

钻孔灌注桩后压浆加固机理及应用

曲席坤

山东省路桥集团有限公司 山东 济南 250000

摘要：钻孔灌注桩后压浆加固技术以其独特的加固机理和显著的加固效果，在土木工程领域具有广泛的应用前景。本文概述了钻孔灌注桩的基本原理和特点，阐述了后压浆加固技术的概念及其加固机理，包括浆液渗透与填充、劈裂与胶结、扩径与扩底效应以及化学与物理反应加固等方面。分析了后压浆加固技术的施工工序、所需机具设备以及施工中的质量控制要点。通过本文的研究，旨在为工程实践提供理论指导和技术支持，促进后压浆加固技术在钻孔灌注桩加固领域的广泛应用和发展。

关键词：钻孔灌注桩；后压浆加固机理；应用

引言：钻孔灌注桩作为一种常见的地基处理方法，在各类土木工程中发挥着重要作用。但在实际应用中，钻孔灌注桩往往会受到地质条件、施工工艺等多种因素的影响，导致其承载力不足或稳定性问题。为了解决这些问题，后压浆加固技术应运而生。本文将系统介绍钻孔灌注桩后压浆加固技术的机理与应用，以期工程实践提供科学依据和技术参考。

1 钻孔灌注桩概述

钻孔灌注桩，作为一种重要的地基处理技术，广泛应用于建筑工程、路桥工程、市政工程以及水利工程等多个领域。它通过在工程现场采用机械钻孔、钢管挤土或人力挖掘等手段，在地基土中形成桩孔，并在孔内放置钢筋笼，最后灌注混凝土以形成桩体。钻孔灌注桩的成孔方法多样，主要包括泥浆护壁方式法和全套管施工法等。其中，泥浆护壁方式法适用于多种土层，如黏性土、粉砂、细中粗砂以及含少量砾石、卵石（含量少于20%）的软岩等。该方法通过泥浆的护壁作用，防止孔壁坍塌，确保钻孔的顺利进行。而全套管施工法则主要适用于地下水位较高的地区，通过全套管的保护，有效隔离地下水，防止孔壁坍塌和流砂现象的发生。钻孔灌注桩具有显著的优点。它能够穿越各种土质复杂或软硬变化较大的土层，对施工场地要求不高，具有很强的适应性^[1]。同时桩竖向抗压承载力较高，抗拔、抗剪性能好，沉降量小，基础刚度大，稳定性好，抗震性能优越。此外钻孔灌注桩的施工噪音相对较小，对周围环境影响小，适合于人口密集地区施工。但钻孔灌注桩的施工也存在一定的挑战。由于施工工序多，工艺复杂，技术标准高，因此施工难度相对较大。如果施工管理不完善或者发生突发事件，就很容易引发质量问题，如断桩、混凝土离析、缩颈、孔底虚土或沉渣过厚等，这些都会影

响到成桩质量。

2 后压浆加固技术的概念

后压浆加固技术是一种在建筑施工中广泛应用的先进技术，旨在通过向已完成的钻孔灌注桩或其他混凝土结构体内部注入特定配比的水泥浆或其他化学浆液，以提高其承载力和稳定性。这一技术通常应用于地基处理、桩基加固以及混凝土裂缝修复等领域。在后压浆加固技术中，关键步骤包括浆液配制、注浆管埋设、注浆压力控制以及注浆量监测等。首先根据工程需求和地基条件，选择合适的浆液配方，通常包括水泥浆、高分子化学浆或其他复合材料。然后在钻孔灌注桩施工完成后，通过预先埋设的注浆管，将配制好的浆液以高压方式注入桩体内部或桩周土体。注浆过程中，浆液会渗透到桩体内部的空隙、裂缝以及桩周土体的微小孔隙中，起到填充、固化和增强作用。随着浆液的凝固和硬化，桩体的承载力和稳定性得到显著提高。同时浆液还能改善桩-土界面的摩擦性能，减少桩体的沉降变形。后压浆加固技术的优点在于其适应性强、施工简便且效果显著。该技术能够针对不同地质条件和工程需求进行灵活调整，适用于多种类型的地基处理和桩基加固工程。此外后压浆加固技术还能有效减少施工噪音和环境污染，符合现代绿色施工的要求。

3 后压浆技术加固机理

3.1 浆液渗透与填充作用

在后压浆加固过程中，浆液首先通过注浆管被高压注入桩体内部或桩周土体。浆液在压力作用下，会渗透到桩体内部的空隙、裂缝以及桩周土体的微小孔隙中。这一渗透过程不仅填充了桩体和土体的空隙，减少了孔隙率，还增强了桩体与土体之间的结合力^[2]。对于钻孔灌注桩而言，桩底沉渣和桩侧泥皮是影响其承载力的主要

因素之一。后压浆技术通过浆液的渗透作用,可以有效地固化沉渣和泥皮,减少其对桩体承载力的不利影响。浆液在渗透过程中,与沉渣和泥皮中的颗粒发生物理化学反应,形成胶结体,从而提高了沉渣和泥皮的强度。浆液在渗透过程中还会对桩周土体产生挤密作用。当浆液渗透到土体孔隙中时,会占据孔隙空间,使土体颗粒更加紧密地排列,从而提高土体的密度和强度。

3.2 劈裂与胶结作用

在后压浆加固过程中,浆液通过渗透作用填充桩体和土体的空隙,还会在压力作用下产生劈裂作用。劈裂作用是指浆液在注入过程中,由于压力超过土体的抗拉强度,导致土体产生裂缝,浆液沿着裂缝渗透并固化,形成新的胶结体。劈裂作用主要发生在土体强度较低或存在软弱界面时。当浆液注入到这些区域时,由于土体的抗拉强度较低,浆液容易在土体中产生裂缝并沿裂缝渗透。随着浆液的渗透和固化,裂缝逐渐被填充和胶结,形成新的承载结构。这种劈裂与胶结作用有助于增强桩体与土体之间的结合力,提高桩体的承载力。对于粗粒土(如卵石、砾石等),浆液的劈裂作用尤为显著。由于粗粒土颗粒之间的空隙较大,浆液容易在颗粒之间渗透并产生劈裂作用。随着浆液的固化和胶结,粗粒土颗粒之间的连接更加紧密,从而提高了土体的强度和稳定性。

3.3 扩径与扩底效应

后压浆技术在加固过程中,还会产生扩径与扩底效应。扩径效应是指浆液在桩侧注入时,由于压力作用,浆液会沿着桩-土界面上返或下渗,形成一层强度较高的水泥加固体。这层加固体增加了桩径,提高了桩侧与土体之间的摩擦强度。扩底效应则是指浆液在桩底注入时,由于压力作用,浆液会沿着桩底向上扩散,形成类似“梨形体”的扩大头。这个扩大头增加了桩底的承压面积,提高了桩底的承载力。由于浆液在扩散过程中会对桩底土体产生挤密作用,进一步提高了土体的强度和稳定性。扩径与扩底效应的产生与土层的性质、注浆压力、注浆量以及浆液配方等因素密切相关。

3.4 化学与物理反应加固

除了上述的渗透、劈裂、扩径与扩底效应外,后压浆技术还通过化学与物理反应进一步加固桩体和土体。当浆液注入到桩体和土体中时,会与其中的颗粒发生化学反应,如水泥的水化反应、高分子化学浆液的聚合反应等。这些化学反应会生成新的胶结物质,填充孔隙并增强颗粒之间的连接。浆液在固化过程中还会产生物理反应,如体积收缩、硬化等。这些物理反应有助于进一

步密实土体颗粒,提高土体的强度和稳定性。化学与物理反应的共同作用使得后压浆技术能够更有效地加固桩体和土体,提高其承载力和稳定性。在实际工程中,后压浆技术的加固效果受到多种因素的影响,如土层的性质、注浆压力、注浆量、浆液配方以及施工工艺等。因此在设计和施工过程中需要综合考虑这些因素,制定合理的加固方案,以确保后压浆技术能够达到预期的加固效果。

4 后压浆加固技术的应用

4.1 后压浆加固技术的施工工序

后压浆加固技术通过在钻孔灌注桩成桩后,利用预设的注浆管道向桩身或桩周土体注入高压水泥浆液,实现对桩基的加固和增强。以下将详细描述后压浆加固技术的施工工序。(1)施工准备。材料准备:选用符合规范要求的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,确保水泥质量。同时,准备清洁、无杂质的水用于配制水泥浆液。注浆管采用内径适当的钢管或塑料管,确保注浆管的密封性和强度。设备准备:准备高压注浆泵、浆液搅拌机、储浆桶、压力表、高压胶管等地面压浆装置。同时准备预埋在桩中的压浆导管和单向阀等地下压浆装置。确保所有设备性能良好,满足施工要求。(2)钻孔灌注桩施工。根据施工图纸要求,进行钻孔灌注桩的施工。钻孔过程中要严格控制钻孔深度和孔径,确保钻孔质量。清孔:钻孔完成后,使用清水或泥浆进行清孔,将孔内的泥土和杂物清除干净^[3]。安装钢筋笼:将钢筋笼放入孔内,并固定好。钢筋笼的直径和长度应根据施工图纸要求确定。预埋注浆管:在钢筋笼上安装注浆管,注浆管应沿着钢筋笼均匀布置。注浆管的底部应设有单向阀或注浆头,以确保浆液能够顺利注入并防止回流。(3)桩身混凝土浇筑。配制混凝土:根据施工图纸要求,配制符合强度要求的混凝土。混凝土浇筑:将配制好的混凝土倒入钻孔内,并使用振捣器进行振捣,确保混凝土能够均匀填充钻孔。混凝土养护:混凝土浇筑完成后,应进行适当的养护,确保混凝土的强度和稳定性。(4)注浆管疏通与清洗。在桩身混凝土浇筑完成后,要及时疏通注浆管,确保注浆管畅通无阻。使用清水对注浆管进行清洗,将注浆管内的泥土和杂物清除干净。(5)后压浆施工。浆液制备:按照设计要求,将水泥与水按一定比例混合,搅拌均匀,制备成水泥浆液。浆液的水灰比应根据实际情况进行调整,以确保浆液的流动性和固化强度。注浆:待混凝土强度达到设计要求后,开始进行注浆。注浆过程中应严格控制注浆压力和注浆量,确保浆液能够均匀注入桩身或桩周土体。注浆

时,应先从桩底开始注浆,再逐步向上注浆。终止注浆:当注浆压力达到设计要求或注浆量达到预定值时,终止注浆。注浆完成后,应及时清洗注浆设备和注浆管,防止浆液凝固堵塞管道。(6)质量检查与验收。对注浆后的桩身进行质量检查,包括桩身完整性检测、承载力检测等。根据检查结果,对不符合要求的桩身进行补救处理。验收合格后,方可进行下一步施工。

4.2 施工所需的主要机具和设备

4.2.1 地面压浆装置

高压注浆泵:用于将配制好的水泥浆液增压压入桩身内管。注浆泵应具有足够的压力和流量,以满足施工要求。

浆液搅拌机:用于搅拌水泥浆液,确保浆液的均匀性和稳定性。搅拌机应具有适当的搅拌容量和搅拌速度。

储浆桶:用于储存制备好的水泥浆液。储浆桶应具有足够的容量和密封性能,防止浆液泄漏。

压力表:用于监测注浆过程中的压力变化。压力表应具有足够的精度和量程,以满足施工要求。

高压胶管:用于连接注浆泵和注浆管,传输浆液。高压胶管应具有足够的耐压性能和耐磨性能。

4.2.2 地下压浆装置

压浆导管:预埋在桩中的管道,用于传输浆液。压浆导管应具有足够的强度和密封性能,防止浆液泄漏。

单向阀:安装在压浆导管底部,用于防止浆液回流。单向阀应具有足够的开启压力和关闭压力,确保浆液能够顺利注入并防止回流。

注浆头:安装在压浆导管底部,用于将浆液均匀注入桩身或桩周土体。注浆头应具有适当的喷射角度和喷射压力,以满足施工要求。

4.3 后压浆加固技术施工中的质量控制要点

后压浆加固技术作为一种重要的地基处理方法,其施工过程中的质量控制至关重要。以下是后压浆加固技术施工过程中的几个关键质量控制要点:(1)注浆材料的质量控制。注浆材料的质量直接影响注浆效果。要选用符合规范要求的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,并

严格控制水泥的强度和稳定性。注浆用水应清洁、无杂质,以免影响浆液的流动性和固化强度。(2)注浆管及压浆阀的布置与安装。注浆管和压浆阀的布置应合理,确保浆液能够均匀注入桩身或桩周土体。注浆管要牢固地绑扎在钢筋笼上,并随钢筋笼一起下放至设计位置^[4]。压浆阀应设置在注浆管的底部,并确保其能够顺畅地开启和关闭。在安装过程中,严格检查注浆管和压浆阀的密封性,防止浆液泄漏。(3)注浆参数的控制。注浆参数包括注浆压力、注浆量、注浆速度等,这些参数直接影响注浆效果。注浆压力应根据地层情况和设计要求进行确定,注浆量要根据桩身或桩周土体的体积和浆液配比进行计算。注浆速度应适中,避免过快或过慢导致浆液分布不均或浪费。在施工过程中,要实时监测注浆参数,并根据实际情况进行调整。(4)注浆过程的监控与管理。注浆过程中,严格控制注浆压力和注浆量,确保浆液能够均匀注入桩身或桩周土体。同时定期检查注浆管道和注浆设备的状态,确保注浆过程的顺利进行。在注浆过程中,如发现浆液泄漏、注浆压力异常等情况,立即停止注浆,查明原因并采取措施进行处理。

结束语:钻孔灌注桩后压浆加固技术具有显著的加固效果和广泛的应用前景。通过深入研究其加固机理,优化施工工序和质量控制要点,可以进一步提高加固效果,确保工程安全。随着相关技术的不断进步和创新,后压浆加固技术将在更多领域得到应用和发展,为土木工程领域的发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]许菲鹭.钻孔灌注桩后压浆技术在桥梁工程中的应用研究[J].城市建筑,2019,16(11):179-180.
- [2]姜尊勇.钻孔灌注桩后压浆法地基加固施工要点[J].中国新技术新产品,2021(20):95-98.
- [3]国华锋,谷善凤.钻孔灌注桩后压浆地基加固施工技术的研究及应用[J].全体育,2020(5):137-138.
- [4]黄正宏.钻孔灌注桩后压力灌浆加固技术[J].建筑工程技术与设计,2021(2):608-609.