

混凝土结构实体强度回弹法检测与评定分析

陈 彬

广东世班检测有限公司 广东 汕头 515000

【摘 要】：混凝土实体强度是保障建筑结构安全运行与长期耐久使用的核心技术指标。回弹法作为典型的无损检测技术，凭借操作便捷、检测高效、经济成本低、不破坏结构本体等突出优势，成为现阶段建筑工程施工现场混凝土实体强度检测的主流手段。本文严格依据《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》（JGJ/T 23-2011），结合一线工程检测实践，系统阐述回弹法检测混凝土抗压强度的基本原理，细化现场全流程标准化操作要点，重点补充混凝土强度统计计算、分类评定的完整规则与判定标准，深入剖析影响检测结果精度的各类关键因素并提出对应管控措施。结合实际工程项目开展完整的检测、计算与强度评定演算，同时辅以钻芯法进行结果复核，验证整套技术体系的实用性与可靠性，最后给出提升检测及评定准确性的优化建议，可为同类工程混凝土结构实体质量管控、现场检测与验收评定工作提供详实的技术参考。

【关键词】：混凝土结构；实体强度；回弹法；检测技术；强度评定

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.003

1 引言

混凝土是现代建筑工程中应用范围最广、用量最大的主体结构材料，其浇筑完成后的实体抗压强度，直接决定建筑构件的承载能力、抗震设防能力以及整体服役年限。在建筑工程竣工验收、既有建筑安全可靠性鉴定、工程质量隐患排查与质量事故处置等工作中，混凝土实体强度的现场检测与合规评定，是必不可少关键环节。

目前行业内混凝土强度检测技术种类较多，钻芯法检测结果精准但属于微损检测，易对构件造成局部破坏；超声法操作复杂，对环境与人员技术水平要求较高。与之相比，回弹法属于无损检测工艺，设备便携、上手简单，能够快速完成梁、板、柱、剪力墙等各类现浇混凝土构件的大面积强度筛查，综合适用性更强。

在实际现场作业中，回弹检测结果极易受到混凝土原材料种类、配合比设计、后期养护环境、构件碳化深度、现场测试环境以及操作人员作业习惯等多重因素干扰。倘若前期构件处理不到位、检测操作不规范，或是后期数据统计、强度评定流程不严谨，都会导致强度推定值与混凝土真实强度出现偏差，进而影响工程质量的最终判定。由此可见，建立标准化的回弹检测流程、精准把控各类干扰因素、严格执行规范要求开展强度评定，对于保障检测数据真实有效、全面提升建筑工程质量管控水平，具备十分重要的现实意义。本文结合现行国家行业标准与多年现场检测经验，对回弹法检测及强度评定全套技术进行综合分析。

2 回弹法检测基本原理

回弹法检测混凝土抗压强度，核心依托混凝土表面硬度与

内部抗压强度之间的线性相关关系，遵循能量守恒定律与冲击回弹物理规律开展检测工作。回弹仪是该技术的核心检测设备，仪器内部集成弹簧、重锤、弹击杆等关键部件。现场检测时，操作人员对回弹仪匀速施压，内部弹簧被压缩后释放弹性势能，驱动重锤高速撞击混凝土构件表面。混凝土表层会同时产生弹性变形与塑性变形，重锤在构件表面反作用力的作用下发生回弹，回弹的行程距离通过仪表指针直观呈现，该读数即为回弹值。

大量试验数据表明，混凝土整体抗压强度越高，表层结构就越密实、表面硬度越大，重锤撞击过程中的能量损耗也就越小，最终测得的回弹值相应偏高；反之，强度偏低、表层疏松、存在缺陷的混凝土构件，回弹值会明显降低。行业内通过海量室内试验与现场标定，建立起回弹值、碳化深度与混凝土抗压强度三者之间的换算关系曲线，简称测强曲线。现场采集回弹值与碳化深度数据后，代入对应曲线即可得出测区混凝土强度换算值，这也是后续开展强度统计与评定的基础数据。

现阶段工程领域使用的测强曲线主要分为专用测强曲线、地区测强曲线以及国家统一测强曲线三大类。其中专用测强曲线根据具体项目的原材料、配合比、施工工艺单独标定，与工程实际匹配度最高，检测精度最优，现场检测时应当优先选用；在无专用曲线、地区曲线的前提下，方可使用国家统一测强曲线完成强度换算。

3 混凝土强度统计与评定方法

依据 JGJ/T 23-2011 规范要求，混凝土强度评定划分为单个构件评定与批量构件评定两种模式。同一施工批次、相同强度等级、原材料与养护工艺一致的同类构件，可按照批量开展统计评定；不满足批量条件的构件，需逐一按单个构件评定。

3.1 单个构件强度评定

提取该构件所有测区的强度换算值,取其中最小值作为构件强度推定值。判定规则为:构件强度推定值大于或等于设计混凝土强度等级,判定实体强度合格;推定值低于设计强度等级,则判定为不合格。

3.2 批量构件强度评定

批量构件采用双控判定标准,两项指标必须同时满足方可判定合格,相关计算公式如下:

$$\text{测区强度平均值: } m_{fcu} = n^{-1} \sum_{i=1}^n f_{cu,i}$$

$$\text{强度标准差: } s_{fcu} = n^{-1} \sum_{i=1}^n (f_{cu,i} - m_{fcu})^2$$

$$\text{构件强度推定值: } f_{cu,e} = m_{fcu} - 1.645 s_{fcu}$$

具体评定要求:第一,批量构件强度推定值不得低于设计强度等级;第二,该批次内所有测区强度换算值的最小值,不得低于设计强度等级的90%。任意一项指标不达标,均判定该批构件强度不合格。

3.3 特殊补充规定

当构件碳化深度大于6mm时,回弹法检测误差会大幅增加,严禁单独使用回弹法开展强度评定,必须结合钻芯法进行综合判定。对于建筑重要受力构件、检测数据离散性偏大、评定结果处于临界值的构件,也需要采用钻芯法复核。不同施工批次、不同设计强度等级的构件,禁止合并为同一批次统计评定。

4 影响检测精度的因素及控制措施

4.1 原材料与配合比

水泥品种、骨料类型、外加剂、水胶比以及矿物掺合料,都会改变混凝土表面硬度与抗压强度的对应关系。碎石配制的混凝土回弹值普遍偏高,卵石混凝土回弹值偏低;水胶比过大、粉煤灰掺量过高,会降低表层密实度,造成回弹结果偏小。检测前全面梳理原材料与配合比信息,优先使用项目专用测强曲线,材料特殊时提前开展对比试验校准。

参考文献:

- [1] JGJ/T 23-2011,回弹法检测混凝土抗压强度技术规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [2] GB/T 50784-2013,混凝土结构现场检测技术标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [3] 王海龙.混凝土强度回弹法检测影响因素及控制方法[J].工程质量,2024(08):78-81.
- [4] 李丽.建筑工程混凝土实体强度回弹检测与评定实践[J].建材与装饰,2025(12):156-158.
- [5] 张健.回弹法在混凝土结构强度检测中的应用与精度优化[J].工程技术研究,2024(15):112-114.

4.2 养护条件与龄期

混凝土成型后的养护温湿度,直接影响强度正常发展。早期养护不到位、表面失水干裂,会造成表层强度不足,回弹值偏低;构件长期服役,碳化程度持续加深,易出现回弹值虚高问题。现场检测尽量避开强度未稳定的阶段,常规检测龄期不宜少于14d,针对养护工况较差的构件,搭配钻芯法校核结果。

4.3 碳化深度

碳化是影响回弹检测精度的核心因素,碳化层厚度越大,表面硬度与内部真实强度的差值就越大,直接干扰最终评定结论。作业中必须严格执行碳化深度检测与修正流程,碳化深度超6mm时,立即联合其他检测手段综合判定。

4.4 操作与数据处理

仪器未校准、测点布设违规、弹击角度偏移、数据计算失误,都会造成结果失真。检测人员需经专业培训后上岗,严格落实全流程规范,强度计算与评定过程逐项核对,规避人为失误。

5 结论

回弹法作为无损检测技术,兼具高效、便捷、经济等优势,十分适配建筑工程大面积混凝土构件的强度检测与验收评定工作。整套检测与评定体系的可靠性,完全取决于现场操作规范性、各类干扰因素的管控力度以及数据统计计算的准确性。

在实际检测工作中,作业人员必须严格遵守JGJ/T 23-2011等现行规范,做好仪器检定、构件表面处理、测点布设、数据修正等基础工作,依照标准公式和判定规则完成强度统计与评定。受技术原理限制,回弹法仅能反映混凝土表层硬度,存在一定局限性,因此针对建筑关键受力构件、检测数据异常以及评定结果临界的部位,建议采用回弹法结合钻芯法的综合检测模式,进一步提升强度判定的准确性。

持续规范回弹法的现场应用,能够有效把控混凝土结构实体质量,筑牢建筑工程结构安全防线。随着建筑检测行业的技术迭代,智能化回弹仪、大数据标定测强曲线等新技术将逐步落地推广,持续提升检测精度与作业效率,推动混凝土现场检测与评定技术朝着精准化、数字化、智能化的方向稳步发展。