

装配式建筑钢筋套筒灌浆智能化施工 质量检测技术研究

李晓鹏^{1,2}, 崔士起^{1,2}, 刘文政^{1,2}, 张震^{1,2}

(1. 山东省建筑科学研究院有限公司; 2. 山东省建筑工程质量检验检测中心有限公司)

【摘要】装配式建筑钢筋套筒灌浆施工技术比较复杂, 如果施工操作不规范, 很容易出现灌浆饱满度不足的问题, 从而影响预制构件连接质量, 产生安全隐患。文章研究了装配式建筑钢筋套筒灌浆智能化施工质量检测技术, 在明确钢筋套筒灌浆施工工艺和质量影响因素的基础上, 分析了主要缺陷类型和常规检测方法。从技术创新应用的角度出发, 研究了基于微型阻尼振动传感器、植入式智能压电微骨料、视频图像智能识别系统的智能化检测技术。通过融合理论与实践、宏观与微观, 提高装配式建筑钢筋套筒灌浆施工质量。

【关键词】装配式建筑; 钢筋套筒灌浆; 智能化; 施工质量检测技术

中图分类号: TP277

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2024.12.038

Research on Intelligent Construction Quality Inspection Technology for Reinforcement Sleeve Grouting in Prefabricated Building

LI Xiao-peng^{1,2}, CUI Shi-qi^{1,2}, LIU Wen-zheng^{1,2}, ZHANG Zhen^{1,2}

(1. Shandong Academy of Building Research Co., Ltd.; 2. Shandong Construction Engineering Quality Inspection and Testing Center Co., Ltd.)

【Abstract】The grouting construction technology for reinforcement sleeve grouting in prefabricated building is relatively complex. If the construction operation is not standardized, it is easy to encounter the problem of insufficient grouting fullness, which affects the connection quality of prefabricated components and poses safety hazards. The paper studies the intelligent construction quality inspection technology of reinforcement sleeve grouting in prefabricated building. Based on the clarification of the construction process and quality influencing factors of reinforcement sleeve grouting, it analyzes the main defect types and conventional detection methods. From the perspective of technological innovation and application, it studies the intelligent detection technology based on micro-damping vibration sensors, implanted intelligent piezoelectric micro-aggregates, and video image intelligent recognition system. By integrating theory and practice, macro and micro, the construction quality of reinforcement sleeve grouting in prefabricated building is improved.

【Keywords】prefabricated buildings; reinforcement sleeve grouting; intelligentization; construction quality inspection technology

1 引言

装配式建筑是建筑行业绿色发展的典型代表, 在绿色环保理念下, 我国积极推进建筑工业化改革, 倡导装配式建筑建设, 而装配式建筑预制构件连接是施工重点, 涉及建筑整体的安全性、稳定性。套筒灌浆是常采用的钢筋连接方法之一, 灌浆质量直接决定了连接质量, 需要理顺钢筋套筒灌浆施工过程, 明确影响施工质量的主要因素, 针对传统质量检测存在的不足之处, 加快智能化检测技术应用研究, 为套筒灌浆施工质量控制提供新思路。

2 装配式建筑钢筋套筒灌浆施工技术

根据具体构造, 灌浆套筒可以分为全灌浆套筒

和半灌浆套筒, 前者更适合水平主筋的连接, 后者更适合竖向主筋的连接, 套筒上设置有灌浆孔和出浆孔, 灌浆料从灌浆孔进入, 空气和多余浆料从出浆孔排出。灌浆料主要以水泥为基本材料, 结合其他材料配置而成, 灌浆混合料需要具备一定的早强性、流动性、高强度、膨胀性, 在制备 30min 内用完, 搅拌完成后不能再次加水。以装配式剪力墙结构竖向钢筋套筒灌浆施工为例, 根据实际情况, 合理划分灌浆仓, 做好封仓处理, 采用空气压缩机, 在压力作用下, 将灌浆混合料从灌浆桶压出, 通过导管进入封堵严密的灌浆仓内, 所有灌浆套筒的出浆孔均排出灌浆液并封堵后, 开始保压 1min, 最后拔出灌浆管, 并及时封堵严密, 避免浆体溢出灌浆仓, 这样会导致灌浆不实。严格控制施工环境温度, 一般不应小于 5℃,

如果连接部位养护温度较低,则需要采用加热保温措施。灌浆混合料硬化后,将两侧钢筋和套筒有效粘结,实现钢筋间力的传递,保证结构的整体性和可靠性。

在施工过程中,大多采用成品灌浆混合料,使用前需要严格按照要求检查灌浆混合料的相关技术指标。同时,制备灌浆料试块,在标准养护条件下养护,通过检验混合料和试块质量,就可以控制灌浆料性能,而灌浆饱满度则难以把控,存在诸多影响因素,需要针对这方面加强检测,保证最终的套筒灌浆施工质量能够满足要求^[1]。

3 装配式建筑钢筋套筒灌浆智能化施工质量检测技术

3.1 灌浆施工质量缺陷

我国的装配式建筑发展起步较晚,许多施工工艺尚不成熟,由于技术水平、工具设备、工人素质等方面的影响,在钢筋套筒灌浆施工时,很容易出现灌浆质量缺陷。竖向钢筋套筒灌浆质量缺陷主要表现在套筒内灌浆料液面下降,导致套筒上部没有灌浆料,影响钢筋套筒灌浆质量和连接效果。

如何做好灌浆质量检验成为关键所在,随着技术水平的不断提升,无损检测技术应用越来越广泛。比如钻孔内窥镜法、冲击弹性波法、超声波法、工业CT法等,可以在不影响建筑结构的情况下,实现灌浆质量检测的目的。但是,这些方法都有一定的局限性,难以保证检测精度。比如,冲击弹性波法无法确定缺陷的具体尺寸,对于有些测试结果难以合理解释;超声波法在质量缺陷过大时只能做定性分析;工业CT法中常用的X射线法检测效率比较低,难以满足较大结构物的探测深度要求等等,而且这些检测技术更多地集中在施工成果检验上,无法达到施工过程实时监测,一旦检测出灌浆不饱满,需要后期补灌,则不能完全保证结构整体强度。因此,加强智能化检测技术的研究应用具有一定的必要性和可行性,有利于提高灌浆质量检测的可靠性和精确度,做到施工全过程的质量监测。

3.2 基于微型阻尼振动传感器的智能化检测技术

3.2.1 检测技术原理

传感器具有智能化、数字化、微型化、网络化、系

统化等特点,体现出敏锐的感知能力,能够捕捉相关数字信号,并进行转换、输出,分析提炼出更有价值的信息。利用预埋传感器法进行装配式建筑钢筋套筒灌浆质量检测,主要利用了振幅能量值大小及其衰减规律的原理,在灌浆套筒出浆孔处插入微型阻尼振动传感器,由于不同的介质特性会出现不同的振动规律,在空气、流动的灌浆料、固化的灌浆料中,振动能量的衰减是完全不同的,如果阻尼振动传感器处于较软介质,那么振动衰减就比较小,如果处于较硬介质,那么振动衰减就比较大。通过传感器测得的振幅衰减情况,就可以判断当前位置的介质特性,从而得出套筒灌浆是否饱满^[2]。

3.2.2 检测技术应用

基于传感器技术的套筒灌浆施工质量检测系统,主要包括阻尼振动传感器和信号分析仪。在灌浆前,将传感器从出浆口插入到钢筋套筒内部,测试灌浆前和灌浆后的振幅能量值,根据相关判断标准给出检测结果,如果振幅能量值低于100,那么传感器周围介质为液体或固液混合物,那么可以认为灌浆饱满,如果振幅能量值超过180,那么传感器周围介质为空气,可认为灌浆不饱满,如果振幅能量值介于100和180之间,则需要借助其他手段作进一步判断。需要注意的是,阻尼振动传感器感应片的放置方式会影响检测精度,如果采用水平放置方式,在传感器感应片表面会残留灌浆料,从而造成较大判断误差。所以,传感器感应片应竖直放置,且传感器不可接触钢筋和套筒壁,这样灌浆料会及时下流,不会对检测结果造成太大影响。

3.2.3 优缺点分析

预埋传感器法是一种智能化的钢筋套筒灌浆施工质量检测技术,能够达到无损检测的效果,而且检测效率更高,适用性更好,可以满足更高的检测精度要求。同时,改变了传统灌浆质量事后检测的模式,能够在施工过程中完成实时检测,一旦发现灌浆不饱满的问题,可及时组织补灌施工,保证灌浆施工的整体性和牢固性。当然,预埋传感器法也存在一定的应用缺陷,由于需要在灌浆前预埋传感器,所以施工前已经确定了能够检测的范围,对于可能存在施工不规范的套筒灌浆,无法定向检测,也做不到随机检测,基于传感器的价格,施工质量检测成本偏高,这也是影响大面积应用的关键因素。

3.3 基于植入式智能压电微骨料的智能化检测技术

3.3.1 检测技术原理

压电材料具有压电效应,根据工作形式,可以分为正压电效应和逆压电效应。正压电效应能够通过外力机械振动产生交变电流,逆压电效应则能通过交变电流产生有规律的机械振动,所以,压电材料能够实现机械能与电能的相互转换。利用压电效应,压电材料既可以作为检测结构的传感器,又可以当作产生激励的驱动器,可同时作为传感元件和驱动元件,在结构健康监测中具有广阔的应用空间。新一代的压电材料能够像人类神经系统一样,具备条件反射、指令执行、指令分析的能力,体现出一定的智能化水平,智能压电微骨料是利用压电智能材料制作而成的微型骨料,在装配式建筑钢筋套筒灌浆智能化施工质量检测中应用具有一定的可行性^[3]。

3.3.2 检测技术应用

对于钢筋套筒灌浆施工,如果灌浆料内部存在缺陷,套筒体系机械阻抗会发生变化,通过监测智能压电微骨料电导纳的变化情况,就可以有效识别套筒灌浆内部缺陷。采用植入法,将智能压电微骨料植入到套筒中,需要做针对性设计,防止内部潮湿环境造成电学短路问题,可以将压电材料两侧包裹粘结层,外侧用铝块封装,这样可以避免机械破坏,创造良好的工作环境,这样就完成了质量检测模块的制备。在钢筋套筒灌浆施工前,需要将智能压电微骨料植入到套筒内部并固定好,监测不同时刻导纳响应。相对而言,电导对内部缺陷更为敏感,而电纳则容易受外界环境的影响,但二者均包含了一定的缺陷信息,可以结合起来作为判断是否存在缺陷的依据。从理论上讲,导纳曲线变化越大,表明缺陷越大,根据导纳曲线变化可以给出定性评价结论,但对于较小缺陷,仅仅通过导纳曲线变化并不容易作出准确判断,可以运用均方根偏差、平均绝对百分比偏差、相关系数作为主要损伤指标,做进一步的量化判断,确定缺陷的具体大小。根据相关实验表明,植入式智能压电微骨料能够有效识别出钢筋套筒灌浆质量缺陷,结合相关损伤指标,进一步对灌浆缺陷的具体大小做出判断,可以为智能化施工质量定性和量化检测提供指导和依据。当然,这种技术手段距离广泛实践应用也仍然需要一定的时间,需要给予更

多技术和经济上的支持。

3.4 基于图像识别的智能化施工质量检测技术

基于微型阻尼振动传感器和植入式智能压电微骨料的钢筋套筒灌浆智能化质量检测技术,更多地是通过在套筒内部采集相关数据、分析反应波形来获得判断结果,在实践应用时存在较大的困难,不利于大面积推广。钢筋套筒灌浆施工工艺比较成熟,影响灌浆质量的主要因素也比较明确,如果能够实时监控各种影响因素,就可以从源头上进行质量检测和把控。基于图像智能识别技术的套筒灌浆质量检测结合了视频图像处理、监控系统、人工智能技术,能够按照既定规则检测视频图像,进行智能识别和判断。首先,梳理装配式建筑钢筋套筒灌浆施工控制要点。然后,将灌浆料液面位置作为质量检测指标,运用人工神经网络,建立智能化的质量预警模型。通过不断地机器学习进行训练完善,能够有效识别各种施工动作,准确计算各工序所用时间,监控灌浆料液面位置的变化,一旦超出规定范围,就会自动发出预警,实现施工过程整体灌浆质量实时监测的效果。

4 结语

综上所述,套筒灌浆是装配式建筑钢筋连接的主要方式之一,通过钢筋套筒和灌浆料拌合物,能够将钢筋可靠连接,但如果出现灌浆不饱满的情况,就会影响连接质量,需要加强灌浆施工质量检测。对于以往质量检测中存在的 inaccurate、效率低、不及时等问题,需要加强智能化技术应用,实现施工过程的实时质量检测。在灌浆混合料硬化前,及时发现缺陷并得以有效弥补,同时要从实用性的角度出发,尽可能提高智能化检测技术的应用效果。

参考文献

- [1] 黄冲. 装配式建筑钢筋套筒灌浆施工质量检测及控制要点[J]. 科技创新导报, 2022, 19 (23): 174-176.
- [2] 袁利红. 装配式建筑钢筋套筒灌浆施工技术及其质量控制[J]. 现代装饰, 2022 (35): 70-72.
- [3] 康正炎, 彭建和, 侯高峰. 套筒灌浆饱满度检测方法研究及应用现状[J]. 四川建筑科学研究, 2023, 49 (1): 62-68.