

注浆加固技术在桥梁桩基施工中的应用

吴华新 汪 洋

武汉地质勘察基础工程有限公司, 湖北 武汉 430050

[摘要] 注浆加固技术是一种凭借注入特定加固材料增强土壤及岩石物理力学性能的技术, 广泛应用于桥梁桩基建造过程中。随着桥梁建设工程规模不断扩大, 传统桩基施工方式已无法适应工程状况, 注浆加固技术作为一种高效的桩基加固方式, 展现出其在增强地基承载能力、提高桩基稳定状态方面的重要优势。分析了注浆加固技术在桥梁桩基施工中的实施, 包含技术原理、应用的合理界限、施工实施方式及效果审核评估。同时, 研究了当前该技术应用中存在的 key 问题, 且给出相关的应对办法。借靠实例甄鉴, 显示了该技术在提升桩基质量级别、缩减施工周期时长、减少成本金额方面的显著功效, 展现出良好的应用趋势。

[关键词] 注浆加固技术; 桥梁桩基; 施工工艺; 地基加固; 稳定性

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15324

中图分类号: U231.3

文献标识码: A

Application of Grouting Reinforcement Technology in Bridge Pile Foundation Construction

WU Huaxin, WANG Yang

Wuhan Geological Survey Foundation Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430050, China

Abstract: Grouting reinforcement technology is a technique that enhances the physical and mechanical properties of soil and rock by injecting specific reinforcement materials, and is widely used in the construction process of bridge pile foundations. With the continuous expansion of bridge construction projects, traditional pile foundation construction methods are no longer suitable for the engineering situation. Grouting reinforcement technology, as an efficient pile foundation reinforcement method, has demonstrated its important advantages in enhancing the bearing capacity of the foundation and improving the stability of the pile foundation. This article analyzes the implementation of grouting reinforcement technology in bridge pile foundation construction, including technical principles, reasonable limits of application, construction implementation methods, and effect review and evaluation. At the same time, the key issues in the current application of this technology were studied, and relevant solutions were provided. Through practical examples, it has been demonstrated that this technology has significant effects in improving the quality level of pile foundations, reducing construction cycle time, and decreasing cost amounts, demonstrating a good application trend.

Keywords: grouting reinforcement technology; bridge pile foundation; construction technology; foundation reinforcement; stability

引言

在桥梁建设施工阶段, 桩基作为承载体系的重要组成部分, 直接关乎桥梁的安全稳定状况。然而, 传统的桩基施工方法在某些复杂地质条件下难以满足工程需求。注浆加固技术借助突出的适应性与高效性被大量用于桥梁桩基施工执行, 该技术通过向桩基周围土层注入加固物料, 增强地基的力学性能, 增强桩基的可靠支撑。本研究对注浆加固技术的原理、应用、优势及面临的挑战进行探究, 还通过实际案例评估该技术在桥梁桩基施工中的应用效果。

1 注浆加固工艺的定义与原理

注浆加固技术作为一类把液态强化物料注入土层与岩体, 凭借材料的固化作用改善土层或岩体的物理力学特性, 从而实现加固与稳定地基、提高承载能力的目标。这项技术在桥梁桩基、隧道、地下工程等建设领域广泛应用, 尤其在复杂地质状况下具有显著优势。注浆加固原理主要由材料与土壤的相互作用决定, 注浆材料通常为水泥浆、化学浆、环氧树脂等, 可根据土层的特性选择合适的类型。借助钻孔设

备将浆液注入需加固的土层中, 浆液与周边土体发生物理或化学作用, 逐渐固化成一种具有较高强度的凝胶体或硬质结构体。此过程能够有效提升土壤的密实程度, 还能够增强土体的抗压及抗剪切能力, 进而增强地基的整体稳定性^[1]。

注浆加固技术实施步骤分为如下阶段: 采用钻孔设备在需加固区域打孔, 奠定注浆渠道; 将预先调配好的浆液注入钻孔, 确保浆液能够均匀渗入土体各个部位; 浆液于土层中快速固化, 成为坚硬的固体形态, 最终提升土体的抗压能力与抗渗能力, 整个流程可借助单次注浆开展, 也能够采用多次分层注浆实施, 具体方式根据实际状况决定。

与传统型地基加固方法比较, 注浆加固技术凸显显著优势。施工紧凑周期较短, 能够在较短时间内完成地基加固工作; 适用范畴多样化, 尤其在软弱松散的土层中效果极为显著; 施工过程中不会造成较大程度的干扰, 降低了对周边地区的干扰, 注浆材料种类的多样使该技术能适应不同类型土壤和地质条件, 体现出明显的柔韧性。注浆加固技术并非仅是地基处理的有效手段, 也是桥梁桩基施工

中不可或缺的关键技术。

2 催生的主要问题

2.1 注浆材料筛选不恰当点

落实注浆加固作业的阶段,选择合适的注浆材料是保障施工效果的关键。然而,现阶段部分大型项目里,注浆材料选择时常未充分考虑土层特性与工程要求,引起加固功效未达标,不同类型土层拥有不同物理性质。例如,应当采用不同型号的注浆料,砂土、黏土、碎石等土壤类型对注浆材料的渗透性、扩展性和固化速度有不同要求。若所选的注浆材料不契合,能引起浆液渗透不统一性,无法有效覆盖土壤层面,或许固化后强度不足,最终致使加固效果产生偏差。

在既定关联工程,注浆材料质量可能存有瑕疵。市场上部分低质量的注浆材料固化速率缓慢,而且抗压强度不够,难以契合加固预设的限定值,甚至会由于材料自身缺陷引发工程安全隐患。因此,选择合适且质量优良的注浆材料是确保注浆加固技术有效性的首要任务^[2]。

2.2 注浆施工工艺与规范差异明显

注浆加固技术是一项成熟的加固方法,但处于实际施工的开展阶段,诸多施工单位对注浆技术操作规范掌握水平不足。注浆过程中的压力把控极为关键,注浆压力过高会致使浆液扩散不均匀,甚至会引发土层的断褶现象,干扰加固抗剥落性;注浆压力不足会使浆液不能充分渗透到整个加固区域。此外,注浆量的控制同样至关重要,过多浆液会造成不必要的资源损耗,甚至造成周边环境的污染,过少会导致无法实现预期加固效果。

施工人员开展注浆作业时缺乏必要技术培训,出现操作不遵照准则的情形,如钻孔深度存在偏差、注浆方式欠妥当等,导致加固效果显著降低。例如,在多次分层注浆的操作过程中,若施工人员未掌握精确层间注浆技术,会造成浆液在土层中分布不均衡,减弱加固的实际水平。

2.3 地质属性错综,施工难度甚高

注浆加固技术于不同地质条件下应用效果存在差别,针对软弱疏松且含水率高的土层,注浆材料渗透性能及固化性能常被限制,导致注浆效果难以保证。特别是处于复杂的岩土条件时,存有裂隙、水流这类不确定要素,给注浆施工带来显著的难题。

在桥梁桩基工程施工时期,土层的深度、厚度、孔隙率等因素直接影响浆液的渗透特性。部分地质条件较为复杂的区域需开展多次注浆才能实现预期的加固效果,复杂地质条件不仅增加了施工难度,还拉长了施工的周期,加大了施工开支。基于地质环境错综,土层不均匀情形会导致注浆效果差别,部分区域加固效果不佳,导致整体地基稳定性出现波动。

3 注浆加固技术在桥梁桩基施工中的应用策略

3.1 加强注浆工艺规范化与技术指引

注浆加固技术应用集成度与工艺操作密切相关,标准

化的工艺流程与技术指导是确保工程质量的要素。注浆工艺标准化需明确界定各环节操作规范,包含钻孔深度、注浆压强、浆液流量速度、注浆数量以及施工时段的时间把控等。标准化操作流程可有效避免人为操作失误,减少施工流程里的变数,从而提高注浆加固的成功率和效果。行业应制定统一的技术标准,推动全国范围内标准化的实施^[3]。

技术牵头地,各施工单位需依照行业标准推进工作,确保工人具备专业技术能力,熟知注浆流程中的各个细节。采用专门辅导,提升施工人员对注浆技术的掌控,提高施工人员操作水平和应变能力。此外,营造周全的技术指导平台,尤其针对特殊地质条件下的施工,提供详细的技术方案及方案调整措施,能够帮助施工队在实际操作遇到问题时快速作出反应。在实际施工操作过程中,技术人员应根据具体工程需求选择合适注浆方式,比如单次灌注浆、多次分层灌注浆,并根据土层特性、注浆压力和注浆方式进行调整。注浆工艺达成标准化提升了施工效率,还确保了施工安全性与工程质量,为促进标准化工艺正确执行。施工单位还应配备先进的施工设备,例如压力泵、注浆管之类,并定期进行维护保养,确保设备运行的稳定性。

3.2 改进注浆材料的选择与配比

注浆材料的选择与配合比是注浆加固技术中极其关键的环节。不同土层的土质特性对注浆材料存在不同需求,选用合适的注浆材料对提高加固效果极为关键。注浆材料的关键作用是填充土层间隙、提升土体紧实度,增加土层强度抗扰性,故而其品性得具备一定的渗透性、拓展效能、固化速率及强度。在开展注浆材料挑选时,应根据土壤的类型实施定制化选择,针对砂质土、黏质土、砾石质土等不同土壤类型,所选用的注浆材料应呈现出差异性,砂质土结构呈现松散状态,注浆材料应具备较高的渗透性;黏土的土质相对紧实,注浆材料应具备优良的扩展性和缓慢的固化时长,确保浆液能够均匀渗透进土层中。土壤孔隙的大小、湿度高低、颗粒的组成等要素会影响浆液流动性及固化效果,因此在开展注浆方案编制的时候,必须充分顾及这些因素,选取不同注浆材料实施加固^[4]。

恰当的材料配比能够提高浆液的物理特性,保持其渗透性能与强度。就水泥基类别的注浆物料,通常需根据实际施工情形和土质要求,对水泥、沙子、水和添加剂的比例进行调整。水泥比例过高会导致浆液浓度过大,过低会降低浆液流动及填充的能力,因此需根据具体土层成分开展优化配比。注浆材料质量管控需严格执行,所采用的原材料应符合国家及行业标准,开展必要的检测审核,确保原材料物理性能稳定且可靠。在实际应用操作过程中,可以采用一些添加剂来改善注浆材料的性能,比如提高抗渗性能、增强耐久性,这些添加剂应依据土质及施工要求合理挑选,进而有效提高加固效果。

3.3 监测与评估机制的完善

注浆加固工程效果不仅与施工流程密切相关,也与后期的监测和评估密切相关。只有依靠有效的监测与评估体系,才能及时发现施工过程中出现的问题,确保加固效果达到预期标准。因此,健全的监测评价机制对保证桥梁桩基注浆加固技术效果极为关键。

施工过程中必须进行严格监测,特别是在注浆压力、注浆量和浆液流动这些关键参数上。依靠实时监测,能够确保浆液均匀注入,避免因注浆不均导致局部加固成效不佳。注浆压力需根据土层的不同特性进行调整,确保达成浆液的有效渗透,还可避免过高压力对土层造成损害。在工程建设施工期间,监测设备应具备足够的精准度,能够及时反馈施工过程中的各类数据,以便施工人员进行调整。注浆加固工作结束之后,需进行全面的后期评估。这项评估并非仅仅是对工程质量的检测,更是对加固效果的检验。通过对桩基承载能力、土体密实程度及稳定性的检测,判断加固效果是否达到预期。根据此情况,可以采取补救措施,如再次进行注浆或者改变注浆方案,确保桩基加固效果符合设计标准^[5]。

桥梁桩基的监测与评估是确保注浆加固技术效果的关键环节,应贯穿整个工程周期。高效监测与评估体系有利于发现施工过程中出现的问题,还能够保障注浆加固的长期效果,保障桥梁桩基的安全性与稳定性。施工前开展细致的土层勘察极为重要,通过地质勘察,掌握土壤的类别、结构、含水量、孔隙度等基础特性,为后续注浆方案提供科学依据。不同类型土层对浆液吸收性、渗透性及扩展性要求各异,只有根据具体的土质特点,制定科学的注浆方案,才能保证注浆效果达到最佳。开展勘察工作期间,通常需借助钻孔技术对土层进行深入剖析,了解土体力学特性与桩基的相互影响状况,为施工阶段精准作业提供数据支撑。

在工程项目施工阶段,注浆进度需定时进行检查与监测,确保每层注浆的质量。监测关键包含注浆压力、注浆量、浆液流动性等指标,这些要素直接影响浆液的渗透与扩展效果,进而影响注浆加固的效果。注浆压力应根据土层不同特性及时做出调整,压力过高或者过低都会对浆液均匀性造成影响,导致加固效果不佳。所以,施工人员要在施工期间实时监控注浆进度,并利用相关监测设备采集数据,确保注浆过程平稳安全。

施工结束后为确保桥梁桩基的长久稳固性,需进行长期监测与评价工作。注浆后的桩基是否符合设计标准,是否能够有效承受设计规定荷载,是否出现下沉或偏移等现

象,均需依靠长期监测来实施跟踪评估。常用监测方法包含采用地质雷达、深层传感器以及位移计等现代监测手段,定时测量桩基的形变情况、应力应变变化、土体的紧实程度等数据。通过对这些数据的分析,可及时发现桩基的潜在隐患,如不均匀沉降、裂缝形成等,并根据监测结果调整加固方案或采取补救措施。

此外,健全监测和评估机制需要现代化技术支撑。比如,采用传感器技术、数据采集与分析技术等,可提高监测的精准度与及时性。传感器可实时对桩基的变动进行监测,自动采集温度、应力、位移等多维度数据,将这些数据传送至数据中心进行实时分析,帮助技术人员快速做出判断。这种高效的数据化管理方式显著提高了监测的精准度,还为决策提供了可靠的依据,桥梁桩基的监测与评估应贯穿工程全周期。运用现代化监测手段,能够更为高效地保障注浆加固技术效果,确保桥梁桩基达成长期安全稳定运转^[6]。

4 结语

注浆加固技术在桥梁桩基建造中具有显著应用价值,能有效提高桩基的稳定性与承载力。随着技术的不断发展与优化,未来注浆加固技术将发挥更为突出的作用,但在实际应用中仍存在一定挑战,比如复杂地质条件对注浆效果的影响等。所以,进一步加强技术标准与施工管控,推动材料和工艺的创新,将为提高桥梁桩基施工质量提供更可靠保障。

[参考文献]

- [1]赵文阳. 注浆加固技术在桥梁桩基施工中的应用[J]. 工程建设与设计, 2024(24): 178-180.
- [2]刘洋. 注浆加固施工技术在地铁隧道侧穿桥梁桩基工程的应用探析[J]. 工程机械与维修, 2024(10): 155-157.
- [3]肖祖海. 注浆加固技术在桥梁桩基施工中的应用[J]. 科学技术创新, 2024(10): 158-161.
- [4]蓝英福. 软土地区桥梁桩基注浆加固效果及影响参数研究[J]. 西部交通科技, 2024(3): 138-141.
- [5]伍京湘. 桥梁桩基施工中注浆加固技术与优化控制方法[J]. 上海公路, 2023(4): 87-91.
- [6]杨磊, 朱富丽, 张浩. 地铁隧道侧穿桥梁桩基工程注浆加固控制及监测管理研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(10): 165-170.

作者简介: 吴华新(1987.10—), 男, 本科, 专业: 土木工程(岩土工程)、苗族, 武汉地质勘察基础工程有限公司; 汪洋(1989.5—), 男, 本科, 专业: 土木工程(岩土工程), 汉族, 武汉地质勘察基础工程有限公司。