

某工程基于差异沉降控制的CFG桩复合地基处理

张 静

阜新城投建筑设计(集团)有限公司 辽宁 阜新 123000

摘要: 在基础设施建设中,差异沉降是影响建筑物稳定性和耐久性的关键因素。本文探讨了采用水泥粉煤灰碎石桩(CFG桩)复合地基处理技术来控制差异沉降的有效性。通过对某具体工程项目案例的研究,分析了CFG桩在减少地基不均匀沉降中的作用机制,并通过现场测试与数值模拟验证了其差异沉降控制的效能。研究表明,CFG桩复合地基能显著提高软弱地基的承载力,有效减少差异沉降,确保了工程结构的安全性和经济性,为类似工程提供有益的参考。

关键词: 差异沉降控制; CFG桩; 复合地基

随着城市化进程的加快和高层建筑的日益增多,地基处理成为工程建设中不可忽视的重要环节。地基的承载力和稳定性直接关系到建筑物的安全性和使用寿命^[1]。然而,在实际工程中,地基条件往往复杂多变,存在软硬交替、承载力不均等问题,导致建筑物在使用过程中出现差异沉降,影响使用功能和安全性。因此,寻求一种经济、高效、可靠的地基处理技术显得尤为重要。

1 工程概况

在某工程项目中,研究对象采用框架-剪力墙结构设计,具备一层地下层,地上楼层则高达18层。该建筑物被评定为三级抗震标准,其地基条件属于中等软土地域,经过评估并未显示出地震液化的风险,因此被归类为II类建筑场地。依据详尽的岩土工程勘察报告,该建筑场地特定区域浅层内广泛分布着由未经压实的填土(素填土)与粉质粘土混合构成的软弱土层,其最大厚度达到约10.5米,占据了较大面积。该区域内地基岩层的特性展现出显著的软硬互层现象,这一地质条件对基础稳定性构成了挑战。鉴于此,针对此范围内的软弱土层,实施有效的地基加固措施成为必要之举,确保建筑结构的稳固与安全。

2 基础方案的选择

鉴于场地土层软硬交替的特性,广泛分布的软弱地基难以满足建筑物对地基承载力和变形控制的高标准要求。依据地区的实践经验及当前土层分布特征,高层建筑的基础处理常倾向于桩基方案^[2]。然而,本次勘察报告推荐的人工挖孔灌注桩方案,虽能承载大单柱荷载,但其高混凝土消耗导致成本不经济,且施工效率低下,延长了工程周期。

在遵循安全、经济性及适用性的基本原则下,对基础处理方案进行了深入优化。结合场地具体的岩土工程

条件和建筑物结构荷载的特殊性,设计中创新性地采用了天然地基与CFG桩复合地基相结合的复合加固策略,以有效改善软弱土层的承载性能。在此方案中,如何在同一结构单元内合理协调并控制两种不同地基形式间的变形,特别是差异沉降问题,成为了基础设计成功与否的关键技术挑战。

3 CFG桩复合地基处理技术概述

3.1 CFG桩技术原理

CFG桩,即水泥粉煤灰碎石桩,是一种具有高强度和良好力学性能的地基加固技术。该技术通过在地基中加入由水泥、粉煤灰、碎石等材料混合而成的低强度混凝土桩,实现对地基的加固和改良。CFG桩的基本原理是利用这些桩体与周围土体的相互作用,共同形成复合地基系统,从而提升地基的整体承载能力和稳定性^[3]。

当建筑物或其他结构的荷载通过基础传递给CFG桩时,由于桩体的高强度和刚度,它们能够有效地将荷载分布到更深层的稳定土层中。这一过程中,桩体与土体的摩擦力以及桩端的承载力共同作用,使得整个复合地基系统能够更加均匀地承受外部荷载,减少了局部过载和不均匀沉降的风险。此外,CFG桩具有一定的弹性模量,能够减少地基的侧向变形和垂直沉降,特别适用于控制不均匀沉降的问题。

3.2 CFG桩复合地基的工作机制

CFG桩复合地基的工作机制涉及桩体与土体之间的协同作用,以及整个复合系统的承载机理。

桩-土协同作用,在CFG桩复合地基中,桩体与土体之间通过摩擦力相互结合,形成一个整体承载体系^[4]。当荷载作用于基础时,桩体与土体共同承担荷载,相互之间通过摩擦力传递应力,使得荷载能够更加均匀地分布在地基中。这种协同作用有效提升了地基的整体承载能

力,降低了差异沉降的风险。

应力重新分布,CFG桩的存在改变了地基内部的应力分布状态。通过在较弱土层中加入高强度的CFG桩,可以将应力集中到桩体上,并通过桩体传递到更深层的稳定土层中。这种应力重新分布机制有助于充分利用深层土体的承载能力,同时减少了浅层土体的负担,避免了过大的沉降和不均匀沉降的产生。

沉降控制,CFG桩通过以上两个主要机制共同作用实现了对沉降的有效控制。一方面,桩体本身因具有较高的刚度而能够限制土体的侧向变形和垂直沉降。另一方面,通过优化的桩-土协同作用和应力重新分布,CFG桩复合地基整体呈现出更好的承载性能和更小的沉降量。这种综合效应特别有利于控制和减小在复杂地质条件下可能出现的差异沉降问题。

3.3 CFG桩与其他地基处理方法的比较

与其他传统的地基处理方法相比,CFG桩技术具有多方面的优势:

成本效益,相较于传统的深层搅拌桩或灌注桩等方法,CFG桩在材料和施工过程中具有更低的成本。由于使用了工业废弃物如粉煤灰,CFG桩降低了材料成本,同时简化了施工过程,提高了整体的经济效益。

施工便捷性,CFG桩施工过程中对环境的干扰较小,施工速度快,工期短。与传统的地基处理方法相比,不需要复杂的设备和长时间的施工准备,有利于快速完成地基加固工作^[5]。

环境友好性,CFG桩施工过程中产生的噪音和振动较小,对周围环境和邻近建筑物的影响较低。此外,利用粉煤灰等工业废料也符合环保原则,有助于资源的循环利用。

适应性强,CFG桩适用于多种地质条件,包括软弱土层、液化砂土等复杂环境。无论是在城市高层建筑还是高速公路、铁路等领域,CFG桩都能展现出良好的适用性和加固效果。

4 CFC 桩复合地基的设计

4.1 设计原则

承载力匹配与差异沉降控制,设计的首要任务是确保CFG桩复合地基的承载力能够满足上部结构的荷载需求,包括静载和动载。这需要通过精确计算确定桩的数量、直径、长度以及桩间距离,以确保整体地基的稳定性。在多层或非均匀荷载分布的情况下,差异沉降可能成为结构安全的重大隐患^[6]。通过优化CFG桩的布置和参数,可以有效控制差异沉降,保持结构的整体性和安全性。

地质适应性与持力层选择,设计前必须进行详尽的地质勘察,了解土层的类型、深度、强度以及地下水位等关键信息。CFG桩的布置和设计应充分考虑这些地质特征,确保桩端能够落在具有足够承载力的持力层上,避免软弱土层导致的承载力不足。选择合适的持力层是CFG桩设计中的核心环节,它直接关系到地基的长期稳定性和安全性。通过地质勘探,确定最适宜的持力层,确保CFG桩能够有效传递荷载,减少地基沉降。

经济合理性与成本效益分析,设计时需综合考虑材料成本、施工成本以及后期维护成本,通过优化桩的布置、材料配比和施工方案,寻求最优的性价比。例如,适当增加桩的直径和减少桩的数量可以在保持承载力的同时降低施工成本。合理的材料配比不仅能提高CFG桩的强度和耐久性,还能降低成本。通过试验室试验确定最佳的水泥、粉煤灰、碎石和砂的比例,既能满足设计要求,又能控制成本。

施工可行性与设备兼容性,设计CFG桩时,必须考虑施工现场的具体条件,包括场地的可进入性、地下障碍物、施工空间限制等因素。设计应确保施工方案能够在给定条件下顺利执行。施工设备的选择对CFG桩的施工效率和质量有直接影响。设计时应考虑所选设备的性能和适用性,确保施工方案与设备能力相匹配,比如振动沉管法、长螺旋钻孔压灌法等,每种方法都有其适用范围和优势。

4.2 设计流程

地质勘查与分析,获取详细的地质资料,包括土层分布、物理力学性质等。

初步设计,根据地质资料和上部结构荷载,初步估算桩的参数。

详细设计,细化设计参数,包括桩径、桩距、桩长、褥垫层厚度和桩体强度。

施工图设计,完成CFG桩复合地基的施工图纸,明确桩的布置和施工要求。

现场试验与调整,进行现场试桩,根据试验结果调整设计参数。

施工监控与质量控制,施工过程中,监控CFG桩的施工质量和效果,确保符合设计要求。

5 CFG 桩施工技术

5.1 施工准备

在开始CFG桩施工之前,一系列准备工作是必不可少的,以确保施工的顺利进行和工程质量。再次审核地质勘察报告,确保施工区域的土层特性、地下水位等信息准确无误。对照设计文件,复核CFG桩的布置、桩

长、桩径等参数，确保施工图纸的准确性。检查水泥、粉煤灰、碎石等原材料的质量，进行必要的物理力学性能测试，确保符合设计要求。对施工所需的机械设备进行全面检查和调试，包括搅拌机、打桩机、输送泵等，确保其处于良好工作状态。组织施工人员进行技术交底会议，详细介绍施工工艺、质量标准和安全规程。

5.2 施工工艺流程

清除施工区域内的障碍物，进行地面平整，然后使用测量仪器定位桩位，确保桩位的准确无误。使用长螺旋钻机或其他适合的钻孔设备成孔，完成后进行清孔，去除孔内的残余泥土和杂质。按设计配比将水泥、粉煤灰、碎石、砂和水混合均匀，形成CFG桩混合料。将混合料通过泵送设备灌注至桩孔中，同时使用振动锤或振动棒进行振捣，确保混合料密实。待桩体初凝后，进行桩头的修整和平整，确保后续施工的顺利进行。

5.3 质量控制要点

确保每个CFG桩的位置与设计图纸完全一致，偏差不得超过 $\pm 50\text{mm}$ 。桩长应达到设计要求，误差控制在 $\pm 100\text{mm}$ 以内；桩径应与设计尺寸相符，偏差不超过 $\pm 20\text{mm}$ 。通过芯样试验或回弹法检测桩体强度，确保其不低于设计强度等级。褥垫层厚度应均匀，误差不超过 $\pm 10\%$ ，以确保上部结构荷载均匀传递至CFG桩。详细记录施工过程中的各项参数，如混合料配合比、灌注量、振捣情况等，作为质量追溯和工程验收的依据。

5.4 实例展示

在工程项目的CFG桩施工中，采用了长螺旋钻孔压灌法。施工前，通过现场试验确定了混合料的最佳配合比为水泥:粉煤灰:碎石:砂=1:1:3:1，水灰比为0.45。施工过程中，严格按照施工流程和质量控制要点执行，最终通过芯样试验，桩体强度达到了设计要求的C25标准，褥垫层厚度均匀，达到了设计厚度的300mm，偏差在允许范围内。

6 施工与质量控制

6.1 施工准备

施工前需进行详细的施工组织设计和技术交底工作，确保施工人员熟悉施工图纸和施工规范。同时需准备好施工所需的机械设备、材料和人员等资源。

施工过程控制，在施工过程中需严格控制CFG桩的直径、桩长、桩间距等参数符合设计要求。同时需加强现场管理和监督力度，确保施工质量和安全。在成桩过程中需及时检查桩身质量并进行必要的调整和处理。

质量检测，施工完成后需对CFG桩复合地基进行质量检测。主要包括桩身完整性检测、承载力检测和沉降观测等方面。桩身完整性检测可采用低应变动力检测或超声波检测等方法进行；承载力检测可采用单桩承载力试验或复合地基承载力试验等方法进行，沉降观测需在施工过程中和竣工后进行长期观测并记录数据。

6.2 效果分析

经过CFG桩复合地基处理后，该工程地基的承载力和稳定性得到了显著提高。通过沉降观测发现，地基的沉降量明显减小且差异沉降得到了有效控制。同时该处理方法还具有良好的经济效益和社会效益^[7]。一方面通过提高地基承载力和减小沉降量减少了后期维修和加固的费用，另一方面通过优化设计方案和施工工艺降低了施工成本和时间成本。

结束语

采用差异沉降控制的CFG桩复合地基处理技术，我们的项目已实现了显著的成果。地基的承载能力和稳定性严格遵循科学设计与严谨施工质量控制标准，确保符合工程预定规格。随着地基处理技术的持续进步与创新，以及新材料与新工艺的层出不穷，CFG桩复合地基的应用领域将日益扩大，并被广泛推广，为建设工程提供更为稳固的地基解决方案。

参考文献

- [1]张明远,陈丽萍,霍凯成.某工程基于差异沉降控制的CFG桩复合地基处理[J].建筑结构,2007,37(11):39-41.
- [2]常浩,丰逍野,马耀举,等.基于行驶舒适性的路桥过渡段差异沉降控制阈值[J].安全与环境工程,2024,31(1):116-123.
- [3]韦明.基于搭板设计的高速公路改扩建中路桥过渡段差异沉降控制方法[J].交通世界,2024(9):107-110.
- [4]钟珺.基于数值模拟的高速公路路基差异性沉降控制方法研究[J].交通世界,2023(15):76-80.
- [5]王一棋.基于层次分析法(AHP)的季冻区路基差异沉降评价方法[J].江西建材,2023(12):139-141.
- [6]叶林,张同波,李翠翠,etal.基于沉降观测的强风化岩地基主裙楼差异沉降分析[J].施工技术(中英文),2023,52(13):13-19.
- [7]丁龙亭,王选仓,付林杰,等.基于行车舒适性的土工格栅处治涵洞路基差异沉降技术[J].材料导报,2021,35(4):79-87.