

建筑工程主体结构检测的内容与方法

李 柯

(山东魅元工程质量检测有限公司, 山东 济南 250000)

摘 要 建筑工程主体结构检测是保障建筑安全的关键。本文探讨了建筑工程主体结构检测的内容, 包含材料性能、构件尺寸与外观、结构连接构造及结构性能检测。检测方法多样, 无损检测技术如超声、声发射、雷达检测, 可检测内部缺陷; 半破损检测技术中的钻芯法、拔出法能测定混凝土强度; 物联网、BIM 和机器人检测等新兴技术, 可实现实时监测、可视化分析和危险区域检测。本文认为实际检测需综合考虑多种因素, 选择合适的检测方法, 复杂结构更需多方法协同, 以精准评估结构状况。

关键词 建筑工程; 主体结构检测; 无损检测; 新兴技术

中图分类号: TU317

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.20.029

0 引言

建筑工程主体结构作为建筑的核心部分, 其质量直接关乎建筑的安全与稳定, 对人们的生命财产安全有着深远影响。在建筑的全生命周期中, 从新建建筑的质量把控, 到既有建筑的维护、改造与评估, 主体结构检测都发挥着不可替代的作用^[1]。通过科学、精准的检测, 能够全面了解结构的实际状况, 及时发现潜在问题, 为结构的维修、加固以及后续使用决策提供坚实的依据。随着建筑技术的不断进步和建筑规模的日益扩大, 对建筑工程主体结构检测的要求也越来越高, 不仅需要检测方法具备更高的准确性和可靠性, 还需更加高效、便捷, 以适应不同建筑结构和复杂环境的检测需求^[2]。因此, 深入研究建筑工程主体结构检测的内容与方法具有重要的现实意义。

1 建筑工程主体结构检测的重要性

建筑工程主体结构犹如建筑的骨架, 承载着建筑物的竖向和水平荷载, 维持着建筑的整体稳定性。一旦主体结构出现问题, 可能引发建筑局部损坏甚至整体倒塌, 严重威胁人们的生命安全, 造成巨大的经济损失。对建筑工程主体结构进行检测, 能够在早期发现诸如混凝土强度不足、钢筋锈蚀、结构连接松动等问题, 及时采取有效的修复和加固措施, 阻止病害的进一步发展, 延长建筑的使用寿命, 保障建筑在使用过程中的安全性和可靠性。从结构力学角度分析, 建筑主体结构的性能直接影响其在各种荷载工况下的内力分布和变形情况。当结构存在缺陷时, 其力学性能会发生改变, 导致局部应力集中或变形过大, 进而影响结构的整体稳定性。

以混凝土结构为例, 混凝土强度不足会降低结构的承载能力^[3], 使得结构在正常使用荷载下就可能出现裂缝、变形等问题; 钢筋锈蚀不仅会削弱钢筋的截面面积, 降低其承载能力, 还会导致钢筋与混凝土之间的粘结力下降, 影响两者的协同工作性能, 最终危及结构安全。从建筑全生命周期成本的角度来看, 早期进行主体结构检测并及时处理问题, 相较于结构损坏后再进行修复或重建, 能够显著降低成本^[4]。及时发现并修复结构的微小缺陷, 可以避免缺陷发展成严重病害, 减少维修和加固的工作量和成本, 同时也能减少因建筑停用或拆除重建带来的间接经济损失。

2 建筑工程主体结构检测内容

2.1 材料性能检测

混凝土作为建筑工程中最常用的材料之一, 其强度、弹性模量、耐久性等性能指标直接影响结构的承载能力和稳定性。通过超声回弹综合法、钻芯法等检测手段, 可以准确测定混凝土的实际强度。超声回弹综合法是基于超声声速和回弹值与混凝土强度之间的相关性, 通过测量这两个参数来推定混凝土强度。该方法在大量试验研究的基础上, 建立了超声声速、回弹值与混凝土强度的经验公式, 具有操作简便、检测效率高、对结构损伤小等优点, 但需要注意的是, 其检测结果受到混凝土原材料、配合比、养护条件等因素的影响, 在使用时需进行修正。

钢材的力学性能如屈服强度、抗拉强度、伸长率等, 以及其品种、规格和锈蚀情况, 对钢结构和钢筋混凝土结构的性能至关重要。在一些建筑中, 钢筋锈蚀会导致其截面减小、力学性能下降, 严重影响结构的安

全性,因此需采用相应的检测方法对钢材性能进行检测评估。常用的检测方法包括外观检查、电磁感应法、电化学法等。

砌体结构中的块材和砂浆强度,以及砌体的抗压、抗剪性能,关系到砌体结构的承载能力和抗震性能。在老旧砌体建筑中,由于材料老化和环境因素影响,砌体性能可能会下降,需要进行检测以评估结构的安全性。对于块材强度,可采用回弹法、取样试验等方法进行检测;砂浆强度检测则常用贯入法、回弹法等。这些方法通过测量块材或砂浆的表面硬度、贯入深度等参数,结合经验公式来推定其强度。

2.2 构件尺寸与外观检测

构件的实际尺寸与设计要求的偏差会对结构的受力性能产生影响。梁、板、柱的尺寸偏差可能导致其承载能力不足或内力分布异常。从结构力学原理出发,构件尺寸的变化会改变其截面惯性矩和刚度,进而影响结构的内力分布和变形。对构件外观进行检测,及时发现裂缝、变形、蜂窝、麻面等缺陷,对于评估结构的安全性和耐久性至关重要。裂缝不仅会影响结构的美观,还可能成为结构破坏的隐患,如不及时处理,可能导致结构的承载能力下降。裂缝的产生原因较为复杂,可能是由于混凝土收缩、温度变化、荷载作用、地基不均匀沉降等因素引起的^[6]。根据裂缝的形态、宽度、深度以及分布情况,可以初步判断裂缝的成因和对结构的影响程度。

2.3 结构连接与构造检测

建筑结构的连接节点,如梁与柱的节点、钢结构的焊接节点等,是保证结构整体性和传力性能的关键部位。节点的连接方式、焊接质量、螺栓紧固程度等直接影响结构在荷载作用下的性能。从结构传力路径来看,连接节点起着传递内力的重要作用,良好的连接节点能够确保结构在荷载作用下内力的顺畅传递,使结构各部分协同工作。结构的构造措施,如钢筋的锚固长度、箍筋的配置、墙体的拉结筋设置等,对结构的抗震性能和整体稳定性有着重要影响。不合理的构造措施会削弱结构的抗震能力,在地震作用下容易引发结构的破坏。

2.4 结构性能检测

通过现场加载试验,如对梁、板进行静载试验,可以直接测定结构构件在荷载作用下的变形、裂缝开展情况以及承载能力,从而评估结构的实际性能是否满足设计要求。静载试验是在结构构件上逐级施加荷载,通过测量构件在不同荷载阶段的变形、裂缝宽度等参数,绘制荷载—变形曲线和荷载—裂缝宽度曲线,

进而分析结构的性能。在试验过程中,需严格按照相关标准和规范进行操作,确保试验数据的准确性和可靠性。

3 建筑工程主体结构检测方法

3.1 无损检测技术

超声检测利用超声波在混凝土等材料中的传播特性,通过测量波速、波幅等参数,检测结构内部的缺陷、裂缝深度以及混凝土的均匀性。例如:在混凝土灌注桩的检测中,超声检测能够有效发现桩身的缩颈、夹泥等缺陷。超声波在混凝土中传播时,遇到缺陷会发生反射、折射和绕射现象,导致波速、波幅等参数发生变化。通过分析这些变化,可以判断缺陷的位置、大小和性质。超声检测具有操作简便、检测速度快、对结构无损伤等优点,但对检测人员的技术水平要求较高,且检测结果的准确性受混凝土内部结构和测试条件的影响较大。

声发射检测通过监测结构在受力过程中产生的声发射信号,可判断结构内部的损伤情况和发展趋势,用于实时监测结构的安全状态。当结构内部发生损伤,如裂缝扩展、钢筋断裂等时,会释放出弹性波,即声发射信号。声发射检测技术通过对这些信号的采集、分析和处理,可以确定损伤的位置、类型和严重程度。

雷达检测利用电磁波在介质中的传播特性,对结构内部的钢筋分布、混凝土缺陷等进行探测,具有快速、高效、无损的特点。在对既有建筑的检测中,雷达检测可以清晰地显示出钢筋的位置、数量和混凝土内部的空洞等缺陷。雷达发射的电磁波在混凝土中传播时,遇到不同介质的界面会发生反射和折射,通过接收反射波的强度、时间等信息,可以构建出结构内部的图像,直观地反映出钢筋和缺陷的分布情况。

3.2 半破损检测技术

钻芯法是从结构构件中钻取芯样,通过对芯样的抗压试验,直接测定混凝土的实际强度,检测结果较为准确可靠,但会对结构造成一定程度的局部损伤。在对某老旧建筑的混凝土强度检测中,钻芯法能够提供直观准确的强度数据,为后续的结构评估和加固提供重要依据。钻芯法的优点是检测结果直接反映混凝土的实际强度,可信度高。但在钻芯过程中,会对结构造成局部损伤,影响结构的外观和性能,因此需要在检测后对芯样孔进行妥善处理。同时,钻芯法的操作较为复杂,需要专业的设备和技术人员,检测成本相对较高。

拔出法是将安装在混凝土中的锚固件拔出,根据拔出力的大小来推算混凝土的强度,操作相对简便,对结构的损伤较小。拔出法适用于各种混凝土结构,

在现场检测中应用较为广泛。该方法基于混凝土与锚固件之间的粘结力与混凝土强度的相关性,通过测量拔出力来推定混凝土强度。拔出法具有操作简单、检测速度快、对结构损伤小等优点,但检测结果受锚固件的安装质量、混凝土的表面状况等因素影响较大,在使用时需要严格按照标准规范进行操作。

3.3 基于物联网和 BIM 技术的检测手段

物联网技术通过在建筑结构中部署大量的传感器,实现对结构的实时、远程监测,能够及时获取结构的应力、应变、位移等数据,并进行数据分析和处理,为结构的安全评估提供依据。在智能建筑中,物联网技术可以实时监测结构的健康状况,一旦发现异常情况,及时发出预警信号。物联网技术利用传感器网络、无线通信技术和云计算等,实现对结构数据的实时采集、传输和存储。通过对大量监测数据的分析,可以建立结构的健康监测模型,预测结构的性能变化趋势,及时发现潜在的安全隐患。但物联网技术也面临着数据安全、传感器可靠性等问题,需要采取相应的措施加以解决。

BIM 技术具有可视化、信息集成等特点,可建立建筑结构的三维模型,整合检测数据,直观展示结构的现状和问题,为检测和维护工作提供支持。在建筑工程的全生命周期管理中,BIM 技术可以将设计、施工和检测数据集成在一起,方便各方人员进行协同工作和信息共享。在检测过程中,将检测数据与 BIM 模型相结合,可以直观地查看结构的缺陷位置、类型和严重程度,为制定维修和加固方案提供直观的依据。同时,BIM 技术还可以进行虚拟检测和模拟分析,提前预测结构在不同工况下的性能变化,优化检测方案和维修策略。

3.4 机器人检测技术

利用机器人进行建筑结构检测,可克服人类检测的局限性,提高检测效率和准确性,尤其适用于危险环境和难以到达的区域。如在对高层建筑物的外立面检测中,无人机搭载检测设备可以快速获取外立面的图像和数据,检测裂缝、脱落等缺陷;爬壁机器人则可在垂直墙面上移动,进行近距离的检测作业。在一些大型桥梁的检测中,机器人可以进入桥梁的内部空洞、狭窄空间等人类难以到达的区域,进行全面细致的检测,及时发现潜在的安全隐患。机器人检测技术具有高效、灵活、安全等优点,但也面临着技术成本高、自主导航和智能控制难度大等挑战,需要不断研发和改进机器人的性能和功能,提高其在复杂环境下的适应性和可靠性。

4 建筑工程主体结构检测方法的选择与应用

不同的检测方法具有各自的优缺点和适用范围,在实际检测工作中,需要根据建筑结构的类型、检测目的、现场条件等因素综合考虑,选择合适的检测方法。对于混凝土结构的内部缺陷检测,超声检测和雷达检测都能发挥重要作用,但超声检测更适用于检测较小尺寸的缺陷,而雷达检测则更擅长检测较大范围的缺陷和钢筋分布情况。在对结构的长期健康监测中,物联网技术与传统检测方法相结合,可以实现实时、连续的数据采集和分析,及时发现结构的性能变化。

对于复杂结构或大型建筑工程,单一的检测方法往往难以全面准确地评估结构的状况,需要综合运用多种检测方法,相互补充和验证,以提高检测结果的可靠性和准确性。在实际应用中,还需要考虑检测成本、检测时间等因素,选择最经济、有效的检测方案。例如:在对一些小型建筑的检测中,可能采用简单的外观检查和基本的无损检测方法即可满足要求;而对于大型复杂结构,如高层写字楼、大型体育馆等,则需要综合运用多种先进的检测技术,进行全面、深入的检测评估。

5 结束语

建筑工程主体结构检测是保障建筑安全的重要环节,其检测内容涵盖材料性能、构件尺寸与外观、结构连接与构造以及结构性能等多个方面,检测方法丰富多样。无损检测技术、半破损检测技术以及基于物联网、BIM 技术和机器人检测技术等新兴方法,为结构检测提供了有力的支持。在实际应用中,应根据具体情况合理选择检测方法,并注重多种方法的综合运用,以实现建筑工程主体结构的全面、准确评估,确保建筑的安全稳定运行。随着科技的不断进步,建筑工程主体结构检测技术也将不断发展创新,未来应进一步加强对新型检测技术的研究和应用,提高检测的自动化、智能化水平,推动建筑行业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 丰圣钦.既有建筑主体结构检测鉴定与加固分析[J].江西建材,2024(08):110-113.
- [2] 李士响.房屋建筑主体结构检测技术分析[J].低碳世界,2024,14(03):103-105.
- [3] 纪皖成.钻芯法与回弹法在建筑主体结构检测中的应用分析[J].安徽建筑,2024,31(06):185-186.
- [4] 赵少华.回弹法在建筑主体结构检测中应用研究[J].中国建筑金属结构,2023,22(07):19-21.
- [5] 汪星星.高层建筑主体结构质量检测方法与应用分析[J].安徽建筑,2024,31(05):167-168.