

Research on the application of soft foundation reinforcement technology in municipal road construction

Zhao Huang

Yunnan Free Trade Zone Construction Engineering Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

As urbanization accelerates, the scale of municipal road construction is expanding. During road construction, soft soil foundations are a common issue due to their high water content, low shear strength, and significant compressibility. These characteristics can lead to foundation settlement and deformation, severely impacting the stability and lifespan of roads. Therefore, the reinforcement of soft foundations is crucial in municipal road construction. This article delves into the characteristics of soft soil foundations and their impact on municipal road projects. It provides a detailed introduction to various soft foundation reinforcement techniques, including fly ash gravel pile reinforcement, prestressed pipe pile reinforcement, replacement filling reinforcement, shotcrete grouting reinforcement, and sand cushion reinforcement. The article also analyzes the effectiveness of these techniques through specific case studies, aiming to offer scientific guidance for the reinforcement of soft foundations in municipal road construction.

Keywords

municipal road construction; soft ground foundation; soft foundation reinforcement technology; application research

软基加固技术在市政道路施工中的应用研究

黄钊

云南自由贸易试验区建设工程有限公司，中国·云南 昆明 650000

摘 要

随着城市化进程的快速推进，市政道路建设规模不断扩大。在道路施工过程中，软土地基是常见的不良地质条件，其具有含水量高、抗剪强度低、压缩性大等特点，容易导致路基沉陷、变形等问题，严重影响道路的稳定性和使用寿命。因此，软基加固技术在市政道路施工中显得尤为重要。本文深入探讨了软土地基的特性及其对市政道路工程的危害，详细介绍了多种软基加固技术，包括粉煤灰碎石桩加固、预应力管桩加固、换填加固、喷射注浆加固、砂垫层加固等，并结合具体案例分析了这些技术的应用效果，旨在为市政道路施工中的软基加固提供科学的参考和指导。

关键词

市政道路施工；软土地基；软基加固技术；应用研究

1 引言

市政道路作为城市基础设施的重要组成部分，对于城市的经济发展、交通运输和居民生活都有着至关重要的作用。在市政道路施工过程中，常常会遇到软土地基。软土地基的特性使得其在承受道路荷载时容易发生变形和沉降，严重威胁道路的质量和安全。据相关统计数据显示，在因道路质量问题导致的事故中，约有 30% 与软土地基处理不当有关。因此，研究和应用有效的软基加固技术，对于提高市政

道路的施工质量，延长道路使用寿命，保障交通安全具有重要意义。

2 软土地基的特性及其危害

2.1 软土地基的特性

2.1.1 含水量高

软土主要由粘土、粉土等细粒土组成，其颗粒细小，比表面积大，土粒表面负电荷吸引大量水分子，导致软土地基含水量通常较高，一般可达 30% - 80%。例如，在某城市的市政道路施工现场，对软土地基进行检测，其含水量达到了 60%，远超普通地基土的含水量范围。

2.1.2 抗剪强度低

由于软土颗粒间的连接较弱，且含水量高，使得软土的抗剪强度很低。在外部荷载作用下，软土地基容易发生剪切破坏，导致路基失稳。根据室内土工试验结果，该软土地基的内摩擦角仅为 15° 左右，粘聚力也较小，只有 10 -

【作者简介】黄钊（1983-），男，中国河南信阳人，本科，高级工程师，建筑工程一级建造师、市政公用工程一级建造师、民航机场一级建造师、一级注册消防工程师，从事市政公用工程、道路工程、生态绿地修复、园林绿化、环保工程、给排水污水管网、房建室外公共配套等研究。

20kPa。

2.1.3 压缩性大

软土具有较大的孔隙比，在荷载作用下，孔隙体积容易减小，表现出较大的压缩性。这会导致道路在建成后出现明显的沉降，影响道路的平整度和正常使用。对上述施工现场的软土地基进行压缩试验，结果表明其压缩系数高达 $0.5 - 1.0\text{MPa}^{-1}$ ，属于高压缩性土。^[1]

2.1.4 透水性差

软土的颗粒细小，孔隙也较小，使得其透水性很差。在施工过程中，地基中的水分难以排出，会影响地基的加固效果和施工进度。而且在道路使用过程中，水分长期积聚在地基中，会进一步降低地基的强度。

2.2 软土地基对市政道路工程的危害

2.2.1 路基沉降

由于软土地基的压缩性大，在道路建成后，随着车辆荷载的反复作用以及时间的推移，路基会逐渐发生沉降。路基沉降不仅会导致路面出现坑洼不平，影响行车舒适性，还可能造成车辆行驶安全隐患。据调查，某城市一条建成3年的市政道路，由于软土地基处理不当，出现了多处路基沉降，最大沉降深度达到了20cm，严重影响了道路的正常使用寿命。^[2]

2.2.2 路面裂缝

软土地基的不均匀沉降会使路面产生拉应力，当拉应力超过路面材料的抗拉强度时，路面就会出现裂缝。路面裂缝不仅会降低道路的美观度，还会加速路面的损坏，缩短道路的使用寿命。在上述出现路基沉降的道路上，也伴随着大量的路面裂缝，裂缝宽度从几毫米到几厘米不等，部分裂缝甚至贯穿了整个路面。

2.2.3 边坡失稳

在道路边坡处，如果软土地基没有得到有效加固，在雨水冲刷、车辆荷载等因素的作用下，容易发生边坡失稳现象，如滑坡、坍塌等。这不仅会损坏道路设施，还可能对行人和车辆造成安全威胁。某山区的市政道路，由于边坡处的软土地基未进行妥善处理，在一次暴雨后发生了滑坡，导致道路中断，交通瘫痪。

3 软基加固技术

3.1 粉煤灰碎石桩加固技术

3.1.1 加固原理

粉煤灰碎石桩（CFG桩）加固技术是利用水泥、碎石、粉煤灰等材料按一定比例混合搅拌后，通过成桩机械将其注入到软土路基中，形成具有较高强度的桩体。桩体与桩间土共同作用，形成复合地基，从而提高地基的承载能力和稳定性。其加固原理主要基于以下几个方面：一是桩体的置换作用，将软土中的部分土体置换成强度较高的桩体；二是桩体与桩间土的协同工作，共同承担上部荷载；三是挤密作用，在成桩过程中对桩周土体有一定的挤密效果，提高桩周土体

的密实度。

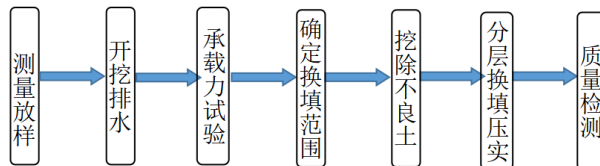


图1 软基处理技术

3.1.2 技术优势

该技术具有操作简便、施工效率高的特点。施工过程中不需要复杂的设备和专业技能，一般的施工队伍都能够熟练掌握。而且材料来源广泛，水泥、碎石和粉煤灰等都是常见的建筑材料，便于就地取材，降低了工程成本。与其他加固技术相比，CFG桩加固技术的造价相对较低，具有显著的经济性优势。据实际工程案例统计，采用CFG桩加固技术比采用其他一些传统加固技术，可节省成本10% - 20%。^[3]

3.1.3 适用范围

适用于各种软土地基，特别是对于深厚软土层、高压缩性软土以及对沉降控制要求极高的市政道路工程，如城市桥梁的引道、重要交通枢纽的道路等。在某城市的大型交通枢纽建设中，采用了预应力管桩加固技术，有效地解决了软土地基的沉降问题，保证了道路的稳定性和安全性。

3.2 换填加固技术

3.2.1 加固原理

换填加固技术是将软土地基中的不良土层挖除，然后用稳定性好、透水性强、易于压实的材料，如砂砾、碎石、灰土等进行回填。通过换填，去除了原软土中的软弱部分，提高了地基的强度和稳定性。同时，换填材料的良好透水性有利于地基中水分的排出，加速地基的固结。

3.2.2 技术要点

在施工过程中，首先要准确确定不良土层的范围和厚度，确保挖除彻底。其次，换填材料的选择至关重要，要根据施工现场的实际情况，选择符合设计要求的材料。在回填过程中，要分层填筑、分层压实，每层的填筑厚度和压实度都要严格控制。一般来说，每层填筑厚度不宜超过30cm，压实度要达到95%以上。

3.3 砂垫层加固技术

3.3.1 加固原理

砂垫层加固技术是在软土地基上铺设一层一定厚度的砂砾或碎石等透水性材料，形成砂垫层。砂垫层的主要作用是作为排水通道，加速地基中水分的排出，促进土体的固结。在排水固结过程中，土体的密实度增加，承载能力提高。同时，砂垫层还可以起到扩散应力的作用，减小地基的附加应力，降低地基的沉降量。

3.3.2 技术要点

砂垫层的材料应选择级配良好、质地坚硬、含泥量低的砂砾或碎石，其粒径一般控制在5 - 50mm之间。砂垫层

的厚度要根据软土地基的性质、排水要求和上部荷载等因素确定,一般为0.5-2.0m。在铺设砂垫层时,要保证其平整度和密实度,避免出现漏铺、架空等现象。

3.3.3 适用范围

适用于处理浅层软土地基,尤其是对于含水量较高、排水条件较差的软土地基有较好的处理效果。在一些小型市政道路工程或道路基层处理中,常采用砂垫层加固技术。

4 软基加固技术的应用案例分析

4.1 案例一:某城市主干道工程

4.1.1 工程概况

某城市主干道全长5km,道路红线宽度为40m。该路段穿越一片软土地层,软土厚度在3-8m之间,含水量高,抗剪强度低,压缩性大。为了确保道路的稳定性和使用寿命,需要对软土地基进行加固处理。

4.1.2 加固方案选择

经过综合考虑,最终选择了粉煤灰碎石桩(CFG桩)加固技术。根据地质勘察报告,设计CFG桩桩径为500mm,桩长根据软土厚度不同分别为8m、10m、12m,桩间距为1.5m,呈正方形布置。

4.1.3 施工过程

施工过程中,首先进行场地平整,然后采用长螺旋钻机进行成孔。在成孔过程中,严格控制钻孔的垂直度和深度,确保桩位准确。成孔后,通过混凝土输送泵将搅拌好的CFG桩混合料注入孔内,边灌注边提拔钻杆,直至桩顶达到设计标高。最后,对桩顶进行适当的夯实和修整。

4.1.4 加固效果

在CFG桩施工完成后,通过静载荷试验和地基沉降观测对加固效果进行检测。静载荷试验结果表明,复合地基的承载力特征值达到了200kPa以上,满足设计要求。经过一年的地基沉降观测,最大沉降量为30mm,沉降速率逐渐减小,地基沉降趋于稳定,道路运行状况良好。

4.2 案例二:某城市桥梁引道工程

4.2.1 工程概况

某城市桥梁引道工程,长度为1km,由于引道部分位于软土地基上,软土厚度较大,且对地基的沉降控制要求极高,否则会影响桥梁与道路的衔接,导致桥头跳车等问题。

4.2.2 加固方案选择

采用预应力管桩加固技术。根据地质条件和设计要求,选用PHC-500AB-100型预应力高强混凝土管桩,桩长25m,桩间距为2.0m,按梅花形布置。

4.2.3 施工过程

施工时,采用静压法沉桩。首先在施工现场设置测量控制点,准确测量桩位。然后利用静压桩机将管桩逐节压入地基中,在压桩过程中,密切关注桩身的垂直度和压桩力,确保压桩质量。当桩顶达到设计标高后,进行截桩处理。

4.2.4 加固效果

通过对预应力管桩的桩身完整性检测和复合地基承载力检测,结果显示桩身质量良好,复合地基承载力满足设计要求。经过多年的使用,引道部分的沉降量控制在5mm以内,有效地保证了桥梁与道路的衔接质量,未出现桥头跳车现象。

4.3 案例三:某城市旧路改造工程

4.3.1 工程概况

某城市旧路改造工程,原道路由于软土地基沉降等问题,路面出现了严重的破损和裂缝。该路段软土厚度较薄,一般在1-2m之间。

4.3.2 加固方案选择

采用换填加固技术,将原路面结构层和软土层挖除,换填为级配碎石。换填深度根据软土厚度确定,一般为1.5-2.0m。

4.3.3 施工过程

施工时,先对原道路进行破除,然后开挖软土层。在开挖过程中,注意控制开挖深度和范围,避免超挖或欠挖。开挖完成后,对基底进行平整和夯实,然后分层填筑级配碎石,每层填筑厚度为30cm,采用压路机进行碾压,确保压实度达到设计要求。

4.3.4 加固效果

道路改造完成后,经过一段时间的使用,路面平整,未出现明显的沉降和裂缝,行车舒适性得到了显著提高,达到了预期的加固效果。

5 结论

软土地基的存在给市政道路施工带来了诸多挑战,其特性如含水量高、抗剪强度低、压缩性大等容易导致路基沉降、路面裂缝、边坡失稳等问题,严重影响道路的质量和使用寿命。通过采用有效的软基加固技术,如粉煤灰碎石桩加固、预应力管桩加固、换填加固、喷射注浆加固、砂垫层加固等,可以显著提高软土地基的承载能力和稳定性,减少地基沉降和变形,保障市政道路的安全和正常使用。不同的软基加固技术具有各自的特点和适用范围,在实际工程中,应根据地质条件、工程要求、施工环境等因素综合考虑,选择合适的加固技术,并严格按照施工规范和技术要求进行施工,以确保加固效果。通过对多个实际工程案例的分析,验证了各种软基加固技术在市政道路施工中的有效性和可行性。

参考文献

- [1] 陈金彪,苏秦,杨青.市政道路软基加固技术研究[J].江西建材,2023,(02):164-165.
- [2] 杨鹏.市政道路施工中软土地基施工处理分析[J].工程建设与设计,2023,(04):172-174.
- [3] 史伟,吕鹏伟.市政道路工程软土地基处理技术分析[J].建设科技,2022,(20):27-29.