

灌注桩后注浆施工技术在建筑工程施工中的运用分析

路王慧

吕梁职业技术学院 山西 吕梁 033000

摘 要：灌注桩后注浆施工技术在建筑工程中运用广泛，通过高压注浆增强桩身承载力、减少桩基沉降、增强抗动荷载能力，并扩大其适用范围。该技术涉及注浆管选择与埋设、注浆材料准备、注浆机具配备及施工步骤等环节。注浆作业需注重质量控制，包括注浆管制作安装、压水试验、注浆施工和材料选择等。本文全面分析了灌注桩后注浆施工技术的运用，为工程实践提供了理论指导。

关键词：建筑工程；施工技术；注浆施工；质量控制

灌注桩作为常见的基础形式，其承载力和稳定性直接影响建筑物的安全。然而，传统灌注桩施工存在承载力不足、沉降过大等问题。为解决这些问题，灌注桩后注浆施工技术应运而生。该技术通过在成桩后进行高压注浆，加固桩端和桩侧土体，显著提升桩身承载力，减少桩基沉降，具有重要的工程应用价值。因此，对灌注桩后注浆施工技术进行深入研究具有重要意义。

一、灌注桩后注浆技术在建筑工程施工中的作用

（一）提升桩身承载力

在注浆过程中，浆液在高压作用下渗透到桩端土层和桩侧土层中，填充空隙并挤密土体，形成致密的固化体，可消除桩底沉渣和桩侧泥皮对承载力的不利影响，还通过浆液对土体的劈裂、渗透和压密作用，增强了桩端和桩侧的土体强度^[1]。因此，采用后注浆技术的灌注桩相比普通桩，在相同地质条件和桩身结构下，其竖向承载力可提高约 30%，对于解决建筑物桩身过长、嵌岩过深以及桩孔密集等问题尤为有效。

（二）减少桩基沉降

灌注桩后注浆技术通过加固桩端和桩侧土体，提高了土体的整体性和刚度，从而有效减少了桩基的沉降量。特别是对于群桩基础，注浆后的浆液在桩端扩散连通固化，相当于在桩端人为造了一块坚硬的持力层，这进一步减少了群桩的沉降量及不均匀沉降，对于保证建筑物的稳定性和安全性具有重要意义。

（三）增强桩基抗动荷载能力

在建筑工程中，桩基往往需要承受来自上部结构的动荷载，如风力、地震力等。灌注桩后注浆技术通过加固桩端和桩侧土体，提高了桩基础的抗动荷载能力。注浆后的土体强度增加，使得桩基在承受动荷载时能够更好地保持稳定，减少桩顶的位移和变形，对于提高建筑物的抗震性能和抗风性能具有显著作用。

（四）扩大适用范围

灌注桩后注浆技术特别适用于砂层、砂砾层、卵石层等孔隙较多的岩土层，在这些地层中能够充分发挥地层的承载力。同时，针对黏土层和嵌岩桩等复杂地质条件，后注浆技术同样能够取得良好的加固效果。此外，该技术还能够满足较多水文地质条件，使得其不同地区的建筑工程中都能得到广泛应用。

（五）提高施工效率和质量

灌注桩后注浆技术的应用还能够提高施工效率和质量^[2]。一方面，注浆作业可以在成桩后进行，避免了因注浆对成桩过程的干扰，从而提高了施工效率；另一方面，注浆过程可以通过预设的注浆管进行精确控制，确保浆液均匀充填到桩端和桩侧土体中，有助于减少施工误差和质量控制难度，提高成桩的完整性和稳定性。

二、灌注桩后注浆施工技术在建筑工程施工中的具体运用

（一）施工准备

1. 注浆管的选择与埋设

注浆管作为注浆作业的“生命线”，其选择直接关系到注浆效率和浆液分布均匀性。高质量的注浆管应具备足够的承压能力，能够承受注浆过程中产生的高压；同时，良好的耐腐蚀性可以延长使用寿命，减少维护成本。无缝钢管因其高强度和良好的密封性能，常被用作注浆管的首选材料；硬质塑料管则因其质量轻、易加工的特点，在某些特定条件下也是不错的选择。管径的确定需依据注浆量和注浆压力综合考虑，既要保证足够的浆液流量，又要避免过大的压力损失。

在钢筋笼制作阶段，注浆管应被精确固定在钢筋笼上，并确保其下端能深入桩端以下设计深度，以有效填充桩端与周围土体之间的空隙，增强桩端阻力。

上端则需高出地面一定距离,便于注浆操作时连接注浆设备。此外,注浆管的连接部位需采用专用接头,确保密封严密,防止浆液泄漏。

2. 注浆材料的选择与准备

硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和矿渣水泥等因其良好的水硬性、稳定性和耐久性,成为常用的注浆材料。硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥因其高强度和较快的凝结时间,适合用于需要快速提高地基承载力的场景。而矿渣水泥因其优异的流动性和渗透性,更适合于孔隙率较高的软土地层,能有效扩散至土体微小裂缝中,增大土体整体强度。

注浆材料的准备需严格按照设计要求进行,水泥与水的比例需精确控制,以保证浆液的和易性和稳定性。根据地质勘察报告和注浆压力需求,适当调整浆液浓度,既要确保浆液能顺利注入,又要避免过稀导致注浆效果不佳或过稠引起注浆管堵塞。在搅拌过程中,应持续监控水泥质量和水灰比,确保浆液均匀一致,必要时可采用机械搅拌以提高效率和质量。

3. 注浆机具的配备

注浆泵需具备足够的压力和流量,以克服地层阻力,使浆液能够均匀注入。浆液搅拌机需具备高效混合能力,使水泥与水快速均匀混合,形成稳定的浆液。管路系统应设计合理,连接紧密,防止浆液泄漏,同时应考虑是否易于清洗和维护。压力表、流量计等监测设备不可或缺,它们能实时反映注浆过程中的压力变化和浆液流量,为调整注浆参数提供依据。

在施工前,对所有注浆机具进行全面细致的检查和维护至关重要^[3]。应检查注浆泵的密封性、压力表的准确性、管路的完整性以及搅拌机的混合效果,确保所有设备处于最佳工作状态。同时,准备充足的备用机具和维修工具,以应对突发故障,保证注浆施工连续不间断。此外,应对施工人员进行专业培训,提高他们的操作技能和应急处理能力,也是确保施工安全和质量的关键。

(二) 施工步骤

1. 压水试验

压水试验旨在检验注浆管路的畅通性、注浆管的密封性以及土层的渗透特性。通过向注浆管内注入清水并施加逐渐增大的压力,可以直观地观察到注浆管路是否畅通无阻以及注浆管接头处是否存在泄漏。同时,压力表的读数变化还能反映出土层的渗透性能,为后续注浆操作提供宝贵的数据支持。在压水试验中,务必确保注浆阀处于关闭状态,以避免清水不受控制地流入土层。随着压力的逐步增加,需密切关注压力

表的读数变化,一旦读数趋于稳定,即可判断注浆管路已得到有效疏通,注浆管的密封性能良好。随后,开启注浆阀,将管内清水排出,为接下来的注浆操作做好准备。

2. 注浆操作

在开始注浆前,需根据地质勘察报告、桩的设计参数以及注浆材料的特性,预设合理的注浆压力和注浆量。在注浆过程中,注浆泵的稳定运行至关重要,其能够确保预先调制好的浆液被均匀地注入注浆管内。

注浆时,操作人员需时刻保持警惕,根据压力表的读数变化,灵活调整注浆速度和注浆量。当注浆压力接近预设值时,应适当减缓注浆速度,使浆液有足够的时间渗透到土层深处。同时,还需注意观察注浆管的出浆情况,一旦发现浆液流动不畅或出浆量异常,应立即停止注浆,检查注浆管是否存在堵塞或泄漏,并采取相应的解决措施。

3. 二次注浆

为了提高注浆加固的整体效果,有时需要进行二次注浆。二次注浆通常在初次注浆结束后的 24 小时内进行,待初次注浆的浆液充分凝结后,再次进行注浆操作。二次注浆时,常采用双液注浆机进行高压注入,双液注浆机能够将两种不同性质的浆液(如水泥浆和化学浆)按一定比例混合后注入土层中。在二次注浆过程中,需根据土层的实际情况和注浆材料的特性预设合理的注浆参数,并在注浆过程中密切关注压力表的读数变化和注浆管的出浆情况,确保浆液能够均匀渗透到土层中,避免对土层造成过大的扰动和破坏。

4. 闭浆

闭浆的目的在于防止浆液从注浆管中流出,造成浪费和污染环境。闭浆时,应先关闭注浆阀,将注浆管内的剩余浆液排出,并用清水冲洗干净。然后,采用机械或化学方法将注浆管端部封闭,确保浆液不会流出。

(三) 施工要点

1. 保障注浆材料的质量

在施工前,应对注浆材料进行严格检验和筛选,确保其符合设计要求和相关标准^[4]。同时,在制备浆液时,应严格控制水泥的质量和灰水比,以确保浆液的性能稳定可靠。在施工过程中,应定期对注浆材料进行抽样检测,及时发现和处理质量问题。

2. 避免过度或不足注浆

过度注浆可能导致土层受到过大的扰动和破坏,影响注浆效果;而不足注浆则可能导致浆液无法充分渗透到土层中,无法达到预期的加固效果。在施工过

程中,应根据地质条件、桩径、桩长和注浆压力等因素精确计算注浆量,并严格按照设计要求进行注浆操作。同时,应密切关注注浆过程中的压力变化和出浆情况,及时调整注浆速度和注浆量,确保注浆效果达到最佳。

3. 根据地质条件选择合适的注浆方法和参数

在施工前,应对工程所在地区的地质条件进行全面而深入的勘察,了解土层的类型、厚度、渗透性等特点。基于这些地质信息,可选择渗透注浆、劈裂注浆或压密注浆等注浆方法,并设定合理的注浆参数,如注浆压力、注浆速度等。

地质条件的变化往往难以预测,因此在施工过程中,还需要根据实际情况灵活调整注浆方法和参数。例如,在孔隙率较高的土层中,可以适当提高注浆压力和注浆速度,以促进浆液的渗透;而在渗透性较差的土层中,则需降低注浆压力和注浆速度,避免浆液在土层表面积聚而无法深入。

三、灌注桩后注浆施工技术在建筑工程施工运用中的注意事项

(一) 施工质量控制

1. 注浆管制作与安装

注浆管应采用钢管,结构分为端部花管、中部直管及上部带丝扣的接头。花管段侧壁应设置出浆水孔,孔径通常为 6~7 mm,并用胶带、塑料膜或橡胶膜等包裹好,防止渗漏。注浆管应牢固地固定在灌注桩的钢筋骨架上,并随钢筋骨架一起下放至设计位置,注浆管顶部应露出地面一定距离,以便于注浆操作。

2. 压水试验

压水试验是注浆前的重要步骤,旨在疏通注浆通道并检查注浆管的可灌性与联通性。压水试验应在成桩后 37 天内进行,压水量一般控制在 $0.2\sim 0.6\text{ m}^3$ 。

3. 注浆施工

注浆是后注浆工艺中的核心环节,注浆过程要着重控制好注浆压力、浆液水灰比、注浆水泥量这三个指标。注浆压力应根据压水试验结果和土层性质等因素适当调整。浆液水灰比应先稀后浓,逐步调整。注浆作业应在成桩后的适当时间(如 2~28 天内)进行,注浆顺序应遵循先周边、后中间的原则,对周边桩采用对称、间隔的方式进行注浆。

(二) 材料选择

硅酸盐或普通硅酸盐水泥是注浆过程中的首选,根据具体工程需求,可适量添加微膨胀剂、膨润土或减水剂等外加剂,以优化浆液性能,种类与掺量均需经过试验确定,确保浆液具备优异的流动性和稳定性。

注浆管则需选用质量可靠、耐腐蚀的钢管或黑铁管,其直径与壁厚需根据工程实际需求确定,以保障浆液在注浆过程中能够顺畅流动,并能承受一定的压力,确保注浆作业的高效与安全。

(三) 设备维护

注浆作业的高效与安全依赖于注浆机具与螺旋钻头的良好维护,注浆机具涵盖注浆泵、浆液搅拌机、管路和压力表等核心设备,需定期执行维护与保养任务,注浆泵需定期清洗并检查泵体和密封件,以防磨损和泄漏;浆液搅拌机则需定期清理搅拌桶和搅拌叶片,避免杂物导致堵塞和磨损。此外,注浆机所配备的螺旋钻头同样需定期检查与清理,以防结垢或堵塞,影响注浆效率。

(四) 安全防护

施工人员必须接受全面的安全教育和培训,熟悉注浆操作的安全规程及注意事项,并在作业期间佩戴个人防护装备,如安全帽、安全鞋和防护眼镜。为防止非施工人员误入作业区,应设置明确的警示标志并采取有效的隔离措施。注浆设备需稳固放置于坚实地面,避免发生倾覆或损坏,并需定期检查电气、液压及传动系统等关键组件,确保其稳定可靠运行。此外,注浆浆液需得到妥善处理,避免对土壤和地下水造成污染,同时采取相应措施减轻施工噪音和粉尘对周边环境的影响。

四、结语

综上所述,灌注桩后注浆施工技术在建筑工程中具有广泛的应用前景。随着工程实践的深入,该技术将不断完善和优化。未来,应进一步加强对注浆材料、注浆工艺和设备的研究,提高注浆效率和加固效果。同时,注重施工安全和环境保护,推动灌注桩后注浆施工技术向更加高效、环保的方向发展。此外,还应加强工程实践中的监测与检测工作,确保施工质量,为建筑工程的安全稳定提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 邓履冰. 灌注桩后注浆施工技术在建筑工程施工中的应用探索 [J]. 城市建筑, 2024, 21(16): 202-205.
- [2] 周龙海. 建筑工程施工中灌注桩后注浆施工技术标准化 [J]. 大众标准化, 2024, (11): 35-36, 39.
- [3] 齐延保. 建筑工程施工中灌注桩后注浆施工技术应用分析——以滨城基金大厦为例 [J]. 房地产世界, 2022(21): 131-133.
- [4] 庄莉, 王雨伯. 泥浆护壁钻孔灌注桩及后注浆技术在高层住宅小区工程施工中的应用 [J]. 住宅与房地产, 2021(7): 58-60.