

高层建筑结构混凝土强度现场回弹法与钻芯法检测对比研究

陈庆文

广东省建设工程质量安全检测总站有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i5.4756

[摘要] 混凝土强度是高层建筑结构安全性能的核心指标。本文聚焦现场回弹法与钻芯法两种常用检测手段,从检测原理、操作工艺、数据稳定性与适用场景等维度展开对比研究,通过分析不同技术参数及现场检测要点,评估两种方法在高层建筑混凝土强度检测中的精度表现与工程适配程度。研究表明,回弹法便捷高效,适用于大面积初步评估;钻芯法则适合关键结构的精确验证,本文提出在高层建筑检测中应整合两法优势,建立混合检测机制,以提高检测效率与结果可靠性。

[关键词] 混凝土强度; 高层建筑; 回弹法; 钻芯法; 检测技术

中图分类号: TU208.3 文献标识码: A

A comparative study on the field rebound method and core drilling method for concrete strength testing of high-rise building structures

Qingwen Chen

Guangdong Provincial Engineering Quality and Safety Testing General Station Co., LTD

[Abstract] Concrete strength serves as a core indicator for structural safety in high-rise buildings. This study compares two commonly used testing methods—springback testing and core drilling—examining their principles, operational procedures, data stability, and application scenarios. Through analysis of technical parameters and field testing priorities, the research evaluates the accuracy and engineering applicability of both methods in concrete strength assessment for high-rise structures. The findings demonstrate that springback testing is convenient and efficient for preliminary large-scale evaluations, while core drilling excels in precise verification of critical structural components. The paper proposes integrating the strengths of both methods to establish a hybrid testing mechanism, thereby enhancing detection efficiency and result reliability in high-rise building inspections.

[Key words] concrete strength; high-rise building; rebound method; core drilling method; testing technology

引言

随着城市高层建筑数量持续增加,混凝土结构质量成为影响建筑安全和耐久性的关键因素,现场检测作为工程质量控制的重要环节,回弹法和钻芯法在其中应用广泛,前者具有快速、无损等特点,后者则以检测结果准确为显著优势,但两者在检测原理、结果偏差及适用范围等方面存在明显不同,本文从工程实践视角出发,系统对比分析两种检测技术,旨在为工程人员在实际检测中选择适宜手段提供技术参考。

1 检测技术原理与工程适用性分析

1.1 回弹法的检测机理与参数响应特性

回弹法是基于混凝土表面硬度与抗压强度相关性的非破损检测技术,该方法通过弹击锤头冲击混凝土表面获取回弹值,再借助标准曲线或修正系数换算得出混凝土抗压强度,其检测原理主要依托混凝土表层密实度与强度之间的关联关系,回弹值

会受到碳化深度、表面湿度、骨料粒径、养护条件、构件位置等诸多参数影响,工程中常运用区域平均法、多点检测法及仪器校准法等手段优化结果以提高检测精度,因其操作便捷、效率高且成本低,特别适合大面积结构的快速普查,但检测结果对混凝土表面质量依赖性较强,在检测新拌混凝土或表面破损区域时容易产生偏差。

1.2 钻芯法的检测流程与影响因素解析

钻芯法是当前混凝土强度检测技术中精度较高的方法之一,其原理是利用专用钻孔设备从结构构件中切取标准尺寸的混凝土芯样,经标准养护后开展抗压强度测试,进而获得构件实际强度水平,检测流程包含位置布点、钻孔取样、芯样处理、养护、试压五个环节,影响芯样强度的因素有钻孔过程对混凝土组织的扰动、芯样尺寸与长径比、芯样端面处理质量、钻孔深度与方向等,在高层建筑中,由于高度较大且构件类型多样,

取样位置布设需避开关键受力区域及不宜破损部位。如图1所示：



图1 钻芯法的检测流程与影响因素解析

1.3两种方法在高层建筑结构检测中的适用性评估

高层建筑结构检测中，检测方法的选择需结合结构类型、施工阶段、检测目标及安全性要求综合确定，回弹法凭借快速、无损和高效的特性，十分适合施工中期或大面积混凝土结构的普查与初步质量筛选，能够及时反映结构整体施工质量状况，但在表面碳化严重或湿度较大的区域，检测结果波动性较大，需通过多点测量及修正系数进行合理补偿，钻芯法适用于结构验收、疑难部位验证和设计变更需要高精度数据支持的场景，尤其在竣工验收阶段或结构安全评估中发挥着不可替代的作用。

2 现场操作流程与工艺控制要点

2.1回弹法现场操作步骤与注意事项

回弹法的现场操作需严格遵循《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T 23-2011)的规定，其基本流程涵盖测区布设、表面处理、仪器校准、测试读数与数据处理五个步骤，每个测区应划定25cm×25cm的范围，施测点数不少于16个，剔除最大值和最小值后计算平均值作为该测区代表值，表面处理要求混凝土表面平整、清洁、无油污及疏松层，必要时采用砂纸进行打磨处理，测点间距需保持在20mm以上，与边缘距离不小于30mm，以此避免边缘效应的干扰，测锤应定期通过钢砧进行标定，标定值需处于80±2范围内，否则需重新校正，测试过程中测锤要垂直于构件表面进行冲击，保障读数稳定可靠，温度和湿度对检测结果影响显著，施工环境温度通常需控制在10~35℃，同时记录当时气候参数用于后期修正，对于碳化层深度超过2mm的构件，必须钻取碳化层后重新施测，或结合钻芯法进行核验，确保检测数据的可靠性。

2.2钻芯法取样布点与核心操作规范

钻芯法操作需符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204-2015)及《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(CECS 03:2007)的要求，取样布点应避开钢筋密集区域、结构薄弱部位及特殊构件区域，优先选择无裂缝、无蜂窝麻面的位置，布

点间距不宜小于1.5m，水平构件上与边缘距离不小于150mm，竖向构件不小于300mm，钻孔深度需控制在75mm以上，芯样常用尺寸为Φ100mm×100mm，高径比保持在1.0±0.2，取样时钻头应缓慢进给，防止混凝土出现剥离或崩边现象，钻孔过程需采用冷却水连续降温，水压控制在0.2~0.3MPa，避免热影响导致结构内部应力变化，芯样取出后要立即编号、密封并保持湿润，存放于20±2℃、湿度大于90%的标准养护环境中48小时以上再开展抗压试验，端面需使用端磨设备处理平整，偏差不得超过0.05mm。操作过程要全程拍照记录，确保取样可溯源，数据真实可靠。

2.3施工阶段对检测结果的干扰控制

施工阶段的诸多因素会对混凝土强度检测结果产生显著干扰，需在检测准备与实施过程中采取有效控制措施，养护条件的差异直接影响强度形成，建议混凝土浇筑后7天和28天按标准湿度与温度进行养护，偏差控制在±2℃和相对湿度≥95%，若养护不达标，应在检测值基础上按规范系数进行折减修正，结构碳化情况与混凝土龄期密切相关，露天施工构件碳化速度加快，会严重影响回弹值，需通过化学试剂测量碳化深度后进行修正，模板拆除时间、后期浇水、外露时间、结构喷涂保护等施工工艺变化，都会导致混凝土表层硬度出现波动，对于施工完成超过60天的结构，不宜仅依靠回弹法判断强度，应结合钻芯法进行验证，高温施工期间要特别注意混凝土表面温升控制，可采用遮阳布、夜间浇筑等方式将构件表面温差控制在15℃以内，减少早期干裂对强度发展的干扰，通过全过程质量控制手段，降低环境与工艺差异对检测数据的误差影响，提高结构检测结果的准确性与可比性。

3 检测数据对比与误差来源分析

3.1同一检测区域两法结果偏差特征

在高层建筑混凝土结构检测中，回弹法与钻芯法在同一检测区域常存在一定数值偏差，本质原因在于检测机制的不同，回弹法反映的是混凝土表层2~3mm深度的硬度特性，钻芯法则直接体现混凝土内部材料的抗压强度，具有更强的代表性与稳定性，根据实测数据统计，二者在同一位置的检测偏差通常控制在±10~20%，其中硬度较高、碳化较深的构件偏差可能达到25%以上，表面处理不到位、碳化层未清除、仪器未校准等因素都可能导致回弹值偏高，造成强度评估虚高，表1列出某工程中典型回弹-钻芯对比数据，可见偏差呈规律性分布，需结合现场条件与材料状态进行修正。如表1所示：

表1 同一检测区域两法结果偏差特征

构件编号	回弹法平均强度(MPa)	钻芯法实际强度(MPa)	偏差率(%)
C1	34.2	30.6	11.80%
C2	36.5	31.8	14.80%
C3	33	28.5	15.80%
C4	35.8	30.1	18.90%
C5	32.6	29.4	10.90%

3.2材料龄期、环境湿度等因素对比影响

混凝土龄期对强度检测影响显著,尤其在28天前变化较为敏感,龄期小于7天的混凝土内部水化反应尚不充分,回弹值波动较大,钻芯法所得强度值偏低,对于龄期大于90天的混凝土,表层碳化加重使回弹值虚高,而芯样强度趋于稳定,呈现明显的检测偏离趋势,环境湿度是另一关键影响因素,混凝土表面处于潮湿状态时,回弹值会明显降低,幅度可达10%~15%,此时若未及时擦干或采取防潮措施,极易产生强度误判,钻芯法因测试前芯样需标准养护,对环境敏感性相对较低。

3.3检测误差的可控性与稳定性技术分析

回弹法检测误差受表面质量、设备稳定性、操作手法等因素限制,在同一作业人员操作下,采用多点多面布点、设定标准修正曲线、限定碳化深度等方式,可使误差范围控制在 $\pm 10\%$ 以内,建议每200m²布设一个标准测区,每项检测不少于3组测点,合计48个回弹值用于均值分析,有效提高数据稳定性,仪器应每日校准1次,每月检测1次标准块。钻芯法误差主要来自芯样取样损伤、端面处理不平、芯样养护偏差等方面,采用金刚石水冷却机、端面平整处理、48小时标准养护及电子压力机加载等措施后,其测试误差可控制在 $\pm 5\%$ 以内,重复性高,适用于关键指标评估。

4 综合应用策略与工程优化建议

4.1检测组合策略及结果校核方法

在高层建筑混凝土强度检测中,采用单一方法难以全面反映结构真实状况,建议实施“回弹法为主、钻芯法为辅”的组合策略,具体做法为:主体结构大面检测阶段,运用回弹法开展广域普查,快速筛查强度异常区域;关键节点、强度偏低区域或存在争议部位,通过钻芯法实施精确复核,为提升检测精度与结果一致性,可建立同条件构件标定曲线,将回弹值与钻芯强度对应转换,形成项目专用修正模型,当回弹强度与钻芯强度偏差超过15%时,需以钻芯结果为准,并进一步检查检测流程,在数据校核环节,采用三点比对法,即与设计强度比对、与相邻构件比对、与历史记录比对,识别系统性偏差与异常点。

4.2关键结构部位的检测方法优选建议

高层建筑中,核心筒剪力墙、承重框架柱、转换梁、结构封顶层、地下基础等关键结构部位,对混凝土强度要求更高且安全风险敏感,此类部位宜优先采用钻芯法进行直接强度验证,确保数据真实可靠。转换层、裙房连接、塔楼核心筒转接区域受力

复杂,应在混凝土龄期满28天后进行钻芯检测,辅以三组以上芯样试压取平均值,为保护结构完整性,采用“微破损小径芯样+多点布设”方式降低局部损伤影响,外墙梁、填充构件等非关键部位,可采用回弹法快速评估。

4.3高层建筑全周期检测技术体系构建思路

为实现高层建筑混凝土质量全过程受控,需建立覆盖“设计—施工—验收—运行”的全周期检测技术体系,设计阶段,明确检测标准、采样频次、关键部位检测要求及验收指标,纳入施工组织设计,施工阶段,制定详细检测计划,明确责任分工、检测时间节点与检测方法选型,确保各关键节点具备可验证性,每层结构完工后开展回弹检测,建立数据库动态更新,形成“施工进度+检测结果”联动监管机制。竣工验收阶段,结合钻芯法对典型构件进行抽检复核,出具结构实体质量综合评估报告,运行维护阶段。

5 结语

回弹法与钻芯法各具技术特点与适用范围,在高层建筑结构混凝土强度检测中应协同应用,通过建立合理的检测组合策略、针对性选择关键部位检测方法,构建覆盖施工全周期的技术体系,可有效提升检测效率与数据准确性,保障结构安全。在工程实践中,需要根据构件性质与检测目的灵活配置检测手段,强化工艺控制与数据校核机制,实现混凝土质量的全过程可控、可追溯,为高层建筑的安全运营和长寿命服务提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]李奎.回弹法在老旧建筑混凝土强度评估中的应用[J].居业,2025(05):172-174.
- [2]王晓林,樊亚男.高层住宅建筑墙体裂缝损伤现场检测与鉴定[J].四川水泥,2024(06):139-141.
- [3]杨晶晶.高层建筑主体结构质量检测方法探讨[J].石材,2023(01):114-117.
- [4]李超,张浩.某混凝土结构高层住宅楼结构安全性鉴定分析[J].低温建筑技术,2022,44(07):134-137.
- [5]赵国军,崔浩.施工资料缺失的既有混凝土高层建筑结构安全性评定技术[J].工程质量,2021,39(10):1-7+17.

作者简介:

陈庆文(1994--),男,汉族,广东清新人,本科,研究方向:建筑工程检测。