

复杂地质条件下软土地基处理施工技术研究

白松梅

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 随着现代工程建设的快速发展,复杂地质条件下的软土地基处理问题成为影响工程质量和安全的关键因素。本研究深入探讨了软土地基的地质结构特征、物理力学性质及处理中的难点,系统分析了改良土质、置换法、补强法等主要施工技术。通过施工方案设计、质量控制与监测及效果评估等关键环节的研究,为复杂地质条件下的软土地基处理提供了有效的技术途径,确保了工程地基的稳定性和承载能力。

关键词: 复杂地质条件;软土地基处理;施工技术

引言: 在复杂地质条件下进行工程建设,软土地基的处理是一个至关重要的环节。软土地基因其高含水量、低承载力和易变形等特性,给工程建设带来了诸多挑战。为确保工程的安全性和稳定性,必须采取科学合理的施工技术对软土地基进行处理。本研究旨在探讨复杂地质条件下软土地基处理的有效施工技术,通过理论分析与实际案例相结合,为类似工程提供技术参考和借鉴,推动工程建设领域的持续进步与发展。

1 复杂地质条件下软土地基特性分析

1.1 地质结构特征

(1) 复杂地质条件下的地层分布和组合形式。在复杂地质条件下,地层分布往往错综复杂,组合形式多样。软土地层通常与其他类型的土层如砂土、碎石土等交替出现,形成了多层次、多类型的地层结构。这种地层分布和组合形式增加了软土地基处理的难度,因为不同土层之间的物理力学性质差异较大,需要采取针对性的处理措施。(2) 软土地层的岩石组成和性质。软土地层主要由细粒土组成,如黏土、粉质黏土等。这些土壤颗粒细小,粘聚力较强,但透水性差,且通常含有较高的有机质和水分。这些性质使得软土地层在受到外力作用时容易产生较大的变形,且固结时间长,稳定性较差。

1.2 软土地基的物理力学性质

(1) 软土的含水量、密度、压缩性等指标。软土的含水量通常较高,一般超过30%,部分地区的软土含水量甚至可达70%~200%。高含水量导致软土的密度较小,孔隙比大,压缩性高。在受到外部荷载作用时,软土容易发生显著的压缩变形,影响地基的稳定性。(2) 软土地基的承载力和变形特性。软土地基的承载力较低,无法满足大型或重型建筑物的需求。在荷载作用下,软土地基容易产生不均匀沉降和变形,严重时可能导致建筑物的倾斜、开裂甚至倒塌。此外,软土的抗剪强度也较

低,使得地基在水平荷载作用下容易发生剪切破坏^[1]。

1.3 软土地基处理中的难点和挑战

(1) 软土分布不均匀性。软土在空间的分布往往不均匀,存在明显的地域性和层次性差异。这种不均匀性增加了软土地基处理的难度,因为需要对不同区域、不同深度的软土采取不同的处理措施。(2) 软土地基加固的深度和稳定性要求。软土地基加固通常要达到一定的深度,以确保地基的稳定性和承载能力。然而,由于软土具有高压缩性、低承载力等特性,加固过程中容易出现地基失稳、变形过大等问题。因此,在加固软土地基时,需要严格控制加固深度和施工工艺,以确保加固效果和地基的稳定性。

2 软土地基处理施工技术概述

2.1 改良土质技术

改良土质技术主要通过添加外加剂或高强度材料来改变软土的物理力学性质,从而提高其承载力和稳定性。(1) 添加外加剂或高强度材料改良软土:这种方法通常涉及在软土中加入石灰、水泥、粉煤灰等外加剂,或者添加碎石、砂砾等高强度材料。这些添加剂能够与软土中的水分和黏土颗粒发生化学反应,生成具有更高强度和稳定性的新物质。例如,水泥的加入可以促进软土的硬化,提高其抗压强度和抗剪强度。(2) 典型工艺如软基固化处理和水泥搅拌桩:软基固化处理是将固化剂与软土混合,通过化学或物理作用使软土固化,形成具有一定强度的地基。水泥搅拌桩则是利用水泥作为固化剂,通过特制的深层搅拌机械,在地基深处将软土与水泥浆进行强制搅拌,形成水泥土桩,从而提高地基的承载力。

2.2 置换法技术

置换法技术是通过挖除软土层,并用高强度材料进行填充,以达到提高地基承载力的目的。(1) 挖除软土

层,填充高强度材料:这种方法适用于软土层较浅且厚度不大的情况。挖除软土后,可以填充碎石、砂砾、混凝土等高强度材料,形成新的地基层。(2)常见工艺如级配碎石换填、泡沫混凝土换填:级配碎石换填是利用不同粒径的碎石按一定比例混合后填充地基,以提高地基的承载力和排水性能。泡沫混凝土换填则是利用发泡剂制备泡沫混凝土,填充到软土地基中,形成轻质高强度的地基层。

2.3 补强法技术

补强法技术是通过增强软土土体的自身承载能力来提高地基的稳定性。(1)增强软土土体的自身承载能力:这通常涉及在软土地基中设置加筋材料,如加劲钢筋网、土工格栅等,以增强土体的整体性和抗剪强度。(2)常见工艺如铺设加劲钢筋网、预应力管桩:铺设加劲钢筋网可以增加软土地基的抗拉强度和整体稳定性。预应力管桩则是通过预先施加张力的方式,将管桩打入软土地基中,利用管桩的高承载力和抗拔力来提高地基的稳定性^[2]。

2.4 其他技术简介

除了上述技术外,还有一些其他常用的软土地基处理方法,如预压法、强夯法、桩基法和复合地基法等。预压法通过在地基上施加预压荷载,使软土提前完成部分固结,从而提高地基的承载力。强夯法则是利用重锤从高处自由落下产生的冲击能,使软土地基密实化。桩基法是通过在软土地基中设置桩基础,将上部荷载传递到深层稳定土层中。复合地基法则是结合多种处理方法,形成综合处理体系,以提高地基的承载力和稳定性。

3 复杂地质条件下软土地基处理施工技术研究

3.1 技术选择原则

在复杂地质条件下,软土地基处理技术的选择应综合考虑地质条件、荷载要求、工期成本等多方面因素。(1)地质条件:是选择处理技术的首要依据。需详细分析地基土层的类型、分布、含水量、压缩性、剪切强度等特性,以及地下水位、地震活动性等地质因素。对于深层软土,可能需要采用深层搅拌桩、排水固结法等技术;对于浅层软土,则可能更适合换填法、加筋法等。(2)荷载要求:建筑物的类型、规模、荷载分布等对地基处理的要求各不相同。高荷载要求的建筑物,如高层建筑、桥梁、大型储罐等,需要更加稳定的地基。因此,在选择处理技术时,应充分考虑地基处理后的承载力、变形控制等性能要求。(3)工期与成本:在保障安全和质量的前提下,施工周期和成本也是选择处理技术

时不可忽视的因素。应根据工程实际情况,平衡技术效果、施工周期和成本之间的关系,选择性价比最优的处理方案。

3.2 施工技术方案设计

针对具体工程案例,设计软土地基处理施工方案,是确保工程顺利进行的关键。(1)施工方法:根据地质条件、荷载要求和工期成本等因素,选定适宜的处理技术,并详细描述施工步骤和操作要点。例如,采用深层搅拌桩法时,应明确搅拌桩的布置、深度、直径等参数,以及搅拌机的型号、转速、搅拌速度等关键参数。(2)设备选择:根据施工方法,选定适宜的施工设备。设备的性能、精度和稳定性直接影响施工质量。例如,采用深层搅拌桩法时,应选择性能稳定、搅拌效率高的深层搅拌桩机;采用换填法时,应选择挖掘效率高、压实效果好的挖掘机和压路机^[3]。(3)材料选用:根据地基处理技术的需要,选定合适的加固材料。材料的质量直接影响地基处理的效果。例如,采用深层搅拌桩法时,应选用符合标准的水泥、石灰等固化剂;采用加筋法时,应选用强度高、耐久性好的加筋材料。

3.3 施工过程中的质量控制与监测

施工过程中的质量控制与监测是确保软土地基处理效果的关键环节。(1)质量控制措施:严格控制各项技术参数,如搅拌桩的搅拌均匀性、桩身强度、材料配比等。在施工过程中,应采取标准化作业流程,确保施工质量。例如,采用深层搅拌桩法时,应严格控制搅拌速度、搅拌时间等参数,确保桩身强度均匀;采用换填法时,应严格控制压实度、含水量等参数,确保换填层的密实度和稳定性。(2)监测要求:实施沉降观测、孔隙水压力监测、水平位移监测等,以实时监测地基处理过程中的变形情况。利用监测数据,及时调整施工参数,确保地基处理的稳定性和安全性。例如,在采用排水固结法时,应定期观测沉降量和孔隙水压力的变化情况,以判断地基固结的程度和速度;在采用深层搅拌桩法时,应观测桩身位移和沉降情况,以判断桩身的稳定性和承载力。

3.4 施工效果评估与分析

施工效果评估与分析是验证软土地基处理技术有效性的关键环节。(1)承载力与变形评估:通过实验数据对比分析软土地基处理前后的承载力、变形等性能变化。可采用静载试验、动力触探、旁压试验等方法检测地基处理后的承载力;采用沉降观测、水平位移观测等方法监测地基的变形情况。通过对比分析处理前后的数据,评估地基处理的效果^[4]。(2)技术可行性评估:根

据施工过程中的质量控制与监测结果,评估处理技术的可行性。分析施工过程中遇到的问题和困难,提出改进措施和建议。同时,考虑处理技术的施工难度、材料消耗、工期控制等因素,综合评估技术的可行性。(3)经济性评估:综合考量处理技术的成本效益。分析处理技术的材料成本、设备租赁费用、人工成本等直接成本,以及处理效果对建筑物长期安全运行的贡献等间接成本。通过对比分析不同处理技术的成本效益,评估技术的经济性。

4 工程实例分析

4.1 工程概况

某市政道路工程位于我国东南沿海地区,全长 3.2 公里,是连接城市新区与老城区的重要交通干道,建成后极大缓解区域交通压力,对促进区域经济发展意义重大。该工程所在区域原为滨海滩涂,后经人工回填形成陆域。地质勘察报告显示,表层 0 - 3 米为新近填土,结构松散,压实度不足;3 - 12 米深度范围内为深厚软黏土层,具有高含水量、高压缩性、低强度和低渗透性的特点,地基承载力特征值仅为 50kPa;12 米以下为粉质黏土层,工程性质相对较好。根据建设要求,道路路基需满足工后沉降不超过 20cm,地基承载力特征值达到 120kPa 以上,且施工过程中需严格控制对周边建筑物的影响。

4.2 施工过程与关键技术应用

针对工程地质条件和建设要求,施工团队采用真空预压联合堆载预压法进行软土地基处理。施工前,先清理场地表层杂物,平整场地后铺设 0.5 米厚砂垫层,形成水平排水通道。随后,按照设计间距 1.2 米 × 1.2 米,采用振动沉管法打设塑料排水板至软土层底部,深度约 12 米,作为竖向排水通道。接着,在砂垫层中埋设滤水管,并铺设密封膜,四周用黏土密封,形成封闭系统。

施工过程中,关键技术措施的实施是保证处理效果的核心。一方面,采用分级堆载方式,前期以轻型材料进行预压,逐步增加荷载,防止地基失稳;另一方面,利用真空泵持续抽气,使密封膜下形成稳定负压,加速软土地基排水固结。施工期间,严格控制真空度不低于 80kPa,确保抽气系统 24 小时稳定运行,并定期检查密封膜完整性,及时修补破损处。

4.3 处理效果与监测数据分析

4.3.1 性能指标对比

处理前,地基承载力特征值仅为 50kPa,无法满足道路建设要求。处理完成后,通过静载试验检测,地基承载力特征值达到 135kPa,远超设计要求的 120kPa。沉降监测数据显示,处理前软土地基平均沉降速率达 30mm / 月,处理后经过 3 个月的预压期,沉降速率降至 3mm / 月以下,最终工后沉降量控制在 18cm,符合不超过 20cm 的设计标准。

4.3.2 监测数据分析

在处理过程中,对孔隙水压力、地表沉降等指标进行实时监测。数据表明,随着真空预压和堆载预压的进行,孔隙水压力迅速下降,30 天内孔隙水压力消散率达到 60%,60 天时消散率超过 85%,证明排水固结效果显著。地表沉降曲线显示,沉降量在前 60 天增长较快,随后趋于平缓,与理论计算和预期效果相符,说明该软土地基处理技术方案科学合理,处理效果达到预期目标,为后续道路工程建设奠定了坚实基础。

结束语

综上所述,复杂地质条件下软土地基处理施工技术的应用,对于保障工程质量和安全具有重要意义。通过系统的理论分析与实证研究,我们揭示了软土地基处理的关键技术和质量控制要点。未来,随着新材料、新工艺的不断涌现,软土地基处理技术将更加注重环保与高效。我们期待更多学者和工程师投身于此领域,共同推动软土地基处理技术的创新与发展,为工程建设提供更加坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]陈明.复杂地质环境下软土地基处理策略与实践[J].土木工程学报,2023,(05):43-44.
- [2]高华.复杂地质条件下软土地基处理及施工技术探讨[J].建筑技术,2022,(10):101-102.
- [3]李娜.软土地基处理技术的最新进展与工程应用[J].工程地质学报,2020,(12):134-135.
- [4]张伟.深基坑开挖与软土地基处理技术的综合应用[J].岩土力学,2024,(15):157-158.