载,这一过程可以有效控制地基的沉降和不均匀变形。在堆载过程中,可通过在密封膜上铺设土工布等保护材料来有效分散堆载荷,避免局部集中荷载对地基产生过大的压迫,基于联动真空预压与堆载预压,可显著提高土体的固结效率,进一步减少因施工荷载造成的地基沉降风险。施工过程中,要求对真空度、孔隙水压力、表面沉降及深层沉降等多项参数进行密切监控,以确保各项预压指标达到设计要求,基于这一精细化控制,真空预压与堆载预压的联合使用,已成为提升软土地基处理效果、确保道路施工质量与安全的关键技术手段。

2.3 桩基础处理技术

桩基础处理技术是一种刚性桩与柔性桩协同作用的复合桩基体系,刚性桩技术重点发展预应力管桩旋压施工工艺,通过数字化控制系统实现贯入速度与压桩力的精准匹配,在避免挤土效应的同时确保桩身完整性;柔性桩体系则创新采用劲性搅拌桩结构,通过内置H型钢与水泥土形成复合受力体,兼具柔性桩变形协调与刚性桩承载特性,技术实施需重点解决桩土共同作用机制与差异沉降控制两大核心问题,采用桩顶设置应力调节装置的创新设计,实现桩土荷载分配的动态平衡。该技术体系的质量控制聚焦于两个维度,桩体施工质量方面,需采用分布式光纤传感技术实时监测桩身应力应变分布,结合超声跨孔检测技术评估桩体完整性;体系协同工作性能方面,通过桩顶设置液压调平装置与桩间土注浆加固相结合,构建刚度渐变的基础体系。目前该技术已发展出自平衡测试桩技术,可在施工阶段同步完成承载力检测,显著提升工程可靠性。

2.4 水泥搅拌桩法

水泥搅拌桩技术经过长期迭代升级,已由单一加固模式发展为多轴深层搅拌与高压旋喷注浆的协同加固体系,显著突破了传统软基处理的局限性,针对层状软弱地基的工程特性,该技术通过多轴深层搅拌工艺的优化,采用“四搅四喷”工法对钻头结构进行革新,实现水泥浆液与土体的高效渗透及均匀拌合,形成具有三维网状结构的水泥土复合体,其可显著提升地基的抗压强度与抗剪性能,还具备优异的抗震稳定性,可适应复杂

地层条件下的加固需求,与之协同的高压旋喷注浆技术,依托双管喷射系统对注浆压力、提升速率及旋转速度的精准调控,实现加固体直径与强度梯度的动态控制,进而确保加固层在深度与力学性能上的差异化适配,大幅提升加固效果的均匀性和可靠性。施工过程中,参数精细化控制是技术落地的核心,通过智能化拌合系统实时监测土体含水率与有机质含量,动态调整水泥掺入比及浆液配比,可保障水泥土复合体的结构均质性,另外要注重固化剂体系的优化创新,如在水泥浆中掺入偏高岭土等活性矿物材料,可加速水化反应进程并提升早期强度;复合型外加剂的引入则能有效改善水泥土的抗化学侵蚀能力,尤其在潮湿或酸性环境中,其长期耐久性可提升30%以上^[3]。

2.5 强夯和强夯置换

强夯技术的核心在于通过重锤自由下落产生的巨大冲击能,对软土地基进行动力压实,进而改善土体的物理力学性能,该技术通过反复夯击作用,使土体颗粒重新排列并密实化,有效降低孔隙比并提高地基承载力。在施工过程中,夯击参数的合理设计尤为关键,包括锤重、落距、夯击次数及夯点布置等,锤重的选择需结合地基土的类型及目标加固深度综合确定,落距的设定则需在能量传递效率与地基抗剪强度间取得平衡,以避免过度冲击引发土体破坏,夯点布置通常采用等边三角形或正方形网格形式,通过分遍夯击逐步实现地基的均匀加固。值得注意的是,强夯技术的适用性高度依赖于土体含水量及渗透性,对于饱和软黏土或高灵敏度土,需谨慎评估其适用性,必要时配合排水措施以加速孔隙水压力消散。强夯置换技术则是在传统强夯基础上发展出的创新方法,其核心在于通过夯击将高强度置换材料(如碎石、矿渣等)强制挤入软土层,形成由置换桩与周围土体共同作用的复合地基,该技术不仅通过夯击能压实原地基,还利用置换材料的优良力学特性显著改善地基整体性能,置换材料的选择需综合考虑其级配、强度及与原地基土的相容性,通常以级配良好、抗剪强度高的碎石为首选。施工过程中,首先通过强夯形成夯坑,随后填入置换材料并逐层夯击,最终形成密实的碎石桩体,桩体的平面布置需根据荷载分布特点进行优化设计,常见形式包括梅花形或矩形阵列,以最大化应力扩散效应,置换桩与周围土体通过侧摩阻力与端承力协同承载,其复合地基的刚度梯度变化可有效协调差异沉降,相较于传统强夯,该技术对高含水量、低渗透性软土的适应性更强,且能显著缩短工期,但其材料成本较高,需结合工程经济性进行综合比选,当前,强夯置换

技术正朝着绿色化方向发展,例如采用建筑再生骨料作为置换材料。

3 公路道路施工中软土地基处理的优化建议

3.1 加大宣传力度,提高认识程度

软土地基处理的优化需突破单一技术改良范畴,建立一个综合了行业知识普及、技术传播和政策支持的多维度推进框架,建议基于举办行业技术会议、主题研讨会以及经验分享会等方式全面介绍最新的技术进展和实际项目案例给设计公司、施工单位及监管机构,在活动中应当深入探讨具体工程项目中的软基处理难题,并结合国际国内的技术创新实例详细解释相关技术的基本原理、使用环境及其经济效益对比,以此来增强从业者的技术理解和实践技能。除此之外,还应注意利用数字化媒体和专业杂志创建一个广泛的技术信息共享网络,定期发布包括技术指导、标准说明和技术政策评论在内的资料,提高行业对软基处理技术进步趋势的理解力,为加快技术的实际应用效果,建议政府制定专门的支持措施,如设立软基研究专项资金,鼓励科研机构与施工企业合作开展研发工作,特别是在新材料和智能化监控设备方面取得新突破,与此同时,必须建立健全施工人员培训计划,围绕软基处理的核心流程、设备操作和安全管理规定设计模块化教学内容,采用理论讲解、模拟练习和实地操作三者结合的方法全面提升施工团队的专业水平,最终目标是通过打造从“技术研发”到“成果转化”再到“人才培养”的完整产业链条,促进软基处理技术的规范化实施和持续改进^[4]。

3.2 加强质量管理和安全管理

软土地基处理项目的质量和安全性需要通过全面的过程管理和动态调整来保证,建立起从勘探到设计、施工直至验收的全程监控系统,在施工准备阶段应利用精确的地质探测信息,结合数字仿真手段优化基础处理策略,确定各类方法的应用范围及其关键参数,在实际施工期间推荐应用包括分布式光纤传感器和3D激光扫描在内的智能监控设备,实时追踪土壤加固效果、沉降速度以及桩基应力分布等重要指标,借助大数据平台创建

动态警报模型,提前预测并精确处理可能出现的质量问题。为了确保施工过程的质量控制,可以实施“计划-执行-检查-行动(PDCA)”循环管理模式,定期对各个施工阶段进行评价和改进,确保所有工序参数都符合设计规范,例如:在桩基施工时可以通过超声波穿孔测试和静态加载实验验证桩体的完整性和承载能力;对于回填作业,则使用智能密度测量仪器提供即时反馈,防止出现不均匀下沉现象。安全管理应当关注软基施工特有的风险因素,比如地基不稳定、机械设备坍塌以及地下水位急剧变化等问题,制定详细的紧急预案,建议将建筑信息建模(BIM)技术融入施工计划中,用于安全模拟、预先演练潜在的风险情景并优化操作流程,同时应加强对现场工作人员的安全教育,利用虚拟现实(VR)技术模拟复杂环境下的应急响应程序,提高团队协作能力和风险抵御水平,构建一个集成技术防护、规章制度和文化建设的三合一安全管理体系,尽可能减少施工事故的发生,确保项目顺利进行。

结束语:综上所述,软土地基处理在公路道路施工中的关键技术与管理策略直接影响到工程的质量与安全,同时决定了施工进度与成本控制的效果,深入分析软土地基处理的技术难点并结合实际施工情况提出优化建议,可以有效提升施工质量,减少潜在风险,在此基础上要注重加强质量管理与安全管理,推广先进技术和智能化管理手段,随着相关技术的不断发展与完善,软土地基处理将迎来更加高效、环保和安全的施工模式,为公路道路建设提供更为坚实的基础保障。

参考文献

- [1]陈鹏.对于公路与城市道路工程路基施工中软土地基施工技术的探究[J].四川水泥,2019,(02):41.
- [2]游波.市政道路工程中软土路基施工技术的应用[J].数码世界,2018,(05):470.
- [3]高艳芳.道路桥梁工程中软土地基的施工处理方法分析[J].建材与装饰,2017,(36):265-266.
- [4]廖友洪.公路路基施工中软土地基施工技术的应用[J].黑龙江交通科技,2016,39(08):48+50.