

浅析公路路基施工中软土路基处理技术

李 洋 蔡雯婷

驻马店市公路工程开发有限公司 河南 驻马店 463000

摘要：公路路基施工中，软土路基处理是关键环节。软土具有高含水量、高压缩性、低透水性和低抗剪强度等特性，对路基稳定性和承载能力构成挑战。本文概述了软土路基的定义、特性及其对公路施工的影响，并深入分析了处理技术的选择受地质、水文条件及施工要求等因素的影响。随后，探讨了换土回填、碎石桩处理、排水固结、粉喷桩及强夯等常见处理技术的原理、适用条件及技术要点，旨在为提高软土路基处理效果提供参考，确保公路施工质量和安全。

关键词：公路路基施工；软土路基；处理技术

引言：在公路建设中，软土路基因其复杂的物理力学特性和对工程稳定性的显著影响，成为施工过程中需重点关注和妥善处理的难题。随着公路等级的不断提高和施工要求的日益严格，如何有效地改善软土路基的性能，提升其承载能力和稳定性，已成为业界普遍关注的问题。本文旨在深入探讨公路路基施工中软土路基处理的技术与方法，以期对相关领域的工程实践提供科学指导和技术支持。

1 软土路基概述

1.1 软土路基的定义与特性

在公路建设的广阔领域中，软土路基是一个复杂而关键的议题。其定义明确指出了软土路基的本质特征：这是一种由强度低、高压缩量的软土层构成的路基基础，其物理力学性质显著区别于其他类型的土壤。具体而言，软土路基通常具有高含水量、高孔隙率、低透水性和低抗剪强度等独特性质。（1）定义解析：高含水量是软土路基最为直观的特性之一，它意味着土壤中的水分含量远高于普通土壤，导致土壤颗粒间的相互作用减弱，进而影响了土壤的力学性质。高孔隙率则揭示了软土结构松散、密度低的特点，这种结构使得土壤在受到外力作用时容易发生变形。低透水性则是指软土中的水分难以通过自然排水过程排出，导致土壤长时间保持高含水量状态。而低抗剪强度则直接关联到软土路基的稳定性和承载能力，是软土路基在公路施工中需要特别关注的一个方面。（2）特性分析：首先，压缩性大是软土路基最为显著的特点之一。由于土壤颗粒间的连接较弱且孔隙率高，软土在受到外部荷载作用时容易发生压缩变形，且这种变形往往具有持续性和累积性。其次，稳定性差是软土路基在公路施工中需要重点解决的问题。由于软土的抗剪强度低且易于变形，路基在填筑和压实

过程中容易发生滑坡、坍塌等稳定性问题。此外，易变形也是软土路基的一个重要特性，它使得路基在长期使用过程中难以保持稳定的形态和尺寸。

1.2 软土路基对公路施工的影响

软土路基的这些特性对公路施工产生了深远的影响，具体表现在以下几个方面：（1）稳定性和强度问题：软土路基的低强度和差稳定性直接威胁到公路的整体安全。在路基填筑和压实过程中，如果处理不当，很容易发生路堤滑坡、路基沉降等稳定性问题。这些问题不仅会影响公路的正常使用，还可能对周边环境和居民造成安全隐患。（2）沉降变形问题：由于软土路基的压缩性大和易变形特性，公路在使用过程中容易发生沉降变形。这种沉降变形不仅会导致路面平整度下降，影响行车舒适性和安全性；还会加剧路面结构的损坏程度，缩短公路的使用寿命。此外，沉降变形还可能引起路面裂缝、沉降缝等病害的出现，进一步加剧公路的损坏程度。（3）施工难度与成本增加：软土路基的施工难度相对较大，主要体现在排水困难、施工周期长等方面。由于软土的低透水性和高含水量特性，使得在施工过程中需要采取有效的排水措施来降低土壤含水量；同时，由于软土的压缩性大和易变形特性，使得路基的填筑和压实过程需要更加谨慎和精细。这些都会增加施工的难度和成本。此外，为了确保公路的稳定性和安全性，还需要在软土路基处理上投入更多的资金和技术力量^[1]。

2 软土路基处理技术影响因素分析

2.1 公路施工环境与条件

（1）地质条件：地质条件是决定软土路基处理难度和效果的基础因素。软土层的厚度、埋深以及物理力学性质等，都会直接影响处理技术的选择和施工效果。例如，软土层厚度较大时，需要采用更为复杂和有效的处

理技术,如深层搅拌桩、排水固结法等,以确保路基的稳定性和承载能力。同时,软土的物理力学性质,如内摩擦角、粘聚力等,也会影响处理技术的效果。因此,在施工前,必须详细勘察地质条件,为制定处理方案提供准确依据。(2)水文条件:水文条件对软土路基处理同样具有重要影响。地下水位的高低和降雨量的多少,都会直接影响软土的含水量和稳定性。高地下水位会导致软土中的水分难以排出,增加处理难度;而频繁的降雨则会加剧软土的软化和变形。因此,在施工过程中,必须密切关注水文条件的变化,采取相应的排水和防护措施,确保施工顺利进行^[2]。(3)施工要求:公路等级和平整度要求等施工要求,也会对软土路基处理技术产生影响。高等级公路对路基的稳定性和平整度要求更高,因此需要采用更为严格和精细的处理技术。同时,施工工期、成本等因素也会对施工方案的选择产生影响。因此,在制定处理方案时,必须综合考虑施工要求、工期和成本等因素,确保方案的科学性和可行性。

2.2 路基状况

(1)路基类型:路基类型是影响软土路基处理技术选择的重要因素之一。不同类型的路基,其物理力学性质和稳定性存在差异,因此需要采用不同的处理技术。例如,粘性土路基由于粘聚力较强,但透水性差,容易形成水囊和滑动面,因此需要采用排水固结法或换填法等处理技术;而砂性土路基则由于透水性较好,但抗剪强度较低,容易发生液化现象,因此需要采用振冲碎石桩或深层搅拌桩等处理技术。(2)软土层的具体特性:软土层的具体特性,如含水量、孔隙比等,也会对处理技术产生影响。高含水量的软土在处理过程中需要特别注意排水问题,以确保处理效果;而孔隙比较大的软土则容易发生压缩变形,需要采用能够有效提高土壤密实度的处理技术。此外,软土的有机质含量、酸碱度等也会对处理技术产生影响。因此,在制定处理方案时,必须详细了解软土层的具体特性,以便选择最为合适的技术手段。

3 公路路基施工中常见的软土路基处理技术

3.1 换土回填技术

(1)原理:换土回填技术是一种直接而有效的软土处理方法,其核心在于利用强度高、稳定性好的材料(如砂、碎石、砾石或改良土等)替换掉原路基中的软土。这种替换过程不仅改善了土层的物理力学性质,还显著提高了路基的承载能力和稳定性。(2)适用条件:该技术特别适用于软土层厚度较小(如3-4米以内)且易于开挖换填的路段。在淤泥、杂土等软土特性显著的区

域,换土回填技术能够迅速改善地基条件,确保路基的坚实性和耐久性。(3)技术要点:1)材料选择。回填材料应具备良好的透水性、抗压缩性和耐久性。在选择材料时,需考虑其来源、成本及对环境的影响。2)换填深度。换填深度需根据软土层的实际厚度、分布情况及地基承载力要求综合确定。一般应确保换填后的土层厚度足以满足设计要求。3)夯实方法。回填材料应分层铺设并充分夯实,以提高土层的密实度和整体稳定性。夯实过程中可采用振动碾压、静力压实等方法,具体选择需根据材料性质和施工条件而定^[3]。

3.2 碎石桩处理技术

(1)原理:碎石桩处理技术通过在软土路基中打入碎石桩体,利用碎石桩的挤密效应和排水作用来提高路基的承载力和稳定性。碎石桩与周围软土形成复合地基,共同承担上部荷载,减少地基沉降。(2)适用条件:该技术适用于路堤较窄、软土层较厚且需要快速提高承载力的路段。碎石桩处理技术能够有效解决软土路基的沉降和稳定性问题,尤其适用于对工期要求较紧的工程项目。(3)技术要点:1)碎石桩的布置。碎石桩的布置需根据地质条件、荷载要求及加固效果进行综合设计。一般采用梅花形或正方形布置方式,以确保碎石桩之间的有效间距和加固范围。2)桩身材料。碎石桩的桩身材料应选用粒径适中、强度高的碎石或砾石。材料的级配应合理控制,以确保碎石桩的透水性及压缩性。3)施工方法。碎石桩的施工可采用振动沉管法、冲击成孔法等工艺。施工过程中需严格控制桩身的垂直度、成孔质量以及碎石的填充密实度,确保碎石桩的加固效果。

3.3 排水固结技术

(1)原理:排水固结技术通过设置排水系统(如砂井、塑料排水板等)和加压系统(如堆载预压、真空预压等),排除软土中的多余水分,加速土层的固结过程。这一过程中,土层的体积逐渐减小,密实度增加,从而提高路基的强度和稳定性。(2)适用条件:该技术特别适用于含水量较高、透水性较差的软土路基。在沿海地区、河流湖泊附近及低洼地带等水分丰富的地区,排水固结技术能够显著改善地基条件,减少沉降量。(3)技术要点:1)排水系统的设计与施工。排水系统的设计需根据地质条件、土层性质及加固要求进行合理规划。排水体的布置间距、直径及深度等参数应严格控制,以确保排水系统的有效性。同时,在施工过程中,需确保排水体的连续性和密实性,防止淤堵,保证排水效果。2)加压方式的选择。加压方式是影响排水固结效果的关键因素。堆载预压适用于场地开阔、便于堆载

的情况,通过堆载重物使土层受到压力,加速水分排出和固结过程。真空预压则适用于场地受限或需要快速固结的情况,通过在排水体上施加真空压力,形成压差促进水分排出。选择何种加压方式需根据工程实际情况和施工条件综合确定^[4]。3)监测与调整。在施工过程中,应加强对地基沉降、水平位移及孔隙水压力等参数的监测。通过监测数据及时了解土层固结情况,并根据监测结果调整施工方案,如增加或减少堆载量、调整真空压力等,以确保加固效果满足设计要求。

3.4 粉喷桩技术

(1)原理:粉喷桩技术是一种利用特殊设备将固化剂(如水泥、石灰等)以粉状形式喷入软土中,与土层中的水发生化学反应,形成具有一定强度的固化体。这一固化过程不仅改善了土层的物理力学性质,还显著提高了路基的承载力和稳定性。(2)适用条件:该技术适用于场地整洁、作业空间较大的施工场地。在需要快速提高软土路基承载力和稳定性的情况下,粉喷桩技术尤为适用。同时,该技术还适用于对环境保护要求较高的工程项目,因为固化剂的使用量相对较少,且施工过程中产生的噪音和污染较小。(3)技术要点:1)固化剂的选择与掺入比。固化剂的选择应根据土层性质、加固要求及经济性等因素综合考虑。掺入比需通过实验确定,以确保固化体的强度和耐久性满足设计要求。在选择固化剂时,还需注意其对环境的潜在影响。2)喷粉桩的施工质量控制。喷粉桩的施工过程需严格控制固化剂的喷射量、喷射压力及喷射速度等参数,确保固化剂均匀分布在软土中并与土层充分反应。同时,还需对喷粉桩的成桩质量进行监测和检验,如检查桩身强度、密实度及完整性等^[5]。

3.5 强夯技术

(1)原理:强夯技术通过起重机将重锤提升至一定高度后自由落下,利用重锤的冲击力对土层进行夯实作业。这一过程中,土层受到强烈的冲击压缩,颗粒间的空隙减小,密实度增加,从而提高土层的承载力和稳定性。(2)适用条件:该技术适用于土壤分布不均、平整度不佳的区域。强夯技术能够有效改善土层的物理力

学性质,减少沉降量,提高路基的坚实性和耐久性。同时,该技术还适用于对工期要求较紧的工程项目,因为强夯施工速度快、效率高。(3)技术要点:1)夯实设备的选择与使用。常见的强夯设备包括重锤、起重机械(如履带式起重机)等。在选择时,需根据具体工程项目的规模、土层的性质及深度、施工现场的条件等综合考虑。同时,应确保设备的性能稳定,能够满足施工要求,且在施工过程中能够保持精准的操作和稳定的控制。2)夯实次数与深度的控制。夯实次数和深度是控制强夯效果的关键因素。夯实次数太少或深度不够,可能导致土层未能达到预期的密实度;次数过多或深度过大,则可能浪费资源并增加成本。因此,在实际施工过程中,应根据土层的性质、设计要求和试验结果,合理确定夯实次数和深度,并进行动态调整。通常,通过现场试验和监测数据,可以对夯实效果进行评估,并据此调整施工方案。

结束语

综上所述,公路路基施工中软土路基处理技术的选择与应用对于保障公路工程质量与安全至关重要。通过科学合理的技术手段,如换土回填、碎石桩处理、排水固结、粉喷桩及强夯等,可有效改善软土路基的物理力学性质,提高其承载力和稳定性。未来,随着科技的不断进步和工程实践的积累,相信会有更多高效、环保的软土路基处理技术涌现,为公路工程建设提供更可靠的技术支撑。

参考文献

- [1]赵记昆.公路工程施工中软土路基处理技术[J].交通世界,2019(12):96-97.
- [2]刘庆.软土路基处理技术在公路施工中的应用[J].江西建材,2019(09):242-243.
- [3]高阳,江志平.公路工程施工中路基加固处理的工艺与技术[J].科技创新与应用,2019(28):78-79.
- [4]刘茜.市政道路施工中软土路基处理技术的运用研究[J].四川水泥,2020(06):51-52.
- [5]钟明满.公路工程施工中软土地基处理技术研究[J].散装水泥,2020(03):22-23.