

装配式混凝土结构套筒 灌浆质量检测技术概述及发展趋势

来静¹ 卞德存^{1, 2*}

1. 广州市市政工程试验检测有限公司; 2. 华南理工大学, 土木与交通学院

摘要: 本文从技术原理、适用条件、优缺点等方面对现有装配式混凝土结构套筒灌浆密实度检测技术进行了分析研究, 结果表明: 受制于套筒所处隐蔽环境及自身结构复杂等条件的制约, 现有灌浆密实度检测技术检测效果不佳, 难以实现套筒全数检测, 而多种检测方法相互补充, 并借助人工智能算法进行辅助判别, 将是未来套筒灌浆密实度检测技术发展的重要趋势。

关键词: 装配式建筑; 灌浆检测; 钢丝拉拔法; X射线法; 冲击回波法

引言

装配式建筑形式因其工业化程度高、施工效率高、环保节能等优点, 目前在国内外得到了大面积地推广应用。由于装配式建筑混凝土预制构件已在工厂浇筑完成, 其浇筑质量可以得到较好地保障, 而各个预制构件钢筋节点的连接则主要依靠钢筋套筒内的灌浆料对钢筋的搭接作用, 套筒内的灌浆料密实度则成为影响装配式建筑整体施工质量及结构抗震性能的关键因素。因此必须通过行之有效的检测手段对套筒灌浆质量进行检定。《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T51231-2016) 要求对套筒灌浆质量进行全数检查。

套筒内部灌浆密实度的检测一直都是装配式建筑领域研究的热点问题。目前常用的检测方法主要有预埋钢丝拉拔法、预埋阻尼震动传感器法、X射线法、超声波法、冲击回波法等。本文对上述检测方法的技术原理、检测适用性及优缺点进行了分析, 对其发展趋势进行了展望, 并在此基础上, 提出了一种基于分形理论及BP神经网络的套筒灌浆质量检测新思路。

一、套筒灌浆质量检测技术概述

(一) 预埋钢丝拉拔法

该方法是在灌浆前, 通过套筒出浆口专用橡胶塞, 在出浆口位置预埋高强度钢丝, 待灌浆料凝固一定时间后, 对预埋钢丝进行拉拔, 通过拉拔检测仪记录极限拉拔荷载并进行统计分析, 参考预先给定的荷载参考值判断灌浆是否饱满。

该方法技术原理简单、成本较低, 且经改进后可实现手动拉拔钢丝^[1], 操作简单易行。但需要提前针对不同的套筒及灌浆料制作平行试件, 以确定灌浆料饱满情况下的极限拉拔荷载。另外, 由于钢丝仅预埋于出浆口位置, 出浆口下部是否存在缺陷无法检测。

(二) 预埋阻尼振动传感器法

该方法是在灌浆前, 采取与预埋钢丝拉拔法相同的方式, 将阻尼传感器安装于待测钢筋套筒出浆口位置, 灌浆完成后, 根据灌浆饱满度检测仪输出的波形和振动能量值进行判断^[2]。

该方法检测过程为即时检定, 当发现套筒灌浆不饱满时, 可立刻采取补灌手段保证灌浆质量, 这是其他检测手段均不具备的优势。然而由于检测过程中需要在套筒出浆口埋置传感器, 其检测范围局限于出浆口位置, 且受限于传感器成本, 无法对所有套筒进行全数检测。

(三) X射线成像法

该方法在待测套筒预制一侧放置X射线源, 利用X射线穿透混凝土、钢筋套筒、灌浆料, 在构件另一侧进行成像。当套筒内出现灌浆不密实区域时, 此处的透射强度衰减程度较弱, 在胶片上即可呈现出密实区域的投影图像, 是目前为止最为准确和直接的无损检测方法^[3]。

该方法列入规范的成像方式为胶片成像, 其现场操作过程较为繁琐, 检测效率极低。目前改进的X射线成像法采用的是数字成像方式, 其使用DR平板探测器代替胶片, 可实现实时获取检测图像、及时调整检测参数, 大大提高了检测效率(拍摄及成像过程可缩短至秒级)。

然而, 无论采用胶片成像还是数字成像, 射线防护问题始终是制约该方法大面积推广主要原因。除此之外, 该方法对非套筒或是套筒投影方向前后混凝土存在缺陷的情况, 检测效果略差; 检测设备昂贵、笨重, 难以实现套筒灌浆质量的全数检测。

(四) 超声波法

超声波法一种广泛应用于结构内部无损检测的方法, 也是最早引入到套筒灌浆质量检测当中的无损检测技术之一。该采用超声波斜对测或者对测的方法, 测量套筒处的灌浆料的超声波速、波幅等参数, 并根据声学参数的变化情况判断套筒内部灌浆饱满情况。部分学者对该测试方法的检测效果进行了验证^[4], 表明该方法仅局限于定性检测, 无法对灌浆缺陷大小进行定量检测, 检测精度不高。

基于超声波测试原理, 近几年逐渐出现了诸如超声波CT成像检测技术、超声波相控阵检测技术等, 其检测效果有了明显的提升, 但检测方法仍不够成熟, 尚处于研究阶段。

(五) 冲击回波法

冲击回波法是利用激振器(力锤或超磁致震源等)在被测混凝土表面击打, 产生的纵波穿过被测结构后发生反射和透射, 被激振器同侧的振动传感器接收, 得到激振应力波传递反射后的振动时域曲线。当其检测时激发与接受位于混凝土结构同侧, 可有效解决超声波对于较厚结构(如预制立柱、预制横梁)无法对测的问题。但是由于激振应力波本身主频不高, 可重复性较差, 使得该种检测方法精度不高, 当遇到非套筒时, 则完全无法使用。

二、未来发展趋势

通过上述分析可以发现, 目前常用的套筒灌浆质量检测方法主要分为套筒内直接检测(预埋钢丝拉拔法、预埋阻尼振动传感器法)及套筒外部间接无损检测(X射线成像法、超声波法、冲击回波法)。两类检测方法各有优缺点, 使得任意单一检测手段都难以很好地解决套筒灌浆质量检测问题, 而多种检测手段互相补充将成为未来套筒灌浆质量检测发展的重要趋势。

另外, 随着计算机科学及人工智能算法的发展, 利用神经网络、退火算法、蚁群算法等各类智能算法, 对检测数据的智能化判别, 将成为套筒检测的另一大趋势。通过海量样本学习, 以人工智能的方式对套筒灌浆质量进行评定, 不但可以大大提高检测效率、降低检测难度, 同时也能排除人为因素对检测结果的影响。

三、结论

套筒自身结构及所处的隐蔽环境, 导致现有检测方法均不能很好地满足检测需要, 而采用多种检测方法相互补充的方式, 可使不同检测方法扬长避短。在此基础上, 将各种检测手段获得的测试数据作为控制变量, 借助人工智能算法实现套筒灌浆质量的自动化、智能化检测判定将是未来套筒灌浆密实度检测技术发展的重要趋势。

参考文献

[1] 高润东, 李向民, 刘辉, 许清风, 王卓琳, 张富文. 预埋非接触钢丝拉拔成孔法检测套筒灌浆缺陷深度试验研究[J]. 施工技术, 2019, 48(09): 17-19.

[2] 祝雯, 高梓贤, 黄石明. 基于预埋阻尼振动传感器的钢筋套筒灌浆饱满度检测技术研究[J]. 工程质量, 2018, 36(11): 7-10+18.

[3] 余日华, 曹旷, 杨放, 吕德鹏. X射线技术在套筒灌浆连接施工质量检测中的应用实例[J]. 江苏建筑, 2019(03): 63-65+101.

[4] 聂东来, 贾连光, 杜明坎, 等. 超声波对钢筋套筒灌浆料密实性检测试验研究[J]. 混凝土, 2014(9): 120-123.

基金项目: 广州市建筑集团有限公司科技计划项目(2019-KJ012)