

道桥工程中软土地基处理技术的创新与实践

张青春

中石化中原油建工程有限公司 河南 濮阳 457001

摘要：随着我国交通基础设施建设的快速发展，道桥工程面临着越来越多的软土地基处理问题。软土地基由于其高含水量、高压缩性、低承载力和易变形等特点，对道桥工程的稳定性和安全性构成了严重威胁。本文旨在探讨道桥工程中软土地基处理技术的创新与实践，通过分析现有技术的优缺点，提出改进和创新方向，为道桥工程提供科学有效的软土地基处理方案。

关键词：道桥工程；软土地基；处理技术；创新方向

引言

软土地基广泛分布于我国多个地区，其特殊的工程性质给道桥施工带来了巨大挑战。软土地基处理不仅是道桥施工的关键环节，也是确保工程质量和安全性的重要保障。因此，深入研究软土地基处理技术的创新与实践，对于提升道桥工程整体质量具有重要意义。

1 软土地基特性分析

1.1 高含水量与压缩性

软土地基的主要特征之一是含水量高，这导致其具有较大的压缩性。由于水分子的存在，软土颗粒间的相互作用减弱，使得土体在受到外部荷载时容易发生压缩变形。这种压缩性不仅会导致地基的沉降，还可能引起道桥工程的整体稳定性问题，严重影响其使用寿命和安全性。

1.2 低承载力与抗剪强度

软土地基的另一个显著特性是其低承载力和抗剪强度。由于软土的土颗粒结构松散，颗粒间的粘结力较弱，导致地基无法提供足够的承载力来支撑道桥工程的重量。同时，软土的抗剪强度也较低，使得地基在受到剪切力时容易发生破坏。

1.3 触变性与透水性

软土地基还具有触变性和透水性。触变性是指软土地基在外力作用下容易发生形态和强度的显著变化。这种变化可能是由于土颗粒的重新排列、水分的挤出或吸入等因素引起的。透水性则是指软土地基具有良好的透水性能，但这并不利于地基的稳定性。因为透水性好的地基在受到水流冲刷时容易发生侵蚀和破坏，导致地基的稳定性降低。

2 现有软土地基处理技术分析

2.1 置换地基处理技术

置换地基处理技术是一种传统的软土地基处理方

法，其核心思想是通过挖除软土并换填高强度、高稳定性的材料来增强地基的承载力。这种方法通常适用于软土层较薄且分布范围有限的情况，如小型建筑或局部地基加固等。在具体实施过程中，置换地基处理技术首先需要确定软土层的范围和深度，然后通过挖掘或爆破等方式将软土挖除。挖除后的空间需要被高强度、高稳定性的材料所填充，如碎石、砂土、混凝土等。这些材料具有良好的承载力和抗剪强度，能够有效地提高地基的稳定性和承载能力。然而，置换地基处理技术也存在一些不足之处。首先，该方法施工周期长，因为需要进行挖掘、运输和填充等多个工序，且每个工序都需要一定的时间来完成^[1]。其次，置换地基处理技术对周围环境的影响较大。挖掘和填充过程中会产生噪音、振动和粉尘等污染物，对周边居民和环境造成一定的影响。此外，如果处理不当，还可能导致地基的不均匀沉降和开裂等问题。因此，在实际应用中，需要对置换地基处理技术进行细致的规划和设计，确保施工过程的顺利进行和周边环境的保护。例如，可以采用分段施工的方式，减少一次性挖掘和填充的量，降低对周围环境的影响。同时，还需要对填充材料进行严格的质量控制，确保其强度和稳定性满足设计要求。此外，在施工过程中还需要进行实时监测和检测，及时发现并处理可能出现的问题，确保地基处理的效果和安全性。

2.2 灌浆施工技术

灌浆施工技术是一种常用于处理深层软土地基的有效方法。其核心原理是通过向地基中灌注水泥砂浆等材料，改变软土的物理力学性质，从而提高地基的承载力和稳定性。这种方法特别适用于那些软土层深厚、分布范围广泛且难以进行大规模置换的情况。灌浆施工技术的实施过程相对复杂。首先，需要对地基进行详细的勘察，确定软土的分布、厚度以及物理力学性质。然后，

根据勘察结果设计灌浆方案,包括灌浆材料的选择、灌浆压力的确定、灌浆孔的布置等。在实际施工过程中,需要使用专业的灌浆设备,将水泥砂浆等材料以一定的压力注入地基中,填充软土的孔隙,使其形成更加密实的整体。灌浆施工技术的优点在于能够显著改善地基的物理力学性质,提高地基的承载力和稳定性。同时,由于灌浆材料可以充分填充软土的孔隙,因此还能够有效防止地基的渗透和侵蚀。然而,该方法也存在一些不足之处。首先,灌浆施工技术的施工过程相对复杂,需要专业的设备和技术人员进行操作。其次,灌浆材料的成本较高,使得整个处理工程的造价相对较高。此外,如果灌浆方案设计不当或施工质量控制不严,还可能导致地基处理效果不佳或出现质量问题。因此,在实际应用中,需要对灌浆施工技术进行细致的规划和设计,确保施工过程的顺利进行和处理效果的达到预期。例如,需要对灌浆材料进行严格的质量控制,确保其强度和稳定性满足设计要求。同时,还需要对灌浆过程进行实时监测和检测,及时发现并处理可能出现的问题,确保地基处理的质量和安全性。

2.3 排水固结法

排水固结法是一种针对软土地基的有效处理方法,其核心思想是通过排除地基中的水分,使地基发生固结,进而提高地基的承载力和稳定性。这种方法特别适用于处理大面积软土地基,如大型道桥工程、港口码头等。排水固结法主要包括真空预压法、堆载预压法等多种形式。真空预压法是通过在地基表面铺设密封膜,然后利用真空泵抽取膜下空气,形成负压,使地基中的水分在压力差的作用下排出,达到固结的目的。堆载预压法则是通过在地基上堆载重物,利用重物的压力使地基中的水分排出,同样达到固结的效果。排水固结法的优点在于能够显著提高地基的承载力和稳定性,同时处理面积大,适用于大型工程。然而,该方法也存在一些不足之处。首先,排水固结法需要较长的预压时间,因为地基中的水分排出需要一定的时间,这导致施工周期较长^[2]。其次,排水固结法对地基的土质有一定的要求,对于某些特殊类型的软土,可能无法达到理想的固结效果。因此,在实际应用中,需要对排水固结法进行细致的规划和设计,确保处理效果达到预期。例如,需要对地基的土质进行详细的分析和测试,确定最佳的排水方案和预压时间。同时,还需要对排水系统进行严格的质量控制,确保其能够有效地排除地基中的水分。

2.4 强夯法

强夯法,又称动力固结法,是一种广泛应用于软土

地基处理的有效技术。该方法利用重锤自由落体产生的巨大冲击能,对软土地基进行压实,从而提高地基的密实度和承载力。强夯法的施工步骤通常包括:场地清理与平整、测量放线、布置夯点、起重机就位、夯锤起吊、夯击作业、夯坑回填及找平验收等。在正式施工前,需进行试夯以确定最佳的夯击能、夯击次数和间隔时间等参数。施工过程中,需严格按照设计方案进行操作,确保每个夯点的夯击次数和夯击能达到要求。强夯法施工设备简单,工艺流程相对直观,易于操作。与换土回填、桩基等其他地基处理方法相比,强夯法能够显著降低工程成本。经过强夯处理的地基,其承载力、密实度和稳定性均可得到显著提升。然而,强夯施工过程中产生的噪音和振动较大,可能对周围环境和建筑物造成一定影响。因此,在市区或密集建筑区施工时需采取必要的减振降噪措施。且强夯法主要适用于颗粒粒径大于0.05mm的粗颗粒土,如砂土、碎石土等。对于高饱和度的粉土和粘性土地基,其加固效果可能不明显。

3 软土地基处理技术的创新方向

3.1 新材料的应用

随着材料科学的飞速发展,新型加固材料在软土地基处理领域的应用日益广泛,为提升地基强度和稳定性开辟了新的途径。

3.1.1 高性能混凝土纳米材料

高性能混凝土纳米材料通过引入纳米级颗粒,如纳米二氧化硅、纳米碳酸钙等,显著改善了传统混凝土的微观结构和性能。在软土地基处理中,这些纳米材料能够填充土壤孔隙,提高土壤密实度和强度,从而有效增强地基的承载能力。此外,纳米材料的引入还能改善混凝土的耐久性和抗渗性,减少地基因水分侵蚀而导致的性能退化。

3.1.2 纤维增强土

纤维增强土技术是一种将纤维材料(如玻璃纤维、碳纤维、玄武岩纤维等)加入土壤中以提高其工程性能的方法。纤维材料在土壤中形成三维网络结构,能够显著提高土壤的抗拉强度和韧性,减少地基变形和开裂。在软土地基处理中,纤维增强土技术通过改善土壤的内部结构,增强了地基的整体稳定性和承载能力。同时,纤维材料的加入还有助于控制地基的沉降,提高工程的长期稳定性。

3.2 复合地基技术

复合地基技术作为软土地基处理领域的一项重要创新,通过结合多种地基处理方法,形成优势互补的复合地基体系,有效提升了地基的承载力和稳定性。复合地

基技术充分利用不同地基处理方法的优点,通过合理组合形成综合性能更优的地基体系。例如,将碎石桩与水泥搅拌桩相结合,碎石桩具有良好的透水性,能够加速地基的排水固结,而水泥搅拌桩则通过水泥浆与软土的混合反应,形成具有一定强度的桩体,提高地基的整体强度。两者结合,既发挥了碎石桩的排水性能,又利用了水泥搅拌桩的强度优势,实现了地基承载力和稳定性的双重提升。复合地基技术的施工步骤通常包括前期勘察、方案设计、施工准备、桩体施工、垫层铺设及后期检测等环节。在施工过程中,需严格按照设计方案进行操作,确保各道工序的质量。特别是在桩体施工阶段,需控制好碎石桩的成孔质量、水泥搅拌桩的搅拌均匀度以及桩体的强度等关键参数。复合地基技术结合了多种地基处理方法的优点,形成的地基体系具有更高的承载力和稳定性。该技术可根据具体工程的地质条件、荷载要求等因素进行灵活组合设计,适应性强^[3]。与单一地基处理方法相比,复合地基技术往往能在满足工程要求的同时降低工程造价。

3.3 智能化施工技术

智能化施工技术的引入为软土地基处理带来了全新的变革。通过集成传感器、监控系统以及其他先进的智能化设备,该技术能够实时监测地基处理过程中的多项关键参数,确保施工过程的精准控制和及时调整,从而显著提升施工质量。在智能化施工技术的应用中,传感器扮演着至关重要的角色。它们被精心布置在地基处理区域,能够实时采集土壤的水分含量、温度、压力以及位移等关键数据。这些数据随后被传输至中央监控系统,进行进一步的分析处理。监控系统作为智能化施工技术的核心,不仅具备强大的数据分析能力,还能根据实时数据对施工方案进行动态调整。例如,当监测系统检测到某区域的地基承载力未达到设计要求时,系统会立即发出警报,并建议增加该区域的加固材料或调整施工工艺,以确保地基的整体稳定性。此外,智能化施工技术还融入了预测模型和优化算法。这些先进工具能够基于历史数据和实时监测结果,预测地基处理过程中的潜在问题,并提前制定应对措施。这不仅有助于降低施工风险,还能显著提高施工效率。值得一提的是,智能化施工技术还注重施工过程的可视化管理。通过三维建模和虚拟现实技术,施工人员可以直观地了解地基处

理进度的每一个细节,从而做出更加精准的决策。

3.4 环保与可持续发展

在软土地基处理领域,环保与可持续发展的理念日益受到重视。为了实现道桥工程与生态环境的和谐共生,必须采取一系列有效措施,减少施工对环境的影响。首先,采用环保型加固材料是减少环境污染的关键。传统的加固材料可能含有有害物质,对土壤和地下水造成污染。因此,选择环保型加固材料,如生物基材料、可再生材料等,能够显著降低施工过程中的环境风险。这些材料不仅具有良好的加固效果,还能在自然环境中降解或循环利用,减少对环境的长期影响^[4]。其次,优化施工方案也是实现环保与可持续发展的重要途径。通过合理规划施工流程、减少土方开挖量、控制施工噪音和振动等措施,可以降低施工对周边环境的干扰。例如,采用非开挖技术或微创施工技术,可以最大限度地减少对地表的破坏,保护周边植被和生态系统。此外,在施工过程中还应注重资源的节约和循环利用。例如,合理利用施工废水、废渣等废弃物,通过处理后再利用或作为其他工程的资源,实现资源的最大化利用。同时,推广使用节能型施工设备和工艺,降低能耗和碳排放,也是实现可持续发展的重要措施。

结语

软土地基处理技术是道桥工程中的关键环节,其创新与实践对于提升工程质量和安全性具有重要意义。通过新材料的应用、复合地基技术的发展、智能化施工技术的引入以及环保理念的贯彻,可以推动软土地基处理技术的不断进步。未来,随着科技的不断进步和工程实践经验的积累,软土地基处理技术将朝着更加高效、环保、智能化的方向发展,为道桥工程提供更加可靠的技术支持。

参考文献

- [1] 韦锋.道路桥梁施工中软土地基施工技术处理研究[J].运输经理世界,2023,(03):119-121.
- [2] 李劲.道路桥梁施工中的软土地基处理技术要点[J].黑龙江交通科技,2022,45(09):44-46.
- [3] 孙政.道路桥梁施工中软土地基处理技术研究[J].中华建设,2022,(06):155-157.
- [4] 程岑.道路桥梁施工中的软土地基处理分析[J].四川水泥,2021,(09):277-278.