

新型灌浆套筒连接装配式梁柱节点施工工艺优化研究

向 宇

中国水利水电第九工程局有限公司 贵州贵阳 550081

摘 要: 本文围绕新型灌浆套筒连接装配式梁柱节点施工工艺的优化展开, 首先对新型灌浆套筒连接技术进行概述, 明确其基本原理与特点。接着分析该技术在装配式梁柱节点中的应用优势, 包括连接可靠、施工便捷和适应性强等方面。然后从施工质量控制优化、检测方法改进、施工工艺改进以及降低施工扰动措施等角度提出具体的优化策略。研究旨在提高新型灌浆套筒连接装配式梁柱节点的施工质量和效率, 推动装配式建筑的进一步发展。

关键词: 新型灌浆套筒; 装配式梁柱节点; 施工工艺优化

引言

在建筑工业化持续发展的背景下, 装配式建筑以高效和环保而被广泛应用。装配式梁柱节点是装配式建筑结构的关键组成部分, 节点连接质量的好坏直接关系到整体建筑结构是否安全稳定。新型灌浆套筒连接技术是装配式梁柱节点连接的先进方法。但是当前该项技术的建设过程中还存在着施工质量很难得到保障, 检测方法不健全等问题。所以, 开展新型灌浆套筒与装配式梁-柱节点连接施工技术的优化研究有着非常现实的意义。

一、新型灌浆套筒连接技术概述

新型灌浆套筒连接技术作为装配式建筑中被广泛应用的重要连接方式, 具有广阔的发展前景。灌浆套筒为特殊处理套筒, 匹配灌浆料与钢筋装配而成的一组材料, 采用灌注快硬无收缩灌浆料的方式来达到钢筋连接。原理是通过套筒内凹凸部分使2根需要搭接的钢筋由端部插入并由灌浆口的一端灌注具有微膨胀和无收缩特性的高强灌浆材料, 经过硬化处理后, 钢筋与套筒紧密地结合在一起, 确保了套筒的内部结构紧实。在套筒的约束作用下, 钢筋被牢固地粘合在一起, 从而具备了高度的抗拉、抗压以及连接的可靠性。

这种工艺成熟、适用面广、连接处形成刚性节点、节点构造的受力性能接近现浇节点的特点, 可以应用于大直径钢筋的连接。该设备所使用的灌浆套筒一般由球墨铸铁或高品质碳素结构钢等高质量金属材料构成, 其内壁具有凹槽、凸起或螺纹等独特设计, 这些都有助于增强与灌浆料之间的摩擦力和机械咬合力, 从而提升连接的可靠性。如球墨铸铁灌浆套筒内壁凹槽的设计, 使得灌浆料在凝固时产生类似榫卯的结构, 避免钢筋和套

筒之间的相对滑移。

然而该技术还存在着工艺流程复杂, 施工难度大, 套筒和灌浆料造价昂贵等诸多问题。同时, 封浆层、灌浆口密封不严等会导致套筒空洞, 预制构件尺寸偏差会影响浆料流动, 灌浆料施工时间过长会降低流动性和受力性能, 需通过人员、质量控制等措施保证施工质量。

二、新型灌浆套筒连接在装配式梁柱节点中的应用优势

1. 连接可靠

新型灌浆套筒连接技术可实现钢筋连续传力并有效确保结构整体稳定。装配式梁柱节点钢筋连接质量非常重要, 对节点部位承载能力及抗震性能有直接影响。以广东省深圳市一幢多层装配式建筑为例, 分析了冲击荷载作用下用新型灌浆套筒联接的节点。研究表明: 钢筋受冲击荷载时不同部位应变时程曲线表现出不同的变化规律。套筒灌浆段钢筋应变时程表现为急剧变化且最大应变远小于钢筋屈服应变; 出浆段内, 钢筋应变时程改变较平缓且最大应变低于钢筋屈服应变。这表明新型灌浆套筒连接可以使钢筋实现节点部位应力的有效传递, 甚至在冲击荷载这种复杂受力条件下都可以确保连接可靠, 达到了工程中对连接质量提出的更高要求。

2. 施工便捷

新型灌浆套筒连接技术施工时不需要繁杂的设备及操作技术, 方便了现场施工并能极大地提高施工效率。相对于焊接连接等传统连接方式, 在焊接时需要有专业焊接设备以及技术娴熟的焊接工人才能完成, 并且在焊接时可能会出现热影响区, 造成钢筋性能的降低, 这就要求对焊接质量及操作技术进行严格的控制。但新型灌浆套筒联接只需要把预制构件厂的套筒和钢筋联接起来,

把套筒固定到模板上，完成进、出口浆管和套筒联接，构件安装到位后在施工现场封堵灌浆腔，灌浆材料加水搅拌并经灌浆设备向套筒内灌注浆料，完成钢筋的连接。整个施工过程比较简单，施工人员技术要求也比较低，可以减少施工周期和施工成本。

3. 适应性强

新型灌浆套筒连接在装配式梁柱节点中展现出强大的适应性。其适用范围广泛，无论是住宅、商业建筑还是公共建筑等不同类型的装配式建筑，都能满足梁柱节点的连接需求。在建筑结构上，无论是框架结构、框架-剪力墙结构还是筒体结构，该连接方式都能发挥良好作用。

它对不同的施工条件也有出色的适应能力。在不同的气候条件下，通过采取相应的措施，都能保证施工质量。在高温环境中，可通过调整灌浆料的配合比、增加养护频率等方式，防止灌浆料水分过快蒸发而影响强度；在低温环境下，可采取保温措施，如对灌浆料进行加热、对施工部位进行覆盖保温等，确保灌浆料在适宜的温度下硬化。

此外，它还能适应不同的场地条件。在狭窄的施工现场，由于其安装简便，不需要大型的施工设备和复杂的操作空间，也能顺利完成施工。而且，对于不同的钢筋直径和类型，新型灌浆套筒连接都能提供合适的解决方案，为装配式建筑的多样化发展提供了有力支持。

三、新型灌浆套筒连接装配式梁柱节点施工工艺优化策略

1. 施工质量控制优化

优化施工质量控制，是确保新型灌浆套筒与装配式梁、柱连接节点的施工质量。清洗套筒时，应保证套筒内不含杂物，不沾油污，不沾水，确保灌浆材料能很好地粘结在套筒内壁上，并在检查套筒大小及位置时做到准确无误，以便为灌浆结束时连接稳定打下基础。

灌浆材料的制备需要严格遵守设计要求及材料配比，并控制搅拌的时间与速度以确保搅拌的均匀性与流动性。比如先精确加水，将水倒入搅拌桶，加入约70%料，用专用搅拌机搅拌1-2分钟大致均匀后，再加入剩余料搅拌3-4分钟至彻底均匀，搅拌均匀后静置2-3分钟使浆内气泡自然排出。

灌浆过程控制同样重要，注浆前应先试灌以考察注浆材料流动性及套筒畅通情况。灌浆结束后检查灌浆层，保证不出现空洞和裂缝等瑕疵，做好维护工作，避免因水分过快挥发而造成灌浆层的裂缝。

质量检验对于保证施工质量至关重要，通过灌浆层抗压强度试验和连接部位拉拔试验来检验连接是否可靠。在检查数量方面，对于同一批次、相同类型和相同规格的灌浆套筒，检验的批次数量不应超过1000个。每一批都应随机选择3个灌浆套筒来制作对中接头，并由具有相应资质的实验室进行拉伸测试。

另外，需要对整个灌浆施工过程进行详细的记录，其中包括材料使用情况、灌浆参数和质量检查，并在施工结束时对其进行检查，以保证各项质量控制要点均能达到要求。

2. 检测方法改进

检测方法的改进，对于确保新型灌浆套筒与装配式梁柱连接节点的质量具有重要意义。传统理论体积法测试灌浆套筒中灌浆料充盈度时，受人为因素的影响较大，精度及可靠性较差。所以需要引进更为先进和可靠的检测方法。

冲击回波法作为一种高效的无损检测方法，利用机械冲击作用于混凝土表面，激发出低频冲击弹性波并向结构内部传播，由缺陷表面或者构件底面将其反射。这些弹性波往返于结构表面，内部缺陷表面或者底面边界的反射引起瞬态共振，共振的频率可以从振幅谱上分辨，该方法可以用来确定内部缺陷的深度和构件的厚度，并且可以检测结合面、浆锚搭接质量等情况。

阵列式超声波检测技术具有优异的浆锚搭接质量检测性能，其能够对预设孔洞缺陷进行有效的识别，并且能够形成3D图像从而实现高效的检测、直观的数据显示使检测人员对内部情况有了更加明确的认识。

X射线法可以对灌浆套筒连接处的内部缺陷进行探测，就拿便携X射线探测为例，胶片贴在墙的一面，完全盖住被测套筒，便携式X探测仪置于墙的另一面，让射线源朝向同一个被测套筒，并调节射线源至胶片之间的距离等于射线机焦距，用胶片成像观片灯来观察套筒灌浆质量的好坏。

另外，预埋传感器法值得重视，在接缝处出现漏浆及重新补灌现象时，通过传感器回馈的振动信号能够准确地判断套筒内是否满足指定灌浆饱满要求，方便装配式混凝土结构灌浆的施工工艺的控制。通过对这几种检测方法进行完善与综合应用，可以更加准确地控制施工质量，确保装配式梁柱节点施工可靠。

3. 施工工艺改进

为了提高新型灌浆套筒连接装配式梁柱节点的施工质量和效率，施工工艺的改进显得尤为关键。从员工的

角度看,强化施工人员的培训是非常关键的。定期进行技能和安全教育培训可以提升施工人员的技能和安全意识,使他们能够更加规范地操作灌浆工艺,从而确保施工的质量。

在质量控制上,建立健全质量管理体系,并制定严格的质量管理制度与程序,加强过程控制,从原材料到设备再到施工工艺各个环节都严格把关,以保证施工质量达到设计要求及有关规范。

在现场管理中,对施工现场的布置进行合理的规划,使物料、设备、工具等的放置井然有序,可以提高现场作业的安全与效率。引入信息化管理,应用BIM技术和物联网技术,对施工现场的数据进行实时收集、分析与处理,为科学决策提供帮助,确保了施工的进度、质量与安全。

先进的技术与装备的引进也必不可少。自动化测量机器人、自动化混凝土喷射系统、自动化钢筋加工设备等自动化施工技术的应用能够极大提高施工效率和精度。预制装配式建筑技术可以通过预制构件的制作与装配化施工来提高建筑效率、减少施工现场的噪音与污染等。

同时配合新工艺及装备的全面运用,例如将自动化施工技术与智能检测设备相结合等,可以对施工过程进行自动化的监控与控制;将新型材料制造设备与环保施工方法相结合,将有助于推动工程建设朝着环保和可持续发展的方向发展。施工工艺的完善是多维度的,需要从人、管理和技术几个方面协同进行,才能提高施工的总体水平。

4.降低施工扰动措施

减少施工扰动措施,对确保新型灌浆套筒与装配式梁、柱连接节点的顺利施工,确保周围环境及居民正常生活秩序具有重要意义。选择施工技术时,要采取先进微创施工技术如顶管法和定向钻进。这些技术可以极大地减小开挖面积及扰动范围,并避免传统明挖造成地面塌陷及管线破坏等问题。例如,在城市的主要道路上进行燃气管道的更新时,使用定向钻进的方法不仅大大缩短了建设时间,还成功地避免了交通堵塞,从而降低了对附近环境和居民日常生活的负面影响。

合理地安排施工时段也是不可忽视的问题。综合考虑居民作息和交通流量变化规律,对施工时段进行调整,并尽可能布置在日间高峰时段外干扰较多的工作。在建设前,要与小区保持紧密联系,事先通告好建设计划,争取住户理解、支持,以免激化矛盾。

施工前要做好充分准备,必须全面详细勘察地下管线,不应单纯依靠历史档案和图纸,应与现场探测技术相结合证实真实情况,避免了在建设过程中损坏管线、造成安全事故及居民恐慌等问题的发生。

施工现场要进行实时监测并设置振动监测仪、沉降观测点及管线压力监测设备等,以达到施工扰动实时监测。当监测数据出现异常情况时,例如某路段土壤沉降速度出现异常时,立即停止施工并对支护结构进行调整,以免发生可能发生的管线破裂和地面下沉等事故。

施工完成后应及时对扰动区域进行维修,以恢复地面环境。如果地面沉降和路面破损没有得到及时的维修,就会影响城市形象及居民的安全,并有可能造成雨季积水,从而引起居民的抱怨。

结论

新型灌浆套筒连接技术在装配式梁柱节点中具有连接可靠、施工便捷和适应性强等显著优势,是一种具有广阔应用前景的连接方式。然而,目前该技术在施工过程中仍存在一些问題,需要对其施工工艺进行优化。通过施工质量控制优化、检测方法改进、施工工艺改进以及降低施工扰动措施等方面的研究和实践,可以提高新型灌浆套筒连接装配式梁柱节点的施工质量和效率,保证建筑结构的安全性和稳定性。未来,随着建筑工业化的不断发展,新型灌浆套筒连接技术将不断完善和创新,为装配式建筑的发展提供更有力的技术支持。同时,还需要进一步加强对该技术的研究和应用,推动装配式建筑行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 高强.分体式全灌浆套筒连接在装配式框架结构梁柱节点中的应用[J].建筑结构,2024,54(14):114-118.
- [2] 周厚政,王立秀.装配式建筑钢筋套筒灌浆连接工艺优化研究[J].中国建筑金属结构,2025(6).
- [3] 张智.装配式建筑灌浆套筒施工工艺优化与质量控制研究[C]//人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集(二).2025.
- [4] 孟琪翔,崔黎明.预制装配式建筑的高精度灌浆套筒连接技术要点研究[J].2025.
- [5] 邢国华,王志萌,秦拥军,等.新型装配式混凝土框架节点抗震性能试验研究[J].土木工程学报,2023.