

软土处理技术在道路施工中的应用分析

谢永恒

盐城市交通规划设计院有限公司, 江苏 盐城 224000

[摘要]道路工程是现代城市基础设施建设中的“命脉”,其施工质量对于城市交通通行效率、居民生活质量具有重要意义,但道路工程施工过程经常会遇到软土地基这一技术难题。基于此,笔者结合自身所学及研究成果,对道路工程中软土处理技术的主要类型进行分析,并根据具体案例对其应用效果加以探究,希望能够对相关人士有所帮助和启发。

[关键词]软土处理技术; CFG 桩; 道路施工

DOI: 10.33142/aem.v7i3.15972

中图分类号: TU472

文献标识码: A

Application Analysis of Soft Soil Treatment Technology in Road Construction

XIE Yongheng

Yancheng Transportation Planning and Design Institute Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224000, China

Abstract: Road engineering is the "lifeline" of modern urban infrastructure construction, and its construction quality is of great significance for urban traffic efficiency and residents' quality of life. However, the construction process of road engineering often encounters the technical problem of soft soil foundation. Based on this, the author combines his own learning and research results to analyze the main types of soft soil treatment technology in road engineering, and explores their application effects based on specific cases, hoping to be helpful and inspiring to relevant personnel.

Keywords: soft soil treatment technology; CFG pile; road construction

软土具有低强度、高压缩性、不均匀性和触变性等不良工程特性,给道路施工带来极大的挑战,为了确保道路的稳定性和行车安全,相关施工单位必须对软土地基进行有效处理,才能确保道路施工的整体效果符合相关标准。因此,下文重点对软土处理技术在道路施工中的应用进行分析,旨在促进该领域的高质量发展。

1 道路施工中软土处理技术的主要类型

1.1 粉喷桩复合地基技术

粉喷桩复合地基技术作为一种先进的软土地基处理技术在工程实践中展现出了卓越的效能,其本质隶属于化学加固技术的范畴,核心在于通过特定的施工流程利用化学原理改善软土地基的物理力学性能。在实际施工过程中,实施粉喷桩复合地基技术高度依赖于专业施工设备的操作,施工人员需将配比的水泥粉、石灰粉等加固材料科学地加入到待处理的软土地基之中并随后启动搅拌装置对这些材料与软土进行深度混合。软土地基的一个显著特性是其内部水分含量较高,这往往给地基的稳定性和承载力带来不利影响,而粉喷桩复合地基技术则能够通过水泥粉、石灰粉等材料在搅拌过程中与地基中水分的化学反应直接吸收并结合地基中的多余水分,来形成稳定的化学键合结构,从而极大地提升软土的固结效果和整体强度。通过这一化学加固过程,原本抗压性能较弱的软土地基得到了显著改善,其承载力、稳定性均得到大幅度提升。此外,粉喷桩复合地基技术还具有广泛应用性,无论是在公路、铁路、桥梁等交通基础设施建设中,还是在高层建筑、工业厂房等大型建筑工程

的地基处理中,都能发挥出不可或缺的作用^[1]。

1.2 水泥搅拌桩

在水泥搅拌桩的施工过程中,搅拌机依靠搅拌机械上精密设计的叶片进行旋转和搅动来促使地基土发生细微的位移,将地基土进行破碎和分散逐渐转化为颗粒状形态,并且在搅拌机械的持续作业下水泥等固化剂会融入到颗粒状的地基土中,以此实现全面而均匀的混合。这一操作既能够确保固化剂充分覆盖到每一个地基土颗粒,还为后续的物理与化学反应提供了必要的条件。基于这些反应的共同作用,原本松软的土壤会转变为结构紧密且内聚力强大的水泥土;再经过时间的推移,这些水泥土会逐渐固化成一个整体性强、耐水性好的水泥土桩体并且强度也处在较高水平,能够通过周围土体形成紧密联结来有效提高整个地基的承载能力和稳定性^[2]。

水泥搅拌桩工艺作为一种高效且适应性强的地基处理技术,特别适用于处理淤泥土质、粉质黏土等软土地基,其在实际应用中展现出多种显著的特点和优势。具体而言,①在桩体形成过程中能够最大限度地利用原状土,同时水泥的用量相对较少,能够有效地节约材料资源,降低工程成本。通过水泥与软土的充分混合和化学反应对原状土的物理力学性能加以改善,从而形成强度更高、稳定性更好的地基结构;②加固后的土体重度基本保持不变,由于土体重度的稳定,地基在承受上部荷载时不易发生附加沉降等情况,能够有效避免因地基沉降而导致的建筑物损坏或功能失效;③在施工过程中对周边的建筑物影响较小,该

工艺主要依赖于水泥与软土的化学反应进行加固,无需进行大规模的开挖或振动作业,能够大幅减少对周围环境的干扰和破坏;④操作方式设计得相对直观且简便,即便是面对复杂多变的地质条件,施工人员也能迅速上手并熟练操作,整个施工过程中无需使用大型机械设备,极大地减少了施工现场对周边环境的噪声污染和振动干扰;⑤从经济层面来看,该工艺所需的材料成本、设备投入以及人力资源均相对较低,使得整体工程预算能够得到有效控制^[3]。

1.3 强夯技术

这项软土地基处理技术主要是针对那些抗压性能较弱的软土地基设计的,在以往处理这类地基时常常会采用强度施压的方法,希望通过施加外部压力来改善软土地基的抗压性能。但在实际操作中却发现这种方法的效果并不理想,无法从根本上提升软土地基的抗压强度。在此情境下,高强度夯实技术应运而生,主要是通过施加巨大的冲击力来挤压软土地基,从而有效地挤出其中的多余水分,增强地基的密实度和牢固性。需要明确的是,高强度夯实技术的应用需要耗费大量的时间、人力、物力,而且在施工过程中也容易出现夯实度不足等问题。因此,在采用高强度夯实技术进行软土地基处理之前必须做好准备工作,细致检查夯实机械的运行状态、各个部件的磨损情况以及液压系统等关键部分的性能,确保其处于最佳工作状态;同时还需要根据软土地基的实际情况制定合理的施工方案和夯实参数,以此来有效避免施工过程中的各种潜在问题,保证软土地基的处理效果^[3]。

1.4 表层处理技术

该软土地基处理技术的核心在于对软土表层的有效处理,而表层排水法便是其中一种,其适用性和效果也更为显著。在具体应用该方法进行软土地基处理时,施工团队首先需要在地表开展沟槽挖掘工作,这些沟槽的设计需充分考虑地形、水流等因素,以确保地表水能够顺利排入。同时,沟槽的挖掘还应注意深度和宽度的合理控制,以避免对地基造成不必要的破坏。此外,施工团队还可以按照一定比例在土基中掺入一些沙砾与碎石等材料,这些材料透水性能良好,在加入之后能够增强地基的透水性,使得多余的水分能够更快地排出,还能在一定程度上提高地基的承载力和稳定性。而且这些材料还能起到填充和加固的作用,使得沟槽施工的质量得到进一步提升^[4]。

1.5 换填置换法

该软土地基处理技术的核心策略在于采用优质土壤对原有的软土层进行彻底的换填与置换,从根本上提升地基的承载力和稳定性,为后续的道路施工和长期使用奠定坚实的基础。在实施这一施工技术的过程中,应严谨进行优质换填土的选择,既要具备较高的强度和稳定性,还须具备良好的透水性、抗剪强度以及适宜的压缩性,以确保换填后的地基能够满足工程设计和使用要求。在道路施工领域,透水性较强的土质因其能够有效降低地基中的含水

量、加速排水过程并提升地基的整体稳定性而被广泛采用。在国内,目前采用的换填方法多种多样,其中砂垫层置换法、抛石挤淤法以及垫层法是最为常见的几种。砂垫层置换法通过在软土地基上铺设一层或多层砂垫层加速地基排水且有效分散上部荷载,减少地基沉降;抛石挤淤法则是通过向软土层中抛投大粒径的石块或碎石将软土中的淤泥挤出,形成具有一定强度和稳定性的石层,从而提升地基的承载力和稳定性;垫层法涉及到的垫层材料选择和铺设厚度需根据地基的承载力、变形要求以及排水性能等因素进行综合考虑,以确保垫层能够有效地分散荷载、加速排水并提升地基的整体性能^[5]。

1.6 砂垫层法

鉴于软土地基复杂的土力学特性,采用不同的换填方法往往会带来截然不同的处理效果,砂垫层法能够应对多种软土地基工况,尤其在处理软土层较薄或含水量过大的施工环境时能够呈现出良好的效果。该方法的核心就是在软土地基上方铺设一层厚度适中(0.5~1.2m)的砂垫层作为排水通道,加速地基中多余水分的排出,在一定程度上增强地基的承载力和稳定性,促进软土层的固结过程。在实施砂垫层法时,换填层材料的安置作业至关重要,通常需要自卸汽车和推土机等机械设备进行协同作业,其中,自卸汽车负责将砂料运输至施工现场,而推土机则负责将砂料均匀摊铺在软土地基上并对其进行初步压实。砂垫层法的施工流程还需包括作业范围的选择,在此过程中,需充分考虑软土地基的分布特点、施工环境的限制条件以及后续工程的需求,确保通过科学合理地规划砂垫层法在处理软土地基时能达到最佳效果。

1.7 化学加固法化学

加固法在软土地基处理领域的应用历史悠久,且长期以来一直以其显著的处理效果而受到广泛认可,这种方法具备多样化的处理形式,而且还凭借其独特的化学加固原理在软土地基处理中发挥着重要作用。该方法的核心应用原理在于借助化学方法来对软土地基进行处理,在施工过程中,将特定的化学成分引入到软土地基中并与软土颗粒之间发生一系列的化学反应,在改变软土颗粒的物理性质的同时促使它们之间形成更为紧密和稳固的结合,从而显著提升地基的承载力和稳定性。在应用化学加固法进行地基处理时需要重点关注两个方面:一是施工设备;二是搅拌过程。具体而言,在选择和使用施工设备时,必须确保其能够满足化学加固法的特定要求,而且还要定期实施维护和保养,确保设备处于最佳工作状态;在搅拌环节则需要采用先进的搅拌技术和设备,确保化学成分能够均匀地分布在软土地基中并与软土颗粒充分反应。

1.8 塑料排水板法

在排水固结法中,塑料排水板这一方法应用原理独特且效果显著,主要依赖于在地基中设置竖向排水体系,包括沙井以及更为现代和高效的塑料排水板等手段,为地基

中的水分提供顺畅的排出路径。在施工过程中,首先会根据地基的具体情况和工程需求布置这些竖向排水设施。随后,借助于构筑物本身的重量,通过分级逐渐加载的方式对地基施加压力,迫使其中的空隙水沿着竖向排水设施排出。随着水分的逐渐排出,土体内部空隙不断减少,土体本身也逐渐变得更加紧密和坚固,能够更好地承载上部构筑物的重量,从而确保整个工程的安全和稳定。

2 软土处理技术在道路施工中的具体应用

2.1 工程概况

某市政道路工程位于所在城市中心区域,全长 5.2km,设计标准为城市主干道,设计车速为 60km/h。由于该路段穿越一片地质条件较为复杂的软土地基区域,主要由软土层、淤泥质土层和粉质黏土层组成(表 1),软土层厚度较大且承载力低、变形量大。为保证道路的稳定性和车辆行驶安全,项目团队初步拟采用以 CFG 桩为基础的复合地基加固为主要技术,并与其他两种技术(技术二、技术三)进行测试对比,以此来选择与该施工区域适配性更高的加固工艺。

表 1 软土地基具体参数

地质构成	厚度/m	天然含水量/%	天然孔隙比	内摩擦角/%	压缩模量/MPa
3-2 淤泥质黏土	3.22	52.4	1.302	3.12	2.2
3-1 淤泥质黏土	4.59	30.0	0.856	16.25	7.5
4-2 淤泥质黏土	3.12	25.9	0.776	25.44	4.6
3-2 亚砂土	7.45	20.6	0.813	6.85	3.3
3-4 亚砂土	6.22	15.9	0.794	12.44	6.2
4-2 亚黏土	2.50	30.2	1.046	26.60	8.5
4-3 亚黏土	8.62	26.5	1.123	9.85	7.6

2.2 测试结果

本次测试以地基竖向位移作为评价标准,对三种软土地基处理技术在不同荷载作用下的竖向位移值进行对比和分析,如表 2 所示。

表 2 不同荷载作用下的地基竖向位移值

荷载强度/kPa	CFG 桩竖向位移值/mm	技术二竖向位移值/mm	技术三竖向位移值/mm
50	10.25	13.84	12.65
100	19.43	19.95	20.97
150	28.34	28.78	29.44
200	36.51	37.32	38.44
250	43.15	52.91	45.62
300	50.77	66.24	53.08
350	60.93	79.24	64.84
400	72.44	88.72	75.79

2.3 结果分析

由 2 表数值可知,三种技术在荷载强度的增加下的竖向位移值均表现出扩大趋势,对于技术二而言,当地基所承受的荷载强度保持在 200.0kPa 以下时,其竖向位移能够控制在 40mm 范围内,也就是说,在该荷载强度范围内的竖向位移可以保持相对较为稳定的状态。一旦地基所受的荷载强度超过 200.0kPa 的阈值,其竖向位移便会呈现出明显增大趋势,比如当荷载强度上升至 300kPa 时,地基竖向位移会增至 66.24mm;当荷载强度上升至 350kPa 时,地基竖向位移会增至 79.24mm。

而技术三和技术二较为类似,当地基所承受的荷载强度保持在 200.0kPa 以下时,其竖向位移能够控制在 40mm 范围内,也就是说,在该荷载强度范围内的竖向位移可以保持相对较为稳定的状态。一旦地基所受的荷载强度超过 200.0kPa 的阈值,其竖向位移便会呈现出明显增大趋势,比如当荷载强度上升至 300kPa 时,地基竖向位移会增至 53.08mm;当荷载强度上升至 350kPa 时,地基竖向位移会增至 60.93mm。

与以上两种技术相比,CFG 在控制地基竖向位移方面的效果更好,在荷载增大时竖向位移的增加趋势较低,比如当荷载强度处于 300kPa,CFG 桩的竖向位移为 50.77,比技术二少 15.47mm,比技术三少 2.69mm;当荷载强度处于 350kPa,CFG 桩的竖向位移为 60.93,比技术二少 18.29;比技术三少 3.91mm。因此,可以说 CFG 桩在该工程中与其他两种技术相比具有更好的适配性。

3 结语

本文结合具体案例,对软土处理技术在道路工程中的应用进行探究,旨在帮助相关单位更好地指导道路施工实践,提高工程质量,推动城市交通建设的可持续发展。

[参考文献]

- [1]马婧茹,高明.软土地基处理技术在市政道路桥梁工程施工中运用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(4):148-150.
 - [2]戴艺君.软土地基处理技术在市政道路施工中的应用研究[J].建设科技,2024(15):69-71.
 - [3]于忠武.软土地基处理技术在市政道路施工中的应用研究[J].工程机械与维修,2024(3):153-155.
 - [4]刘帅.强夯法施工技术在市政道路软土路基处理中的应用尝试[J].中华建设,2022(5):148-149.
 - [5]周石馨.强夯法施工技术在市政道路软土路基处理中的运用分析[J].科技创新与应用,2021,11(20):179-181.
- 作者简介:谢永恒(1997.10—),男,哈尔滨工业大学交通科学与工程学院,交通运输工程专业;就单位:盐城市交通规划设计院有限公司,设计部职员,助理工程师。