

建筑工程钢筋混凝土结构检测方法研究

郭伟

亳州市建设工程质量检测有限公司, 安徽 亳州 236800

DOI:10.61369/ETQM.2026060040

摘 要 : 针对建筑工程项目钢筋混凝土结构安全性评价要求, 在此基础上运用回弹法、超声法、钻芯法、钢筋扫描仪以及碳化深度测试等方式对混凝土强度、内部损伤程度及其内部钢筋分布情况、保护层厚度以及抗侵蚀性能等方面进行全面判断分析, 在此基础上借助多种检验方式的数据对比与偏差校正从而提升检验精度, 以便更好地做好结构验收、病症查找、补强修理以及维护管理工作, 进而减少施工风险以及增加建筑物使用寿命年限。

关 键 词 : 钢筋混凝土结构; 无损检测; 混凝土强度; 钢筋保护层; 结构安全评估

Research on the Detection Methods of Reinforced Concrete Structures in Building Engineering

Guo Wei

Bozhou Construction Engineering Quality Inspection Co., Ltd., Bozhou, Anhui 236800

Abstract : In response to the safety evaluation requirements of reinforced concrete structures in construction projects, this paper comprehensively assesses the concrete strength, internal damage degree, internal steel bar distribution, protective layer thickness, and anti-corrosion performance by using rebound method, ultrasonic method, core drilling method, steel bar scanner, and carbonation depth test. On this basis, the data from multiple inspection methods are compared and deviation correction is carried out to improve the inspection accuracy, so as to better carry out structural acceptance, defect detection, reinforcement repair, and maintenance management, thereby reducing construction risks and increasing the service life of buildings.

Keywords : reinforced concrete structure; non-destructive testing; concrete strength; steel bar protective layer; structural safety assessment

引言

钢筋混凝土结构承载着建筑的安全以及寿命等问题, 强度下降, 钢筋氧化, 裂缝增大等问题容易存在隐秘性和逐步发展的情况, 如果没有定期检测的话很容易造成安全隐患, 在进行旧有建筑物维护、城市改造以及工程质量把控方面提高以后, 结构检测已经不再是单纯的强度分析了, 而变为多项指标的分析。对常见检测手段适用范围、技术特点及不足进行研究可为下一步制定检测措施及工程安全保障提供参考依据。

一、钢筋混凝土结构检测的基本理论

(一) RC结构组成与性能特点

钢筋混凝土结构是钢筋与混凝土共同参与受力, 混凝土以承受压力为主, 钢筋以承受拉应力和剪应力为主, 二者通过良好的粘附关系而相互配合; 而混凝土虽能很好地承受压力但抵抗拉伸的能力却很有限, 在外加荷载、气温变化、收缩徐变、基础下沉以及周围介质的影响等情况下会引发开裂、脱落、扭曲和钢筋锈蚀等现象。常有损坏形式有受弯破坏、受剪破坏、局部压坏以及耐久性降低破坏等几种类型当中, 最常见的就是裂缝出现; 裂缝由细微裂缝逐步发展到肉眼可见的裂缝, 进而导致水汽、盐分、酸碱物质渗入从而加剧了钢筋的锈蚀程度, 进而影响到了构件的

强度、刚度及使用寿命。所以熟悉 RC 结构材料构成、受力原理及损伤发展规律, 是进行检测工作的理论依据^[1]。

(二) 结构检测的目的与意义

钢筋混凝土结构检测的目的就是了解目前的状态, 找出存在的问题隐患, 为工程质量评定及采取相应措施提供参考。在新建工程中, 检测能够对混凝土强度、钢筋布局、保护层厚度、施工质量等是否符合设计与标准做出检验, 在旧有的建筑物里能够对结构的老化水平、受损情况以及承载力的变化做出诊断, 作为维修、加固、改造或者继续使用的依据。通过对检测结果分析可掌握裂缝产生的原因, 钢筋锈蚀的程度, 混凝土的碳化程度以及内部出现的问题, 从而避免只凭借表面的经验产生错误的认识。精确检测不仅可以增强建筑结构安全性评价的精确度, 还可以防止

无谓拆除以及不必要的加固措施,节省了维修费用,延缓了建筑老化周期,对于保证工程项目的安全以及提升建筑物管理质量有着积极意义。

(三) 结构检测的标准与规范

结构检测应该基于相应的规范进行,保证检测程序、测试数据以及最终结论可信。国内检测一般按照混凝土结构工程施工质量验收、建筑结构检测技术、回弹法检测混凝土抗压强度、钻芯法检测强度等相关规范进行;而国外更加侧重检测手段上的规范化、数据分析处理及结构评价系统化。各种标准各有不同,在被检项目范围、样本量大小、测量设备准确性、偏差调整、评定指标上有所区别,但是都是为了提升其检测结果的真实性和比较性。检测时应对所检测的对象,使用的年限,受损情况及检测目的加以综合考虑并采取相应的方法,同时必须注意测区的选择、仪器标定、外界因素干扰以及重复检验等问题。

二、钢筋混凝土结构检测方法分类

(一) 无损检测方法

无损检测是采用仪器设备检查被检物而不损伤其整体性能、使用功能的情况下对其内质状况、材质状况以及存在的缺陷位置做出鉴定的一种方法,适合用于大面积全面检查和服役期间结构检查。超声波检测主要是以声波沿混凝土传播的时间、振幅和衰减值来判断混凝土中是否有空洞、裂缝、疏松带及强度变化等缺陷,有检测效果范围宽泛、结果形象的优点;电磁法主要用于对钢筋的位置、保护层厚度、钢筋位置测定,从电磁感应信号的变化可以了解钢筋分布状况,可用于施工质量鉴定、结构加强设计。红外热成像检测是基于结构表面温度场差异的变化来判断脱空、渗漏、剥离以及局部缺陷的一种方式,该方式的特点是非接触、检测效率较高,在很多情况下可以进行快速筛查。无损检测方便快捷,对结构影响较小,但是容易受到被检物体材料非均匀程度、周围环境温度湿度、仪器本身精度的影响,一般要结合其他方法校验^[2]。

(二) 半破坏检测方法

半破坏检测就是在让结构产生部分可以修理的损伤的前提下得到更明确的数据的一种检测手段,一般应用于无损检测结果验证以及重要区域精细检测中。钢筋裸露检测主要是采取局部剔凿混凝土的方式来进行查看钢筋直径大小、位置及锈蚀状况以及混凝土保护层的实际值,可以使结论更加准确有效。混凝土芯样钻取试验是最常见的强度检测方式之一,在钻取芯样之后再进行抗压实验,是比较接近真实的对混凝土强度做的一种实验,但是需要注意钻孔避开重要的受力钢筋,而且在实验完成之后要及时的进行修补。钢筋锈蚀状况则可以采用半电池电位法、电阻率测量及局部取样等方法进行检测,从而来确定钢筋锈蚀几率及耐久性衰减状况如何。半破坏性试验检测精度高,但是检测数量较少,施工干扰较多,应着重安排在潜在缺陷处及重要的受力结构件上和无损测试出现疑问的位置。

(三) 破坏性检测方法

破坏性试验主要是用试件加荷、构件破坏试验或者现场荷载

试验的方式来评定钢筋混凝土结构的承载力大小以及变形情况、破坏形态,一般用于对重要的工程的鉴定、结构加强的效果检查以及事故的研究分析。破坏性试验加载试样可以模拟结构受弯、受剪、受压等多种工作状态的变化,可以观测到裂缝的发生和发展、受拉区钢筋的屈服、受压区混凝土的压坏、以及极限承载力的发展情况,为结构力学计算及设计参数的调整提供参考。荷载试验和破坏性分析能体现出结构的工作状况,特别是对于桥梁、楼板、梁柱节点等重要部位的安全验算比较适用。而结构安全性的评价需要综合试验结果以及理论计算模型和规范规定的要求共同确定。破坏性检测的结果明了、可靠度较高,但是价格昂贵、耗时较长,而且会造成结构的损坏,所以要小心慎重的选择使用。如图1所示。



图1 钢筋混凝土结构检测方法分类及应用层级示意图

三、钢筋混凝土结构检测的应用实践

(一) 桥梁工程检测案例分析

桥梁钢筋混凝土结构长期受车辆荷载、温差应力、雨淋冲刷以及氯离子的影响,容易造成梁体裂缝、混凝土破损、钢筋锈蚀、支座老化及桥面铺装损坏等一系列病害,在检测过程中首先要通过肉眼观察梁体表面情况,并记录下裂缝大小、走向、位置及渗水现象,然后运用回弹法、超声波法、磁粉法、碳化指数测定法及钻芯取样等手段,对混凝土强度、混凝土完整性、保护层厚度及钢筋锈蚀程度进行整体评估。实施程序一般是先整理资料、实地勘查、确定测量区域、设备调试、获取数据、重复检验并得出结论。检验结果应当对照图纸指标,施工文件以及标准规定,核查承重结构是否有强度不够,裂缝过大,耐久性降低等病害情况的发生,并用于支撑桥梁限载,维修以及加固等意见^[3]。

(二) 高层建筑检测实践

高层建筑钢筋混凝土结构检测应着重检查框架柱、剪力墙、梁板节点、楼板跨中、地下室结构这些重要的承重区域。楼板检测主要是观察楼板厚度差、裂缝走向以及钢筋间距及保护层厚度是否达到了设计标准的要求;梁柱检测就要着重检验梁柱的混凝土强度、主筋的位置、箍筋加密带宽度以及核心区施工质量情况。现场检测设备主要有回弹仪、钢筋探测仪、超声波检测仪、裂缝测量仪、钻芯机等,在使用之前要进行仪器率定以及测区清

扫工作，防止由于饰面层、蜂窝麻面、湿度因素影响、钢筋阻挡造成误差。对数据整理要剔除非正常的数据，在此基础上再根据几项检测数值进行校正，如果出现局部强度低、钢筋混凝土保护层较薄或者裂缝还在继续发展的情况，则需要扩大检测面并且对该结构进行验算^[4]，见下表1。

表1 高层建筑钢筋混凝土结构常用检测指标与判定重点			
检测部位	主要检测指标	常用检测方法	判定重点
框架柱	混凝土强度、钢筋位置、保护层厚度	回弹法、钢筋扫描、钻芯法	轴压承载力及施工偏差
梁板结构	裂缝宽度、楼板厚度、内部缺陷	裂缝观测、超声法、局部钻孔	挠度、裂缝及耐久性风险
剪力墙	强度均匀性、钢筋间距、碳化深度	回弹法、碳化检测、电磁检测	抗侧刚度与耐久性
地下室结构	渗漏、裂缝、钢筋锈蚀风险	红外热成像、超声法、腐蚀检测	防水性能与环境侵蚀影响

（三）工程结构维护与加固

钢筋混凝土结构检验结果可以直接用于维修加固设计中，在混凝土强度较低的情况下可以结合承载力计算进行加大截面或者外包钢或者粘贴碳纤维或者外加预应力等方式来进行加固，在发现钢筋锈蚀时应该先确定碳化深度、氯离子渗透程度以及保护层破损情况，再进行除锈处理、防腐处理或涂刷防锈涂料，修补断面等方式解决，在出现裂缝的时候也应该根据裂缝成因的不同分为受力裂缝、温度裂缝还有收缩裂缝等，然后采用灌浆封闭、表面封护或者结构补强的方法进行处理，在运营维护期间要建立定期检查机制，重点构件建立监测台账，并观察裂缝的发展趋势、变形状况和发展耐久性指标，以便下次维修做出依据。

四、钢筋混凝土结构检测方法优化与发展趋势

（一）检测方法优化策略

钢筋混凝土结构检测优化应该在仪器准确度、测试区域以及数据分析这三个方面开展，实际检测工作可以按照《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344—2019制定出检测程序，在此基础上根据《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015来掌握实体质量检验标准。回弹法检测混凝土抗压强度要按照 JGJ/T 23—2011 来进行测试区域的选择与回弹值修正、碳化深度修正，降低龄期、湿度、浇筑表面以及碳化程度等因素对强度换算带来的影响。钢筋的位置以及保护层厚度检查应参照 JGJ/T 152—2019，用磁性仪器或者雷达仪来进行初次检验，在出现可疑点的地方再对局部部位进行凿孔验测。检验结果不能只依靠一个参数来判断，应当把回弹强度与超声波传播速度，以及钻芯强度还有

钢筋保护层厚度及裂缝宽度结合到一起比较分析，增加判断准确程度。

（二）技术发展趋势

钢筋混凝土结构测试正在由人的主观经验评估转变为智能化以及持续化的数字化过程。智能非破坏性的检测仪器可以运用高频率的超声波检测、三度空间扫描雷达、红外热视仪、测距仪等方式来迅速得到钢筋混凝土内部缺陷、钢筋排布、空鼓疏松以及裂纹的情况；远方监视装置能够将应变计、位移计、温湿度计、腐蚀计安装在梁柱、楼板、节点处，来实时观测结构变形情况、裂缝的发展程度、环境的侵蚀程度以及钢筋是否被腐蚀的程度等等；对于数据分析，我们可以采用 AI 的分析方法，来确定裂缝照片、剔除无效的数据、创建强度模型、衰退模型从而让检测的结果变成“预警”，而不是仅仅只靠经验来进行判定^[5]。

（三）实际应用前景

检测手段改进可以有效提高建筑工程质量管理。新建建筑项目标准化检测能早期发现现浇构件混凝土强度偏低、钢筋偏差、保护层厚度不够以及出现裂缝等问题，防止出现安全隐患问题进入到使用阶段；已有建筑物定期进行检测，及时了解结构材料的老化状况，建筑承载力下降状况及耐久性衰退状况，以便进行有针对性的加固维修。采用多种检测方式相结合的方式进行检查，可以使检测量大幅度减少，节省了检测经费及维修经费。随着检测仪器精确度提升以及数据系统的健全，检测结果还能够反过来推动规范的进一步完善，比如补充完善了各个龄期混凝土强度修正系数、钢筋锈蚀危害等级划分依据、裂缝宽度要求以及既有建筑物安全性评估的方法，使得钢筋混凝土结构检测更为准确可靠并节省成本及具有可追溯性。

五、结语

对于钢筋混凝土结构的鉴定来说应该结合结构类别、缺陷特性与鉴定目的正确选用非破损、部分破损以及破损检测的方法，在多种方法结合使用可以减少单次检测误差带来的影响，增强对结构强度、裂缝状况、钢筋保护距离以及耐久性的判定准确性，同时检测的结果既有利于工程质量验收，又可以作为后期修复加固、安全防护的基础参考资料，今后要进一步注重智能装备的应用、数据集成整合以及持续监测的应用情况，促进结构质量检测向着更加精确、数字化以及预见性的方向发展。

参考文献

[1] 吴志英. 建筑结构工程钢筋混凝土结构加固设计研究 [J]. 中国科技论文在线精品论文, 2025, 18 (04) : 264-266.
[2] 刘聪莹. 钢筋混凝土结构无损检测技术应用 [J]. 建筑机械, 2025, (01) : 137-140.
[3] 王政. 钢筋混凝土结构工程质量检测鉴定的非破坏性方法研究 [J]. 工程质量, 2024, 42 (S1) : 108-111+120.
[4] 谢华, 王桃. 钢筋混凝土结构加固设计在建筑工程中应用分析 [J]. 水泥, 2025, (11) : 149-151.
[5] 宋雪雪. 建筑工程中钢筋混凝土材料的检测方法 [J]. 城市开发, 2025, (08) : 150-152.