

公路工程施工中软基处理技术

赵 栋¹ 格日图²

1. 巴彦淖尔市公路养护中心绕城所 内蒙古 巴彦淖尔 015000

2. 巴彦淖尔市交通运输安全生产和质量保障中心 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘要: 公路工程施工中的软基处理是一个复杂且关键的问题,其直接关系到道路的质量和行车安全。本文探讨了当前主要的软基处理技术,包括浅层处理、排水固结法、置换法、灌入固化物、振密及挤密等方法,旨在为公路工程施工中的软基处理提供理论依据和技术参考。

关键词: 公路工程施工;软土地基;处理技术

引言

软土地基的处理一直是公路建设的重点和难点。软土具有高含水量、低强度、高压缩性等特点,若不经妥善处理,将导致地基承载力不足、路面沉降、变形等问题。因此,深入研究软基处理技术对于保证公路施工质量和安全具有重要意义。

1 软土地基的定义与成因

1.1 定义

软土地基,作为公路工程中常见的基础类型,特指那些由强度较低、压缩性显著、且往往富含细粒组分的土层所构成的地基结构。这类土层,如湿粘土、淤泥质土及部分泥炭土等,因其独特的物理力学性质,对地基的稳定性和承载力构成了严峻挑战。软土地基的定义不仅涵盖了土层的强度与压缩性特征,还隐含了其水分变化的高度敏感性,这些特性共同决定了软土地基在工程建设中的特殊地位。

1.2 成因剖析

软土地基的形成,是自然环境与人类活动相互作用的结果。一方面,长期的水文地质作用,如地下水位的季节性波动或人为抬升,导致土壤长期处于饱和或近饱和状态,土中孔隙水压力增大,有效应力降低,进而促使土壤强度减弱,压缩性增强。另一方面,土壤本身的水稳定性差,特别是细粒粘土和有机质含量高的土壤,在水分作用下易发生软化、膨胀甚至流变,加剧了软土的形成。此外,不恰当的排水系统设计、过度的地下水开采以及河流、湖泊的沉积作用也是不可忽视的成因。这些因素共同作用,使得软土地基成为公路工程中亟待解决的关键问题之一,其高含水量、低强度及不均匀性严重制约了地基的承载能力和长期稳定性。

2 公路工程施工中软基处理技术概述

2.1 浅层处理

浅层处理技术主要针对软土层分布较浅、厚度不大的地基情况,通过直接对地表附近的软土进行改良或替换,以达到提高地基承载力和稳定性的目的。以下是几种常用的浅层处理方法:

换填法: 换填材料的选择至关重要,需综合考虑材料的强度、压缩性、透水性以及经济性。常见的换填材料包括中粗砂、砂砾石、碎石、矿渣、改良土(如石灰土、水泥土)等。在选择时,还需考虑材料的来源、运输成本及对环境的影响。首先,根据设计要求确定换填范围和深度,然后进行开挖作业,将软土完全或部分挖除。接着,按照分层填筑、分层压实的原则,将选定的换填材料填入挖除区域,每层填筑后均需进行压实处理,以确保换填层的密实度和承载力满足设计要求^[1]。换填法的质量控制关键在于换填材料的质量和压实效果。需对换填材料进行严格的检验,确保其符合设计要求。同时,通过现场试验和监测,确保每层换填层的压实度达到规定标准。

垫层法: 垫层材料应具有良好的透水性、低压缩性和足够的强度,以有效传递上部荷载并加速软土的排水固结。常用的垫层材料包括砂垫层、碎石垫层、矿渣垫层等。垫层的设计需考虑其厚度、宽度、材料粒径等因素,以确保其能够满足排水和应力扩散的需求。施工时,需确保垫层铺设均匀、密实,且与下伏软土层紧密接触,避免出现空隙或松动现象。垫层法施工完成后,需对垫层的效果进行评估,包括其排水性能、承载力以及沉降情况等。同时,需进行长期的沉降监测,以确保地基的长期稳定性。

2.2 排水固结法

排水固结法是一种针对软土地基的有效加固技术,其核心在于通过人工设置的排水系统,促进地基土中孔隙水的排出,从而加速地基土的固结过程,提高地基的

承载力和稳定性。该方法特别适用于处理深厚层软土、高含水量地基以及需要控制地基沉降的工程。

塑料排水板法：塑料排水板是一种由高密度聚乙烯等合成材料制成的排水构件，具有耐腐蚀、重量轻、强度高、排水效果好等特点。其表面设有排水沟槽或滤膜，能够有效地将地基土中的孔隙水引导至排水板内，并通过排水板排出地基。首先，根据设计要求确定排水板的布置方案，包括排水板的间距、深度等。然后，使用专用机具将排水板插入软土地基中，确保排水板与地基土紧密接触。接着，通过施加预压荷载或利用地基土的自重，促使地基土中的孔隙水沿排水板排出，加速地基的固结过程。

袋装砂井法：袋装砂井是由透水性良好的砂料装入特制的编织袋或塑料袋中形成的排水井。砂井的直径和间距根据地基土的性质、固结要求以及施工条件等因素确定。砂井的设置能够有效地增加地基土的排水通道，加速孔隙水的排出。袋装砂井的施工主要包括砂井的定位、挖孔、装砂、封口等步骤。首先，根据设计要求确定砂井的位置和深度，然后使用挖掘机或人工挖孔至设计深度。接着，将准备好的砂料装入编织袋或塑料袋中，形成袋装砂井，并将其放入挖好的孔中^[2]。最后，对砂井的顶部进行封口处理，防止砂料流失。袋装砂井法通过砂井的排水作用，能够显著加速地基土的固结过程，提高地基的承载力和稳定性。同时，砂井的设置还能够有效地控制地基的沉降量，减少不均匀沉降对上部结构的影响。施工完成后，需对袋装砂井法的加固效果进行长期监测和评估，以确保地基的长期稳定性。

2.3 灌入固化物

灌入固化物法，作为一种高效且灵活的软土地基加固技术，其核心在于将特定固化材料（如水泥、石灰、化学浆液等）灌入地基土中，通过物理化学反应或物理作用，使地基土与固化材料紧密结合，形成具有较高强度和稳定性的复合地基。

深层搅拌法：深层搅拌法，又称水泥土搅拌桩法，是利用特制的深层搅拌机械，将水泥等固化剂与地基土进行强制性的机械搅拌，使固化剂与土颗粒充分混合，发生水化反应，形成具有一定强度和刚度的水泥土桩体。这些桩体与周围地基土共同作用，形成复合地基，显著提高地基的承载力和抗变形能力。首先，根据设计要求确定搅拌桩的位置、直径、深度和间距。然后，使用深层搅拌机械在预定位置进行钻孔，并同时注入水泥浆液。在钻孔过程中，机械搅拌头将水泥浆液与地基土进行强制搅拌，形成水泥土桩。搅拌完成后，需进行养

护，待水泥土桩达到一定强度后，即可进行后续施工。深层搅拌法的质量控制关键在于搅拌的均匀性、水泥浆液的配比以及养护条件。施工过程中，需严格控制搅拌速度、搅拌深度和搅拌时间，确保水泥浆液与地基土充分混合。同时，需对水泥浆液进行严格的配比和质量控制，确保桩体的强度满足设计要求。

高压旋喷法：高压旋喷法，又称高压注浆法或旋喷桩法，是利用高压喷射设备将固化材料（如水泥浆液、化学浆液等）以高速旋转的方式注入软土地基中。在高压喷射的作用下，固化材料能够迅速渗透并填充地基土的孔隙，与土颗粒发生化学反应或物理作用，形成固结体，从而提高地基的强度和稳定性。首先，根据设计要求确定注浆孔的位置、深度和间距。然后，使用高压喷射设备进行注浆作业^[3]。在注浆过程中，需控制注浆压力、注浆速度和注浆量等参数，确保固化材料能够均匀、充分地注入地基土中。注浆完成后，需进行养护和检测，确保固结体的强度满足设计要求。

2.4 振密及挤密

振密及挤密法作为一类重要的软土地基加固技术，其核心在于通过施加振动或挤压作用，改变地基土颗粒的排列方式，减少孔隙，从而提高地基的密实度和承载力。这类方法特别适用于处理松散、孔隙率高的软土地基。

强夯法：强夯法，又称动力固结法，是利用重锤（通常为数吨至数十吨）从高处自由落下产生的巨大冲击力，对地基进行反复夯击。这种冲击力能够瞬间压缩地基土，使土颗粒重新排列，孔隙减小，从而提高地基的密实度和承载力。同时，夯击过程中产生的振动波还能促进地基土的排水固结，进一步改善地基性能。强夯法施工通常包括测量放样、场地平整、夯点布置、夯击作业和检测验收等步骤。首先，根据设计要求确定夯点位置和夯击能（即重锤的重量和落锤高度）。然后，使用起重机将重锤吊至预定高度，自由落下对地基进行夯击。夯击需按规定的次数和能级进行，直至达到设计要求的密实度和承载力。最后，进行检测验收，确保加固效果满足设计要求。强夯法的质量控制关键在于夯击能的选择、夯击点的布置、夯击次数的确定以及夯击作业的监控。施工过程中，需严格控制夯击能，确保每次夯击都能产生足够的冲击力。同时，需对夯击点进行精确布置，避免漏夯或重复夯击。

振动挤密法：振动挤密法是利用振动设备（如振动压路机、振动夯等）产生的振动作用，对地基土进行挤压和振动。在振动作用下，地基土颗粒会发生相对运动，重新排列，孔隙减小，从而提高地基的密实度和承

承载力。该方法特别适用于处理粘性土、粉土等细粒土地基^[4]。振动挤密法施工通常包括场地准备、振动设备选择、振动作业和检测验收等步骤。首先,根据地基土的性质和加固要求,选择合适的振动设备和振动参数(如振动频率、振幅等)。然后,使用振动设备对地基进行振动作业,使土颗粒重新排列并挤密。振动作业需按规定的遍数和速度进行,直至达到设计要求的密实度和承载力。最后,进行检测验收,确保加固效果满足设计要求。

3 公路工程软基处理技术的选择原则

在面对软土地基处理时,技术的选择至关重要,它直接关系到工程的稳定性、安全性和经济性。因此,在选择软基处理技术时,必须综合考虑多方面的因素,以确保选出最优方案。首先,针对性原则是基础。不同的软土具有不同的物理力学性质,如含水量、压缩性、透水性等,这些性质将直接影响处理技术的选择。因此,必须深入了解软土的具体性质和特点,选择能够针对其弱点进行有效改良的技术。其次,适用性原则不可忽视。施工条件、工期要求、成本预算等都是实际工程中必须考虑的因素。在选择处理技术时,应充分考虑这些因素,选择既符合施工要求,又经济可行的方案。最后,综合效益原则是关键。在处理软基时,不仅要考虑技术的直接效果,还要综合考虑其对工期、成本、环境影响等多方面的综合效益。通过全面评估各种技术的优缺点,选择出综合效益最佳的处理方案,以确保工程的整体效益最大化。

4 公路工程软基处理技术的发展趋势

4.1 新技术的持续探索与广泛应用

随着科学技术的日新月异,公路工程软基处理领域正不断迎来新技术的涌现与应用。其中,微生物处理技术作为一种创新方法,通过特定微生物的代谢活动来改变软土的物理力学性质,实现地基的加固与改良。这种技术具有环保、经济且施工便捷的优势,正逐渐受到业界的关注与推崇。同时,新型固化材料的研发也为软基处理带来了新的突破。这些材料具有更高的强度、更好的耐久性和更广泛的适用性,能够更有效地提升地基的承载力和稳定性,为公路工程的安全与质量提供了有力保障。

4.2 智能化与信息化的深度融合

未来,软基处理技术将更加注重智能化与信息化的融合应用。通过引入先进的监测设备和技术手段,实现对地基数据的实时监测与精确分析。这些数据将包括地基的沉降量、承载力、孔隙水压力等关键指标,为施工参数的调整和处理效果的评估提供科学依据。同时,借助智能化控制系统,可以实现对施工过程的精确控制,确保处理效果达到最佳状态。这种智能化与信息化的深度融合,将极大地提升软基处理的效率和质量,为公路工程的快速、安全施工提供有力支持。

4.3 环保与可持续发展的核心理念

随着全球环保意识的日益增强,环保与可持续发展已成为公路工程软基处理技术的重要发展方向。在选择和处理技术时,将更加注重对环境的保护和资源的合理利用。这包括采用环保型固化材料、减少施工过程中的噪音和污染、优化施工方案以节约能源和资源等。同时,还将加强对软基处理过程中产生的废弃物的管理和回收利用,实现资源的循环利用和环境的可持续发展。这种以环保与可持续发展为核心的理念,将推动公路工程软基处理技术向更加绿色、高效、可持续的方向发展。

结语

公路工程施工中的软基处理是一个复杂而关键的问题。本文介绍了当前主要的软基处理技术,包括浅层处理、排水固结法、置换法、灌入固化物、振密及挤密等方法。在选择和处理技术时,应根据具体工程条件和要求综合考虑,以实现最佳的处理效果。未来,随着科技的进步和环保意识的提高,软基处理技术将朝着更加智能化、信息化和环保的方向发展。

参考文献

- [1]吴鑫煌.软基处理施工技术在公路工程施工中的应用研究[J].运输经理世界,2023,(33):13-15.
- [2]李国华.公路工程施工中的软基处理施工技术应用研究[J].运输经理世界,2023,(27):7-9.
- [3]赵国瑞.公路工程施工中软基处理技术研究[J].交通世界,2023,(08):66-68.
- [4]张建伟.公路工程施工中软基处理技术应用研究[J].交通世界,2022,(20):91-93.