

高速公路桥梁施工中注浆技术的应用

李春晖 颜长磊

江苏东交智控科技股份有限公司 江苏 南京 210000

【摘要】：分析注浆技术在高速公路桥梁施工中的应用，在阐述注浆技术原理的基础上，结合工程施工情况，选择合适的注浆方式，设计合理的注浆技术方案，通过分析，明确了合理的注浆技术可以提升桥梁的稳固性、耐久性、安全性，可为同类工程提供借鉴。

【关键词】：高速公路；桥梁施工；注浆技术

注浆技术是一种新型的防止渗漏、加固岩土体技术，其工艺成熟稳定，目前已得到广泛地推广应用，尤其在高速公路桥梁工程施工中最为常见。该技术根据施工实际情况与需求，将预制浆液注入岩土裂缝中，在较小范围内凝结加固，形成新的固结体，可以有效提升岩土体的稳定性和抗渗能力。注浆技术是一种应对软土地基的有效方法，能够使桥梁预应力连续结构达到耐久性、稳定性、舒适性要求，降低施工难度，同时还能够有效缩短施工周期，确保高速公路桥梁的施工安全。随着注浆技术应用的不断推广，越来越多的新型注浆材料、工艺、方法、设备逐渐被研发和应用。

1 注浆技术应用原理

桥梁施工段遇到厚软土层，最好的解决方法是采用注浆技术。该技术可以有效改善土体的物理性质，提升土体的稳固性，保障高速公路施工建设质量。注浆技术的施工原理是在气压、液压、其他辅助作用下，根据施工实际需求对浆液进行合理配置，然后将配置好的浆液灌注到岩土体的缝隙中。由于在灌注过程中浆液喷射能量极大，所以在灌注速度较快、喷射能量较大的作用下，浆液在冲击和连续不断的压力下，对岩土体中的小颗粒、碎石进行挤压、搅动，快速加固施工范围内的土体，提升岩土体的渗透能力、强度等。当前，注浆技术的施工方式较多，常见的主要有喷射、渗透、压密等。在高速公路桥梁施工中，使用最多的是渗透、压密两种注浆技术。不同的注浆技术作用于土体的方式也各有不同。其中，使用浆液总量的计算方式也不同。

①采用渗入注浆方式，需要按照公式(1)计算总注浆量：

$$Q = \pi R^2 L n \alpha \beta \quad (1)$$

式中：R为扩散半径，一般情况下为0.3m；L为小导管注浆长度；n为地层孔隙率，取0.4； α 、 β 为地层充填系数和浆液消耗系数，分别取0.8和1.1。

②采用压密注浆方式，需要按照公式(2)计算总注浆量：

$$Q = V n \alpha \beta \quad (2)$$

式中：V为注浆土体体积。

2 注浆技术类型

2.1 压密注浆

压密注浆方式是指在桥梁中钻小孔，利用压力将浆液注入周围的岩石、土壤结构的缝隙中，利用浆液的胶凝性将结构固化。该方式在高速公路桥梁建设中较为常用且效果好，注浆过程中注浆设备不断凝聚内部浆液，使其形成液泡，将其注入钻孔中，经钻孔气压施压可快速将浆液压入土层结构缝隙中，且高压还可对土层中的岩石和土壤具有一定强化作用，结合浆液的胶凝性，可快速提高桥梁结构的强度与稳定性，改善地基。

2.2 渗透注浆

渗透注浆方式则是通过注浆设备加压将浆液直接灌注入岩石、土壤缝隙中，使缝隙中的气体和水能排出，将岩石、土壤凝固成无缝隙的一个整体。该方式无需提前对桥梁结构进行处理，可最大限度保持岩石、土壤颗粒结构完整，是高速公路桥梁建设中最常用的方式，对于提高土层与桥梁结构稳定性具有良好效果。但该方式对于原土层结构具有较高要求，需保证土壤均匀，土层结构稳定，渗透性良好。但许多高速公路桥梁建设区域的土层结构是较为复杂的，其应用效果易受到一定影响，因此，应用渗透注浆时需充分对土层情况进行探测，合理选择注浆技术。

3 注浆技术应用于桥梁施工

注浆技术应用于桥梁施工中最重要的是规范注浆施工流程，有利于各项工作科学有序地进行，提高注浆施工效率与质量。技术部门应对注浆施工要求、操作程序、技术要点等情况进行统筹分析，依据土层结构、桥体结构自下而上对地基与桥梁进行注浆巩固处理，在结合现场实际情况的基础上，将注浆工作具体化、流程化、标准化，从而提升施工质量与安全性。

注浆法施工工艺流程主要包括定位放线、标识桩位、钻机定位、导管、封孔、注浆等工序。要切实保证高速公路桥梁施工工程的施工质量，严格按照具体施工工艺要求，有效

地提高注浆工艺的使用效果。(图1)。

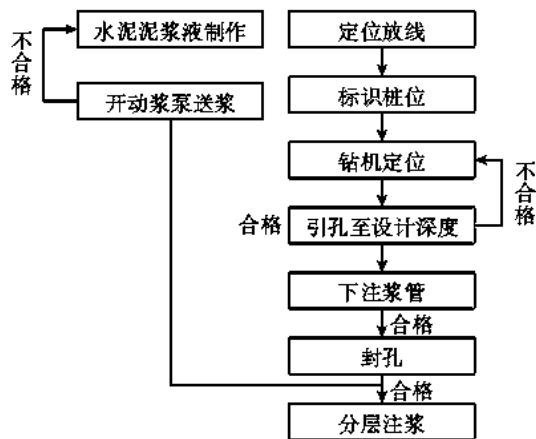


图1 注浆流程

3.1 准备工作

施工前需开会复核施工图纸, 确保图纸没有问题, 明确各项重要参数、技术操作等, 若发现问题, 则需及时上报处理。对桥梁及土层进行专业、细致地测量, 在原有数据基础上再次进行核实, 依据复核结果布置控制点。加大对于控制点的检查与保护, 施工过程中也需定期测量、排查控制点, 及时发现不良情况并进行补救, 确保控制点稳定。在进行注浆操作前, 需依据建设需求结合施工现场实际情况备好注浆所用钻机、泥浆机、注浆设备等机械以及水泥、粉煤灰等材料。对机械进行详细检查和保养, 排查故障、损坏之处, 并及时进行修理和零件替换, 调整机器参数, 确保其能准确、正常地运行, 以免施工后出现故障, 影响施工质量和施工安全。还需依据工程要求中相关参数检查水泥质量、数量是否合格, 以免影响浆液质量或导致浆液不足。在施工前应做好各岗位、各类设备的调配工作, 确保各项工作能互相配合、有条不紊地进行。

3.2 注浆施工步骤

3.2.1 配制浆液

水泥和粉煤灰的比例为 3:1~4:1, 水灰比控制在 1.0 左右, 在 0.8~1.0MPa 的压力下实施注浆。在设计扩散半径时, 应充分考虑地质构造、浆液材料等相关因素的影响, 以确保工程造价和施工质量。

3.2.2 测量放样

注浆施工前要准备水准仪、全站仪等工具, 切实做好测量放样工作, 并定期进行检查复核, 结合施工现场的实际情况设置控制点, 做好二次测量的准备。对每一个控制点都要做好测量保护工作, 以有效加强对水准基点的测量与控制。对特殊地段还需要增设导线点, 精确在 100m 范围内, 以确

保对桥梁测量工作的控制。

3.2.3 钻孔施工

在钻孔施工阶段, 为了控制岩石或泥土的钻孔程度, 提高锥冲程的准确性, 必须严格避免卡钻、孔壁不圆等问题。需要注意卷扬钢丝的标记, 并根据标记进行施工。冲孔阶段要将渣土清理干净, 当每钻达到 0.3~0.5m 时, 需要清理一次渣土, 一次清理 1~2 筒, 以此进一步降低浆液中的泥砂含量。在钻进环节, 清理土渣后应及时添加泥浆, 灌注过程中不能一次投放, 避免浆液过多出现黏土现象。当钻入 4~6m 后, 用检孔器检查钻孔深度, 如果不达标, 应立即进行补救、调整钻头位置。

3.2.4 灌注施工

为了更好地进行灌注工作, 灌注施工前应进行压水试验, 检查管道有无漏水、堵塞情况。测试结束后, 根据实际情况调整工艺参数。如果钻探桩浸水时, 可以采用水中灌注的方法。灌注前应在桩头暂时设置支柱, 在漏斗底部通过混凝土漏斗注入混凝土。在料斗底部, 导管和桩之间的距离应保持在 0.4m 以上。注浆导管制作材料以钢管为主, 桩底段长 5m, 中间段长 2m。在卷扬机的辅助作用下提升导管, 避免钢筋笼挂歪的现象。首次灌注需要检查孔底残渣厚度, 合格后再进行混凝土灌注。初次注浆设置两个观测孔, 压力为 0.3MPa。第二次注浆在 1h 后, 压力为 0.5MPa。同时, 观察和记录压力、进浆量等数据, 避免发生冒浆。如果出现压力下降, 应拔出注浆管, 检查密封部位是否有泄漏问题。此外, 灌注时加强注浆施工质量控制, 工程注浆标准如表 1 所示。

表 1 工程注浆标准要求

内容	注浆孔位偏差/mm	孔深误差/mm	垂直度偏差(%)	水灰用量偏差/kg	水灰比误差(%)
标准	≤50	≤200	≤1	≤2	≤5

施工完毕后要复盘各施工工序, 确保没有漏项。注浆完成后, 当孔内浆液沉淀扎实后, 在孔顶 3m 处用干料倒平。

4 注浆技术措施

4.1 合理布置孔位

结合该桥梁工程施工的实际情况, 孔位按 45 孔布置, 分上中下三层。将钢化管理于桥梁主体结构中, 能保证桥梁工程质量, 提高桥梁的稳定性和可靠性。

4.2 注浆施工的顺序

(1) 根据桥梁主体及路基结构特点, 采用自下向上逐步注浆的方法对高速公路桥梁进行加固处理。

(2) 注浆过程中, 除控制粉煤灰与水泥的比例外, 还应严格控制注浆压力, 过小的注浆压力会导致渗透率下降, 从而减小注浆扩散半径, 过大的注浆压力会破坏公路原有路

基条件,甚至使部分地基发生不同程度的沉降,严重的还会危及施工及路面行车安全。

(3) 保证注浆压力状况良好,并在此基础上进行注浆,直到中间孔出现浆液时,停止向最下孔注浆,下孔完成后在向中间孔注浆。

4.3 注浆质量控制

注浆过程较为隐蔽,肉眼难以观测,通常需依据长时间的实践经验积累对注浆情况进行评估和判断,对于注浆质量方面的监控不足,难以发现注浆施工过程中的微小不足和偏差,给后期交通安全带来隐患。在注浆施工中,缝隙与注入浆液的体积一致是较为理想的,但注浆过程隐蔽,受到多种因素影响,通常以出现一定误差,导致浆液难以完全填充缝

隙。因此,需加强对于注浆质量的控制,应严密监控注浆操作的各个环节,采用专业技术人员完成相关操作,确保各环节得以高质量的实施。监控注浆流量、压力、扩散半径等参数,以确保注浆工作能安全、顺利、高效地完成,也可利用电子仪器、自动化技术等现代科技对注浆过程进行监控,确保浆液能均匀、全面地渗透进岩石与土壤颗粒缝隙中,达到良好的固化效果,也便于及时发现问题,采取补救措施,提高施工质量,以免后期出现滑塌等不良情况。

5 结语

随着时代的不断进步,高速公路桥梁已经成为城市交通的关键,而采用注浆技术建造桥梁,是预应力连接结构加固的基础保证,未来随着注浆技术的不断完善,其在桥梁建设中发挥的作用会越来越大。

参考文献:

- [1] 田丰雨.浅析注浆技术在高速公路桥梁施工中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2015,41(17):2896-2897.
- [2] 高怀亮.注浆技术在高速公路桥梁施工中的应用[J].工程建设与设计,2017,52(8):142-143.
- [3] 王海东.注浆技术在高速公路桥梁施工中的应用[J].交通标准化,2013(21):95-97.
- [4] 白万龙.高速公路桥梁施工中注浆技术的应用[J].黑龙江交通科技,2012(10):96-97.
- [5] 全刚.注浆技术在公路桥梁施工中的应用[J].交通标准化,2014(8):82-84.
- [6] 郑晓明.注浆技术在高速公路桥梁施工的应用探究[J].山西建筑,2013(34):189-190.
- [7] 岳丽丽.高速公路桥梁施工中注浆技术的应用[J].交通世界,2013(15):265-266.
- [8] 周淑芬,陈丽萍.高速公路桥梁施工中注浆技术的应用分析[J].建筑工程技术与设计,2016(22):152.