

超声回弹法混凝土抗压强度检测技术应用分析

刘云龙

四川省禾力建设工程检测鉴定咨询有限公司 四川成都 610200

摘要: 近年来, 随着我国基础建设事业的迅猛发展, 混凝土被广泛地应用于各类建筑工程中。而混凝土结构的质量与耐久性, 直接影响着工程的安全与寿命。因此, 准确地检测混凝土抗压强度就成了工程质量控制的一个重要步骤。超声回弹是一种非损伤检测技术, 具有操作简单、快速、准确等优点, 已逐步被工程应用, 所以探究超声波回弹技术在工程施工中的应用, 可为提高混凝土结构的安全耐久性提供可靠技术依据, 为当前相关行业热议课题。

关键词: 超声回弹法; 混凝土抗压强度; 检测技术; 应用分析

混凝土抗压强度是衡量混凝土质量的重要指标, 传统测试方法如钻芯法、破坏性试验等虽能提供准确的测试结果, 但操作繁琐、费时, 且对混凝土结构有一定的破坏性。超声回弹仪是一种无损检测技术, 它将混凝土超声波检测仪与回弹仪相结合, 可实现对混凝土抗压强度的快速准确评价。探究超声波回弹法检测混凝土抗压强度的方法, 可为该技术的进一步优化与推广提供了理论基础和实践指导, 具有重要意义。

一、超声回弹法的原理

超声波回弹仪的工作原理包括超声检测原理、回弹法原理及二者的综合应用。超声检测的基本原理是利用超声波在材料内部的传播特性所形成的一种检测方法, 超声波作为一种频率超过人类听觉极限的声波, 在传播过程中会遭遇界面、缺陷或非均匀性等因素, 使其发生反射、折射、散射等现象。通过对这些波的传播时间、幅度、相位等参数的测量与分析, 可获得材料内部缺陷的位置、尺寸及性质等信息^[1]。超声检测因其灵敏度高、分辨力高、可探测材料深层缺陷等特点, 在工业无损检测领域得到了广泛地应用。回弹检测的原理主要是依据材料表面回弹特性, 即用标准撞击物体时, 撞击物体的反弹高度或反弹速度。当撞击物体在一定的速度作用下, 物体会发生弹性形变, 然后被弹回, 材料的硬度越高, 撞击物体反弹的高度和速度就越大。回弹法简单、快速, 适合现场检测、大范围检测, 但是其检测结果容易受到材料表面状态及试验环境的影响。超声回弹综合法将超声与回弹法相结合, 其核心思想是将超声检测与回弹综合法结合, 综合评价材料的力学特性与内部结构。其中, 超声检测可获取材料内部缺陷及不均匀性等细节信息, 回弹检测可实现材料表面硬度与强度的快速评价, 二者

联合使用可有效弥补单一检测手段的不足, 使检测结果更加全面和精确(超声回弹法的原理如表1所示)。

表1 超声回弹法的原理

检测方法	原理概述
超声波检测原理	超声检测技术是利用高频声波对被测材料内部结构及缺陷进行检测的一种新方法。超声波是从探针发出的, 穿过物质, 再被反射回来。利用反射波的时间与强度, 可测定材料中的缺陷、厚度等特征。
回弹法检测原理	回弹法是建立在材料表面硬度测定的基础上的。需要用回弹仪撞击被测物体表面, 并记录回弹锤反弹高度。回弹高度与材质硬度及弹性模量有关, 可通过回弹高度间接评定其强度及硬度。
超声回弹法的综合检测原理	超声波回弹综合法是一种将超声回弹与回弹检测技术相结合的方法。首先, 采用超声检测技术对材料内部结构及缺陷进行检测; 其次, 采用回弹技术对试件表面进行硬度及强度测试。对两种测试结果进行综合分析, 可对材料内部组织、硬度、强度等综合性能做出较为准确的评价。

二、超声回弹法监测混凝土抗压强度优势

(一) 非破坏性检测

超声波回弹综合法是一种非破坏性的检测方法, 其特点是对混凝土结构的无损检测, 能准确地反映混凝土的抗压强度^[2]。这种特性对于建筑工程来说是非常重要的, 因为结构的完整性与安全性是非常重要的, 对建筑物进行无损检测, 既可减少维修、加固次数, 又可降低工程造价, 延长建筑寿命。

(二) 高效快速

超声回弹技术是利用超声波在混凝土中传播的速度

及回弹值对混凝土抗压强度进行快速评定的一种方法，整个检测过程只需数分钟，可大大方便了工程进度。此外，与传统检测方法相比，超声回弹具有无需等待试件制作、检测等优点，可大幅缩短检测周期。高效、快速的检测手段，不仅可以提高施工效率，而且能够及时发现并解决隐患，保证工程质量。

（三）数据准确

超声波在混凝土中的传播速度及回弹值直接关系到混凝土抗压强度，利用先进的仪器及科学的计算方法可获得较高精度的测试结果。这种高精度的检测方法，可以为工程技术人员提供可靠的数据支撑，帮助设计人员作出科学、合理的决策。抗压强度是衡量混凝土质量与结构安全性的重要指标，其测量结果的准确与否直接关系到工程的安全与可靠度，所以超声波回弹技术因其优异的检测精度而受到业界的普遍认可^[3]。

三、超声回弹法混凝土抗压强度检测技术应用

（一）设备准备

超声回弹法检测混凝土抗压强度前，应做好设备的准备工作，这一步的精度直接影响着测试结果的准确与可靠性，因此，设备的准备必须严格按照规范要求进行。首先要做的就是对超声波检测仪进行检测与校准，超声波检测仪是检测仪器的核心设备，它的正常工作对检测结果有很大的影响。开机后，要进行功能检查，确认显示屏、按键及各接口是否正常，校准超声探头。标定过程要求使用标准试件，一般采用已知声速的物质，通常标准试件的声速为5000m/s以上。校准时，探头必须与标准试件保持紧密接触，且不能有丝毫的倾斜和偏移。对仪器参数进行调整，使测量的声速与标准声速一致。如有偏差，则需要调整，直到校正正确为止^[4]。其次，应做好回弹仪准备，回弹仪中的弹簧、指针等关键部件，其弹性与精度都要得到保证。要检查回弹仪的外观，确认是否有明显的损坏或磨损，然后再检查弹簧，确认其弹性恢复正常，无卡滞，然后，进行回弹仪的校准，一般采用标准钢砧进行校准，标样洛氏硬度HRC为 60 ± 2 ，将回弹仪竖放于钢砧上，做多次回弹试验，并记录回弹值。当回弹值偏离标准值时，应及时调整回弹仪，直到回弹值精确稳定为止。除主设备，其他辅助设备也不能忽视，钢尺的刻度要清楚，不能有弯曲变形，在使用之前，应进行校对，以保证测量结果的准确，可用记号笔在混凝土表面做记号时，应选用颜色清晰，容易辨认的记号笔，且不容易被擦掉。此外，原始记录表是用来记录测试数据及结果的，所以要准备充足的原始记录表，

对原始记录进行编号、归类，以保证数据记录的系统与完整。

（二）测试点选择

在选取测点前，要对被测混凝土构件表面进行精细的分区，区域划分的原理是根据零件的大小、形状及用途，把被测量面划分成若干个均匀的测试区。各实验区的面积应满足混凝土结构工程施工质量验收规范相关规定，为方便后续点位布设及数据采集，一般每一面积控制在 1m^2 左右^[5]。在划分区域时，应尽量避免出现裂纹、蜂窝等明显的缺陷，以免影响试验结果的准确度。分区完成后，接下来就是点位的布设，测点布设的主要目标是在每一测点中选取一定数量的测点，这些测点能反映该测点的混凝土质量状况。每一测点的选取都是随机的，但一定要满足规范的要求，保证试验结果的可靠性与可比性，每测区应设置5个以上测点，测点间距不小于20cm，距构件边缘不少于5cm。在实际应用中，可采用系统随机抽样的方法，按一定规则在各个测点上随机选取测点，具体方法是先确定各区域的中心点，再以中心点为基准，按一定的间距、数量，将测试点均匀地分布于该地区。如对 1m^2 面积的试验区，可将试验点按纵横方向10cm布置成 5×5 网格，以保证各试验点在试件上的分布均匀，满足规范要求。注意在选取测点时，应充分考虑混凝土构件的实际应用条件及环境因素。如在构件受力较大的部位，为得到更精确的测试数据，可以适当增加测点数目；但对受环境影响较大的部位，如外墙、楼板等，应尽量避免开易受风化侵蚀的部位，以免影响试验结果的准确度。

（三）超声波检测

超声检测是一种新型的无损检测技术，混凝土表面必须平整，干净，不能有明显的凹凸和杂质，否则会严重影响超声波的传导效果。选择合适的偶联剂是关键，耦合剂主要用来填充探头和混凝土表面的间隙，保证超声波的有效传导。常用的耦合剂有凡士林、甘油、硅胶等，在被测点两端均匀涂上耦合剂，保证覆盖面平整无气泡，才能获得最好的超声传导效果。在检测工艺中，应注意测头安装，通常采用双探头，一只作发射机，一只作接收机。在被测点两端分别安装超声波探头，保证探头与混凝土表面紧密接触，为减小角偏差引起的误差，探头应尽可能与混凝土表面垂直。另外，测头间的间距要根据具体的探测需要及混凝土厚度来调节，一般为100 mm~300 mm。当超声波探测器被打开时，发射探头将发射出穿过混凝土内部的超声波信号，然后被接收

探头接收,检测器将记录超声波穿过混凝土的时间(t)和超声波传播速度(V),已知传输距离(L),可由公式 $v=L/t$ 求出超声传播速度。结合某工程实例,对200 mm厚混凝土楼板进行抗压强度试验,在预先制备好耦合剂后,将探头分别安装于混凝土板两端,探头间距设为200mm,当检测器被打开时,记录了50微秒(0.00005秒)的超声波传播时间,由公式计算得出,传播速度 $V=200\text{mm}/0.00005\text{ s}=4000\text{m/s}$ 。根据超声波传播速度与混凝土抗压强度之间的关系,可进一步推演出其抗压强度。按照普通混凝土力学性能试验方法标准相关标准,可提出超声波传播速度与混凝土抗压强度的关系。

(四) 回弹值测定

在超声波检测点附近需要做回弹试验点的标记,标志点布置应符合规范要求,保证分布均匀,测点间距应满足相应规范要求,如回弹法检测混凝土抗压强度技术规程相关规定的20~50cm间距,同时,应保证测点表面平整、无明显缺陷及污物,以避免影响回弹结果的准确度。试验时应严格按照规范要求操作,使回弹仪与混凝土表面垂直,以防止因操作不当造成的测量误差,同时,要记录回弹试验的回弹值,注意温度、湿度等环境条件对回弹值的影响^[6]。每一个测点的回弹试验结束后,都要对各测点的回弹值进行统计分析,应剔除明显异常的数据点,如回弹值与其他数据点有较大差异,一般采取剔除1个最大值及最小值的方法;然后,对各测点多次回弹值进行平均值计算,得到最终的回弹值。为保证数据的科学可靠,在资料处理过程中,常需计算标准偏差,以评估资料的离散性,以保证资料的稳定。结合工程实例,对确定回弹值的过程有一定的帮助。

(五) 结果分析与应用

通过对超声波回弹法检测混凝土抗压强度的测试,对检测结果的分析与应用是保证混凝土结构质量与安全的重要环节。应根据实测的抗压强度数据,对混凝土结构整体质量水平进行了初步评价,具体来说,就是将实测的抗压强度与设计规范及规范相比较,若能满足设计要求,则说明该混凝土结构是比较可靠的,安全是有保障的。但是,当检测到的抗压强度低于设计要求时,就需要对原因进行进一步的分析,产生这种现象的原因主要有原材料质量差、施工工艺控制不严、养护条件差等。在这种情况下,需要结合施工记录和材料检查报告等相关资料,对问题产生的原因进行综合分析。如检查

原材料进场检查记录,就能判断材料是否存在质量问题;回顾施工过程中的监测记录,找出施工过程中是否存在不合理的施工方法和操作上的错误;利用环境监测数据分析养护状况,识别养护措施不到位、环境状况不佳等问题。在确定问题产生的原因之后,才有针对性地进行补救。如果发现材料质量有问题,就应该更换符合要求的材料,重新进行施工;如施工技术方面存在的问题,需要改进施工方法,加强施工过程的监控;如果出现养护问题,应及时调整养护措施,保证混凝土在合适的环境下养护。采取上述措施,可有效地提高混凝土结构抗压强度,保证工程质量与安全。同时,对混凝土的质量控制也要做好记录工作,对每一次测试的时间、地点、测试结果进行详细地记录,既可为目前的工程质量评价提供依据,又可为后续的施工及质量控制提供重要的参考。建立完善的施工记录档案,可为今后同类工程积累宝贵的经验,并对施工工艺和质量控制措施进行不断完善。

结束语

综上所述,超声回弹法检测混凝土抗压强度具有明显的优越性,既可提高施工效率,又能保证建筑物的整体安全。通过实时监测与分析数据,可使工程技术人员能够更加准确地对混凝土质量、强度进行评估,进而制定更加科学的养护与加固方案。未来,随着回弹法检测技术的不断进步和应用经验的不断积累,其在工程领域的推广应用将进一步提高我国土木工程质量管理水平,为我国建筑业的可持续发展提供技术保证。

参考文献

- [1]任朝军.超声回弹法在挡土墙混凝土强度检测中的应用[J].福建建材,2023,(03):35-37.
- [2]罗洋.基于超声回弹法的混凝土结构质量无损检测[J].北方建筑,2023,8(04):31-35.
- [3]朱振江,黄礼和.超声回弹综合法在混凝土桥梁结构检测中的应用[J].交通世界,2023,(23):174-176.
- [4]郭瑞.超声回弹综合法与回弹法检测泵送混凝土抗压强度的比对试验[J].建筑结构,2023,53(S1):2137-2140.
- [5]施鹏.超声回弹综合法及钻芯修正在混凝土强度检测中的应用[J].科学技术创新,2023,(10):122-125.