

# 水泥搅拌桩加固路基技术研究与应用

## Research and Application of Subgrade Reinforcement Technology of Cement Mixing Pile

邵洪清<sup>1</sup> 黄达佳<sup>1</sup> 苏茂琼<sup>1</sup> 罗燕荣<sup>1</sup> 罗畅<sup>2</sup>

Hongqing Shao<sup>1</sup> Dajia Huang<sup>1</sup> Maoqiong Su<sup>1</sup> Yanrong Luo<sup>1</sup> Chang Luo<sup>2</sup>

1. 茂名职业技术学院 中国·广东 茂名 525000

2. 广东衡达工程检测有限公司 中国·广东 茂名 525000

1. Maoming Polytechnic, Maoming, Guangdong, 525000, China

2. Guangdong Hengda Engineering Testing Co., Ltd., Maoming, Guangdong, 525000, China

**摘要:** 水泥土搅拌桩是一种常用的路基加固技术, 通过将水泥混合土搅拌成桩状体进行灌注, 以增加路基的承载力和稳定性。其技术涉及水泥的水解和水化反应、粘土颗粒与水泥水化物的作用、施工工艺和材料的选取等方面。论文旨在深入研究水泥土搅拌桩加固路基技术, 探讨其机理、影响因素以及优化与改进方法, 并结合实际案例进行分析, 为工程实践提供参考。

**Abstract:** Cement soil mixing pile is a commonly used roadbed reinforcement technology, which increases the bearing capacity and stability of the roadbed by mixing the cement mixed soil into a pile like body for grouting. Its technology involves the hydrolysis and hydration reactions of cement, the interaction between clay particles and cement hydrates, and the selection of construction techniques and materials. This paper aims to conduct in-depth research on the technology of cement soil mixing pile reinforcement for roadbed, explore its mechanism, influencing factors, optimization and improvement methods, and analyze it with practical cases to provide reference for engineering practice.

**关键词:** 水泥搅拌桩; 加固路基技术; 研究与应用

**Keywords:** cement mixing pile; reinforcement of subgrade technology; research and application

**DOI:** 10.12346/etr.v5i11.8777

## 1 引言

水泥土搅拌桩是一种常用的路基加固技术, 通过将水泥和土壤进行搅拌、固化来增强路基的承载能力和稳定性。论文旨在对水泥搅拌桩加固路基技术进行研究与应用的探讨, 以期对相关领域的工程实践提供理论支持和实际指导。

## 2 水泥的水解和水化反应

水泥是水泥土搅拌桩的主要材料, 其水解和水化反应是实现加固效果的关键因素。水泥的水解是指水泥与水发生反应, 生成水化物和合物的过程。水泥的水化反应则是指水泥水化生成的水化物继续与水发生反应, 形成坚固的胶凝物。水泥的水解和水化反应能够填充土颗粒之间的空隙, 形成坚固的结构, 从而提高土体的强度和稳定性。因此, 水泥的水解和水化反应是水泥土搅拌桩加固技术的核心机理<sup>[1]</sup>。

水泥搅拌桩在施工中, 由水泥水化物与粘土颗粒发生作用, 形成了水泥—土—水化物的复合体系, 这种复合体系对土体的加固起到了重要作用。水泥水化物填充了土壤的孔隙, 使土壤颗粒之间紧密结合, 增加了土壤的整体密实度和强度, 提高了土体的承载能力和抗剪强度。另外, 水泥水化物与粘土颗粒之间的化学反应也起到了增强土体的作用, 水泥水化物和粘土颗粒之间的反应会形成坚固的粘体, 使土体表现出更好的抗压、抗切等力学性能。因此, 这种复合作用在水泥搅拌桩加固路基中起到了至关重要的作用。

## 3 水泥土搅拌桩强度的影响因素

### 3.1 水泥掺入比及水泥强度等级

水泥掺入比是指水泥的用量与土壤总质量的比值, 它直接影响着搅拌桩的强度。一般来说, 水泥掺入比越大, 搅拌

【作者简介】邵洪清(1976-), 女, 中国广东茂名人, 本科, 高级工程师, 从事道路交通运输规划、公路市政勘测设计研究。

桩的强度越高,但是如果掺入比过大,会导致水泥浆液的黏度过高,影响搅拌施工的效果。因此在实际工程中需要根据土壤的性质和工程要求合理确定水泥的掺入比。此外,水泥的强度等级也是影响搅拌桩强度的重要因素,通常情况下,使用强度等级较高的水泥可以提高搅拌桩的整体强度。

### 3.2 龄期

水泥土搅拌桩在施工后需要经过一定时间的养护和龄期,才能够发挥出其最大的强度。在龄期内,水泥与土壤中的水分和气体慢慢交换,形成坚固的结构,从而提高搅拌桩的整体强度。因此,在实际应用中,需要合理控制水泥土搅拌桩的龄期,以确保其达到设计要求的强度。

### 3.3 土的含水量对强度的影响

土的含水量是影响水泥土搅拌桩强度的重要因素之一,适当的含水量有利于水泥与土壤充分混合,促进水泥的水化反应,形成坚固的水泥石,从而提高水泥土搅拌桩的强度。然而,如果土壤含水量过高,不仅会导致搅拌后的土浆流失,还会影响水泥的固化过程,降低水泥土搅拌桩的强度。因此,在实际工程中,需要对土壤的含水量进行精确控制,避免过高或过低的含水量对水泥土搅拌桩的强度产生不利影响。

### 3.4 有机质对强度的影响

土壤中的有机质含量对水泥土搅拌桩的强度也有一定的影响,有机质含量较高的土壤,由于有机质本身对水泥的水化反应产生不利影响,使得水泥土搅拌桩的强度相对较低。因此,在实际工程中,需要对含有有机质较高的土壤进行特殊处理。例如,采用预处理措施,如添加化学剂,以降低有机质对水泥土搅拌桩强度的影响,提高加固效果。

## 4 水泥搅拌桩施工技术的研究与实践

### 4.1 “两搅一喷”施工方法

①“两搅一喷”是一种常用的水泥搅拌桩施工方法,其原理是在桩孔中填充水泥浆料,并同时搅拌,使水泥浆料充分固化。一方面,进行动力搅拌桩机在桩孔内搅拌水泥浆料,然后通过高压喷射泵喷射水泥浆料,使其充分填充桩孔。另一方面,这种施工方法操作简便,施工效率高,可大幅提升路基的承载力和稳定性。但在实际应用中,也需要根据地质条件和工程要求进行合理调整,以确保施工质量。

②“两搅一喷”施工方法是一种常见的水泥搅拌桩施工方法,其主要步骤为:首先进行搅拌,将水泥与土壤充分混合;接着进行注浆,将搅拌后的土浆注入成孔管中;最后进行成孔,形成一根坚固的水泥桩体。这种施工方法具有工艺简单、周期短、成本低等优点,被广泛应用于各类路基加固工程中。

在实际工程中,我们将“两搅一喷”施工方法应用于某高速公路路基的加固工程中。经过实地勘测和项目设计,我们确定了适合的搅拌桩参数和孔距,按照设计要求进行了施工。在施工过程中,我们通过合理安排施工顺序和严格控制

浆液配比,确保了施工质量和进度。经过一段时间的使用,该路段的承载能力和稳定性得到了明显提升,有效解决了原有路基的沉降和变形问题<sup>[2]</sup>。

### 4.2 “三搅三喷”施工方法

①“三搅三喷”是在“两搅一喷”方法的基础上进一步发展而来的施工方法。它在水泥搅拌桩施工过程中增加了一次搅拌和一次喷射,从而使得水泥浆料的充填更加均匀、牢固。在这种施工方法中,首先进行两次搅拌,然后进行两次喷射,最终再进行一次搅拌。这种方法有效地提高了水泥搅拌桩施工效果,特别是对于软弱地基的处理效果更加显著。

②“三搅三喷”施工方法是一种新型的水泥搅拌桩施工方法,相较传统的“两搅一喷”施工方法,其在搅拌和注浆环节均增加了一道工序,进一步提高了注浆效果和桩体坚固性。该方法适用于土质较松软、承载能力较低的路基,能够有效增加路基的稳定性和承载能力。我们以某跨江大桥路基的加固工程为例,应用了“三搅三喷”施工方法。

在实施前,我们对原路基进行了细致的地质勘测和工程设计,确定了适合的施工参数和孔距。在施工过程中,我们按照设计要求进行水泥搅拌和搅拌桩成孔,并分别进行三次的注浆过程,确保桩体的密实和坚固。经过一段时间的使用和监测,这段路基的承载能力和稳定性得到了显著提升,桩体也经受住了风雨的考验。

## 5 水泥搅拌桩加固路基技术的优化与改进

### 5.1 水泥搅拌桩材料配合优化

水泥搅拌桩的材料配合主要包括水泥、砂、碎石等成分,它们的质量比例和配合技术将直接影响到搅拌桩的强度、密实性以及耐久性等指标。因此,对于水泥搅拌桩的材料配合进行优化,并且根据实际施工情况不断改进,将是提高水泥搅拌桩加固效果的重要途径。

在材料配合方面:首先,需要选用优质的水泥和砂、碎石等骨料,保证其质量符合国家标准,并且要根据地基的承载力、孔隙度等参数进行合理的配比。其次,在施工过程中需要严格控制水泥浆料的配制,确保其流动性和均匀性,避免产生浆体分层等问题。最后,针对不同地质环境和施工条件,应根据实际情况进行材料配合的改进和优化。例如,在泥质地基中可能需要增加砂和碎石的比例,以提高桩体的密实性和抗渗性;而在含水量较高的地基中,可能需要添加外加剂或者改变水灰比,以确保水泥搅拌桩具有良好的抗渗性和耐久性。

### 5.2 施工工艺优化

水泥搅拌桩的质量主要受到施工工艺的影响,在水泥搅拌桩的施工过程中,施工工艺的合理性对于水泥搅拌桩的质量和加固效果起着至关重要的作用。因此,对水泥搅拌桩的施工工艺进行优化是提高工程质量的关键。首先,应根据实际情况选择合适的施工设备和工艺流程。在水泥搅拌桩的施

工中,应根据项目的具体情况选择合适的搅拌桩机和搅拌桩工艺流程,确保施工设备和工艺流程能够满足工程要求,并且保证施工过程中的稳定性和可靠性。其次,应加强对施工操作的管理和监控。在水泥搅拌桩的施工过程中,必须加强对施工操作的管理和监控,确保施工操作按照规范和要求进行,避免施工过程中出现质量问题和安全隐患。最后,应注重施工人员的培训和技术提升。水泥搅拌桩的施工需要操作人员具有一定的技术和经验,因此应加强对施工人员的培训和技术提升,提高他们的施工技能和业务水平<sup>[3]</sup>。

### 5.3 加固效果评价与改进

水泥搅拌桩施工完成后,需要对其加固效果进行评价,并根据评价结果进行相应的改进措施,以确保路基的稳定性和承载能力。一般来说,水泥搅拌桩的加固效果主要包括桩体的强度、桩周土体的改良效果以及路基的沉降情况等方面。在评价加固效果时:首先,需要对水泥搅拌桩进行质量抽检和抗压强度测试,确保桩体的强度符合设计要求。其次,需要通过静载荷试验、动力触探等方法来测定桩周土体的改良深度和范围,并且对于路基的沉降情况进行实测和监测。最后,根据评价结果进行改进措施,包括调整材料配合比例、优化施工工艺、增加桩径和桩长等方法,以提高水泥搅拌桩的加固效果。

## 6 水泥搅拌桩加固路基技术应用案例分析

### 6.1 案例一:某高速公路水泥搅拌桩加固路基工程

该工程位于某高速公路的一段路段,由于地质条件复杂,路基出现了较为严重的变形和沉降现象,严重影响了路面的使用和行车安全。针对这一情况,工程施工方采用了水泥搅拌桩加固路基技术进行加固处理。首先,施工方对路基进行了详细的勘察和分析,确定了水泥搅拌桩的布置位置和参数设计。其次,在施工现场进行了水泥搅拌桩的钻孔和灌浆工作,通过将水泥和土壤充分混合,并压实成桩,形成了一道坚固的桩基,有效提高了路基的承载能力和抗变形能力。最后,经过一段时间的观测和检测,该路段的路基沉降情况得到了有效的控制,路面的平整度和平稳性也得到了明显改善。整个工程取得了良好的应用效果,为该高速公路的运行安全和舒适性提供了可靠的保障。

### 6.2 案例二:某铁路水泥搅拌桩加固路基工程

某铁路沿线路基存在明显的下沉和变形现象,为了解决

路基稳定性问题,铁路管理部门决定采用水泥搅拌桩加固路基。在施工前,工程师对路基进行了充分的勘察和分析,确定了水泥搅拌桩的数量、深度和间距。随后,施工人员按照设计要求进行了水泥搅拌桩的施工,通过机械搅拌和注浆的方式完成了桩的制作和浇筑。经过一段时间的观察和检测,路基的稳定性得到了明显改善,下沉和变形现象得到有效控制。同时,路基的承载能力也得到了显著提升,能够满足铁路列车的运行要求。该工程的成功应用,充分验证了水泥搅拌桩加固路基技术在铁路工程中的可行性和效果。

### 6.3 案例三:某市政道路水泥搅拌桩加固路基工程

某市政道路的路基在长期使用和车辆频繁行驶下出现了较为严重的沉陷和裂缝,给交通安全和行车舒适性带来了一定的影响。为了解决这一问题,市政管理部门决定采用水泥搅拌桩加固路基的技术进行改造。在施工前,工程师进行了详细的勘测和测量,确定了施工方案和加固措施。随后,施工人员按照设计要求进行了水泥搅拌桩的施工工作,完成了桩的制作和浇筑。经过一段时间的使用和观察,市政道路的路基得到了明显的改善,沉陷和裂缝问题得到了有效解决。同时,路基的承载性和稳定性也得到了提升,为市民的出行提供了更加安全和舒适的环境。该工程的成功应用,证明了水泥搅拌桩加固路基技术在市政工程中的实用性和有效性。

## 7 结语

综上所述,水泥土搅拌桩加固路基技术是一种有效的路基加固方法,论文对水泥土搅拌桩的加固机理、强度影响因素、施工技术、优化与改进以及应用案例进行了系统的研究与探讨,为相关领域的工程实践提供了理论支持和实际指导。随着科技的不断发展,相信水泥土搅拌桩加固路基技术会得到更广泛的应用和进一步的完善。

## 参考文献

- [1] 曹晓宇.水泥搅拌桩加固软土路基与试验检测技术研究[J].中国高新科技,2022(24):52-53.
- [2] 刘妮娜.铁路软土路基水泥搅拌桩加固施工技术研究[J].工程机械与维修,2023(4):111-115.
- [3] 邓友生,孟丽青,蔡梦真,等.水泥土搅拌桩加固黄土路基稳定性研究[J].郑州大学学报:工学版,2022(1):43.