

# CFG Pile Composite Foundation Reinforcement Construction Technology in Housing Construction Project

Hemin Zhu

Jianyan Kaibo Construction Engineering Consulting Co., Ltd., Beijing, 100080, China

## Abstract

CFG pile (Cement Fly ash Gravel Pile), also known as cement fly ash gravel pile, is a composite foundation technology widely used for soft soil foundation reinforcement. With the continuous acceleration of urbanization, the construction of high-rise buildings and large-scale infrastructure is increasing, and the requirements for foundation treatment technology are also becoming higher and higher. CFG pile, as an efficient and economical method of foundation reinforcement, has been widely used in building construction due to its simple construction, high bearing capacity, and strong durability. The paper mainly explores the application of CFG piles in building construction projects, and analyzes in detail their reinforcement principles, construction techniques, quality control, as well as possible problems and solutions encountered during construction. As an efficient foundation reinforcement technology, CFG pile composite foundation reinforcement construction technology has broad application prospects in building construction projects.

## Keywords

CFG pile; composite foundations; reinforcement technology; construction technology; quality control

# 房建工程中 CFG 桩复合地基加固施工技术

朱贺民

建研凯勃建设工程咨询有限公司，中国·北京 100080

## 摘 要

CFG桩（Cement-Fly ash-Gravel Pile），即水泥粉煤灰碎石桩，是一种广泛应用于软土地基加固的复合地基技术。随着城市化进程的不断加快，高层建筑和大型基础设施建设日益增多，对地基处理技术的要求也越来越高。CFG桩作为一种高效、经济的地基加固方法，因其施工简便、承载力高、耐久性强等特点，在房建工程中得到了广泛应用。论文主要探讨了CFG桩在房建工程中的应用，详细分析了其加固原理、施工工艺、质量控制以及施工中可能遇到的问题和解决方法。作为高效的地基加固技术，CFG桩复合地基加固施工技术在房建工程中具有广泛的应用前景。

## 关键词

CFG桩；复合地基；加固技术；施工工艺；质量控制

## 1 引言

随着城市化进程的加快，高层建筑和大型基础设施建设日益增多，对地基承载力的要求也越来越高。CFG桩作为一种有效的地基加固方法，因其成本低、承载力高、施工速度快等优点，在房建工程中得到了广泛应用。

## 2 CFG 桩加固原理

CFG桩加固技术作为高效的地基处理方法，通过将水泥、粉煤灰、碎石和水按照特定比例混合制成桩体，与桩间土体共同作用，形成复合地基，从而显著提高地基的承载力和稳定性。其加固原理首先体现在桩体置换作用上，即CFG桩体本身具有较高的强度和刚度，能够直接承担上部

结构的荷载，尤其是在软土地基条件下，这种置换作用尤为明显。当CFG桩打入地基中时，其不仅取代了部分软弱土体，还通过自身的高强度特征，形成稳定的支承点，有效分散上部荷载，减少地基沉降的可能性<sup>[1]</sup>。此外，CFG桩的施工过程往往伴随着强烈的挤密作用，该过程能够显著提高桩周土体的密实度，进而增强地基的整体承载能力。具体来说，CFG桩在打入地基的过程中，会对周围的土体产生挤压效应，使得桩周土体的孔隙率降低，颗粒间的接触更加紧密，从而提高土体的抗剪强度和压缩模量，增强地基的稳定性和承载力。CFG桩加固原理如图1所示。

CFG桩加固原理的另一个重要方面是桩间土体的加固作用以及桩土应力比的调整。桩间土体的加固主要通过CFG桩的挤密作用实现，即在CFG桩施工过程中，桩体对周围土体的挤压使得土体的密实度增加，从而提高了土体的力学性能。这种挤密作用不仅限于桩周土体，还会影响到更

【作者简介】朱贺民（1976），男，中国安徽阜阳人，工程师，从事建筑工程施工研究。

大范围内的土体,使得整个地基的均匀性得到改善,承载力显著提升。同时,通过合理的设计,可以调整 CFG 桩与桩间土体之间的应力分配,使得 CFG 桩承担更多的荷载,而桩间土体的应力得到有效降低。

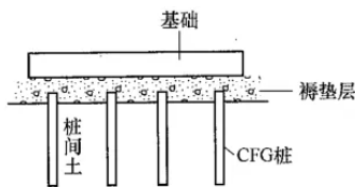


图 1 CFG 桩加固原理示意图

### 3 施工工艺

#### 3.1 施工准备

施工准备是 CFG 桩施工过程中的关键步骤,它直接影响到后续施工的质量和效率。首先,场地平整是必不可少的一项工作,需要彻底清除施工区域内的一切障碍物,如石头、树根、建筑垃圾等,确保施工现场无障碍物干扰。其次,使用推土机或挖掘机对场地进行平整,使其达到设计要求的平整度,必要时还需进行碾压,以确保地基的稳定性和承载力。场地平整完成后,需要进行详细的测量放线工作,这是确保桩位准确无误的前提。根据设计图纸,使用全站仪或经纬仪等精密仪器,精确测定并标记出每一个桩位的位置,误差应控制在允许范围内,通常不超过  $\pm 50\text{mm}$ 。此外,还需要设立临时基准点,用于后续施工过程中的复核。最后,设备选择也是施工准备的重要环节,应根据工程规模、地质条件和施工环境等因素,选择合适的打桩机和配套设备。常用的打桩机包括长螺旋钻机、振动沉管机等,它们各自具有不同的适用范围和特点。例如,长螺旋钻机适用于干作业成孔,适用于地下水位较低的场地;而振动沉管机则适用于湿作业成孔,适用于地下水位较高的场地。选择合适的设备不仅可以提高施工效率,还能确保施工质量,为后续工序的顺利进行奠定基础。

#### 3.2 桩体材料配比

桩体材料的配比是 CFG 桩施工中的核心技术之一,直接影响到桩体的强度和耐久性。根据地质条件和设计要求,合理确定水泥、粉煤灰、碎石和水的比例是确保桩体性能的关键。一般来说,水泥和粉煤灰是主要的胶凝材料,其全部掺量决定了桩体的强度和耐久性。水泥通常选用普通硅酸盐水泥,粉煤灰则选用 I 级或 II 级粉煤灰,这两种材料的掺量应根据试验结果进行调整。碎石作为骨料,其粒径和级配对桩体的力学性能有着重要影响,常用的碎石粒径范围为  $5\sim 31.5\text{mm}$ ,级配应连续,以确保混合料的流动性和密实度。水的用量则需要严格控制,过多或过少都会影响混合料的性能。通常情况下,水灰比(水与水泥和粉煤灰总量之比)应在  $0.35\sim 0.5$  之间,具体数值应通过试验确定。

#### 3.3 桩体施工

桩体施工是 CFG 桩施工的核心环节,需要严格按照设计要求和施工规范进行,确保桩体的质量和性能。第一,桩机就位是施工的第一步,需要将打桩机精确移动至指定桩位,确保桩位的准确性。第二,桩体成孔,常用的成孔方法包括长螺旋钻机成孔和振动沉管成孔。长螺旋钻机成孔适用于地下水位较低的场地,通过旋转钻杆将土体排出孔外,形成孔洞;振动沉管成孔则适用于地下水位较高的场地,通过振动沉管将土体挤向四周,形成孔洞。无论采用哪种方法,都需确保成孔深度和直径符合设计要求,同时避免孔壁坍塌。成孔完成后,进入桩体灌注阶段,将事先配制好的混合料通过钻杆或沉管灌入孔内,边灌注边缓慢拔出钻杆或沉管,确保混合料充分填满孔洞,不留空隙。灌注过程中应保持连续性和均匀性,避免出现断桩或夹层现象<sup>[2]</sup>。第三,桩头处理是确保桩顶标高符合设计要求的重要步骤,通常需要在灌注完成后,对桩头进行切割或打磨,去除多余的混合料,确保桩顶平整且标高准确。

#### 3.4 施工注意事项

在 CFG 桩施工过程中,需要注意多个细节,以确保施工质量和安全。第一,确保桩位准确是施工的前提,任何桩位偏差都可能影响到整个地基的稳定性和承载力。因此,在施工前必须进行精确的测量放线,确保桩位误差控制在允许范围内,通常不超过  $\pm 50\text{mm}$ 。此外,桩位标记应清晰可见,便于施工人员识别。第二,控制混合料的配比和灌注质量是确保桩体性能的关键。混合料的配比应严格按照试验结果进行调整,确保水泥、粉煤灰、碎石和水的比例合适,同时需注意混合料的和易性,避免出现离析或泌水现象。灌注过程中,应保持连续性和均匀性,避免出现断桩或夹层现象,确保桩体内部结构致密。第三,还需注意防止塌孔和缩径现象的发生,这是成孔过程中常见的问题。塌孔主要是由于孔壁土体不稳定或钻杆提升速度过快所致,可通过调整钻杆提升速度或在孔壁注入泥浆进行防护。缩径则是由于孔壁土体受到挤压而发生收缩,可通过调整钻杆直径或增加钻杆的旋转速度来解决。施工过程中,还需定期对设备进行检查和维护,确保其正常运行,避免因设备故障导致的施工中断。

### 4 质量控制

#### 4.1 材料质量控制

材料质量控制是 CFG 桩施工中确保工程质量的基础环节。在施工前,必须对水泥、粉煤灰、碎石等原材料进行严格的质量检验,确保所有材料均符合相关标准和设计要求。水泥作为主要的胶凝材料,应选用符合国家标准的普通硅酸盐水泥,出厂前需提供合格证书,并进行进场复检,重点检测其细度、凝结时间和安定性等指标。粉煤灰则应选用 I 级或 II 级粉煤灰,具有良好的活性和细度,能够有效提高桩体的强度和耐久性。粉煤灰同样需要提供合格证书,

并进行进场复检，重点检测其细度、需水量比和烧失量等指标。碎石作为骨料，其质量直接影响到混合料的流动性和密实度，应选用质地坚硬、级配良好的碎石，常用粒径范围为5~31.5mm，进场后需进行筛分试验，确保其级配符合设计要求。

#### 4.2 施工过程控制

施工过程控制是确保 CFG 桩施工质量的关键环节，需要对各个环节进行实时监控和严格管理。第一，桩体成孔深度、灌注量和拔管速度是影响桩体质量的重要参数，必须进行实时监控。成孔深度应严格按照设计要求进行，误差控制在  $\pm 50\text{mm}$  以内，确保桩体达到预定深度。灌注量需根据孔径和孔深精确计算，确保混合料充分填满孔洞，不留空隙。拔管速度应适中，过快会导致混合料无法充分填充孔洞，过慢则可能引起混合料离析，通常拔管速度控制在  $2\sim 3\text{m/min}$ 。第二，桩体的垂直度和位置偏差也是施工过程控制的重点，桩体的垂直度直接影响到桩体的承载力和稳定性，确保桩体位置准确无误。施工过程中，应定期使用经纬仪或全站仪对桩体的垂直度和位置进行检查，发现问题及时纠正。第三，对完成的桩体进行抽芯检测，评估桩身质量。抽芯检测应在桩体养护期结束后进行，通常养护期为 28 天。通过抽芯检测，可以直观地观察到桩体内部的密实度和均匀性，评估桩体的强度和耐久性。如果发现桩体内部存在空洞、夹层或离析等质量问题，应及时采取补救措施，确保桩体质量符合设计要求。

#### 4.3 成果检验

成果检验是 CFG 桩施工质量控制最后环节，通过科学的方法对复合地基的承载力和稳定性进行评估，确保地基加固效果达到设计要求。常用的检验方法包括静载试验和动力触探等。静载试验是评估复合地基承载力和沉降特性的最直接方法，通过在桩顶施加逐渐增大的荷载，记录桩顶的沉降量，绘制荷载 - 沉降曲线，从而确定复合地基的极限承载力和容许沉降值。静载试验应选择代表性桩位进行，试验前需对桩顶进行适当的处理，确保试验结果的准确性。动力触探则是通过锤击的方式，评估地基土的密实度和承载力，适用于浅层地基的检测。动力触探试验应选择多个点进行，确保检测结果的代表性。

### 5 施工中常见问题及解决方法

#### 5.1 桩体偏位

桩体偏位是 CFG 桩施工中常见的问题之一，主要原因在于施工机械定位不准确或操作不当。桩体偏位不仅会影响桩体的承载力和稳定性，还可能导致桩间土体的不均匀沉降，影响整个地基的性能。为解决这一问题，首先需要加强施工过程中的监控，确保桩机定位准确。在桩机就位前，应

使用全站仪或经纬仪对桩位进行精确测量和标记，确保桩位误差控制在  $\pm 50\text{mm}$  以内。桩机就位后，需进行水平和垂直校准，确保钻杆的垂直度误差控制在  $\pm 1^\circ$  以内。施工过程中，应安排专人负责监控桩机的位置，及时发现并纠正偏位现象。

#### 5.2 桩体强度不足

桩体强度不足是 CFG 桩施工中另一个常见的问题，主要原因在于混合料配比不当或搅拌不均匀。桩体强度不足会严重影响桩体的承载能力和耐久性，可能导致地基加固效果不达标。为解决该问题，首先需要优化混合料的配比，确保水泥、粉煤灰、碎石和水的比例符合设计要求。施工前应进行充分的试验，确定最合适的配比，确保混合料具有良好的流动性和密实度。其次，加强混合料的搅拌质量控制，确保混合料均匀一致。搅拌过程中应保持连续性和均匀性，避免出现离析或泌水现象。搅拌设备应定期进行检查和维护，确保其正常运行。最后，混合料在运输和灌注过程中也需注意防止离析，确保混合料的均匀性。对于已经完成的桩体，可以通过抽芯检测来评估桩体的强度和密实度，如果发现桩体强度不足，可以采取补桩或注浆等补救措施。通过这些措施，可以有效提高桩体的强度和耐久性，确保地基加固效果达到设计要求。

#### 5.3 桩间土体隆起

桩间土体隆起是 CFG 桩施工中常见的另一类问题，主要原因在于桩体施工过程中对土体的挤压作用。桩间土体隆起不仅会影响地基的平整度，还可能导致局部土体的承载力下降，影响整个地基的稳定性。为解决此问题，需要合理安排施工顺序，减少对土体的扰动。施工时应遵循由外向内、逐排推进的原则，避免在同一区域内集中施工，减少土体的重复挤压<sup>[9]</sup>。此外，可以采用分段施工的方法，将施工区域划分为若干个小块，逐块进行施工，每完成一个小块后，待土体稳定后再进行下一个区域的施工。

### 6 结语

CFG 桩复合地基加固技术在房建工程中具有显著的加固效果和经济效益。通过合理的设计、严格的施工工艺和质量控制，可以有效解决软土地基承载力不足的问题，保证建筑物的安全和稳定。

#### 参考文献

- [1] 陈武,梅翰文,蔡诚秀,等.PHC管桩复合地基失稳分析及加固处治设计[J].公路工程,2024,49(3):85-90.
- [2] 庄付岭.房建工程中CFG桩复合地基加固施工技术探讨[J].居业,2024(2):22-24.
- [3] 童伟章.某房建项目CFG桩复合地基加固技术要点分析[J].江西建材,2021(12):287-289.