

Application strategy of rebound method in the quality detection of concrete structure in water conservancy project

Fangwei Peng

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Changji, Xinjiang, 831100, China

Abstract

As an economical and efficient nondestructive testing technology, the rebound method has been widely used in the quality testing of concrete structures in water conservancy projects. This method evaluates the structural quality of concrete surface by calculating the compressive strength by measuring the rebound value. The environment of water conservancy project is complex, and the detection accuracy of rebound method is easily affected by concrete age, humidity and other factors, which limits its reliability. This paper analyzes the theoretical basis, key influencing factors and correction method of the rebound method systematically, combined with the application scenarios of water conservancy projects such as dam, sluice and channel, and discusses the field detection process and data optimization strategy. Combined with the appropriate correction method and multiple data analysis technology, the rebound method can effectively improve the scientific nature of concrete quality testing in water conservancy project, and provide technical reference for project quality assessment and maintenance.

Keywords

rebound method; water conservancy project; quality inspection; data correction

回弹法在水利工程混凝土结构质量检测中的应用策略

彭芳伟

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 中国·新疆 昌吉 831100

摘要

回弹法作为一种经济、高效的无损检测技术,在水利工程混凝土结构质量检测中得到广泛应用。该方法通过测定混凝土表面回弹值,推算其抗压强度,从而评估结构质量。水利工程环境复杂,回弹法检测精度易受混凝土龄期、湿度等因素影响,限制了其可靠性。本文系统分析了回弹法的理论基础、关键影响因素及修正方法,结合大坝、水闸、渠道等水利工程的应用场景,探讨现场检测流程及数据优化策略。结合适当的修正方法和多元数据分析技术,回弹法可有效提高水利工程混凝土质量检测的科学性,为工程质量评估与维护提供技术参考。

关键词

回弹法; 水利工程; 质量检测; 数据修正

1 引言

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,对于防洪、灌溉、供水、发电等方面起着关键作用。混凝土结构在水利工程中广泛应用,其质量直接关系到水利工程的安全性及耐久性。在众多质量检测方法里,回弹法凭借操作简便、效率高、成本低等优势,在水利工程领域备受青睐。本文深入研究回弹法在水利工程混凝土结构质量检测中的应用策略,以期水利工程质量检测工作提供参考。

2 回弹法的理论基础

2.1 回弹法的基本原理

回弹法基于能量守恒原理,主要采用回弹仪进行测试。

回弹仪主要由弹击锤、弹击拉簧、弹击杆等部件构成。通过按钮触发,在弹击拉簧的弹力作用下,弹击锤沿中心导杆高速弹击混凝土表面,此时弹击锤的动能一部分转化为混凝土表面的塑性变形能,另一部分则以回弹能量的形式使弹击锤反弹。回弹值通过指针片在刻度尺上指示出来。

2.2 回弹值与混凝土抗压强度的相关性

回弹值与混凝土抗压强度有密切相关性。微观层面看,混凝土内部的水泥石、骨料及孔隙等组成结构影响其表面硬度,而表面硬度又直接关联回弹值。

2.3 影响回弹法检测精度的因素

影响回弹法检测精度的因素涵盖多个方面:①仪器自身,回弹仪的性能状态是关键,如弹击拉簧的弹性衰减、弹击锤与弹击杆的磨损,都会使弹击能量改变,影响回弹值准确性,且使用前必须严格率定。②检测环境上,温度、湿度会对混凝土表面状态产生影响,高湿度环境可能使混凝土表

【作者简介】彭芳伟(1985-),男,中国湖南邵东人,本科,工程师,从事水利工程质量检测研究。

面软化,降低硬度,导致回弹值偏低;温度过低则可能使混凝土脆性增加,影响回弹结果。③混凝土自身特性,碳化会使混凝土表面硬度增加,导致回弹值增大,而龄期增长也会使混凝土强度和表面硬度发生变化。④混凝土表面质量,回弹法是通过混凝土表面硬度推定混凝土抗压强度,因此混凝土表面质量影响很大。

2.4 回弹法检测适用范围

由于回弹法是通过回弹仪检测混凝土表面硬度而推算出混凝土强度的方法,因此回弹法不适用于表层与内部质量有明显差异或内部存在缺陷的混凝土构件的检测。当混凝土表面遭受了火灾、冻伤、受化学物质侵蚀或内部有缺陷时,就不能直接采用回弹法检测。通常回弹法适用于10到60MPa的混凝土,但超过60MPa的话需要其他方法,或者有专门的规程。回弹法适用于常规混凝土结构的快速、无损强度评估,但需结合现场条件修正,并在复杂情况下与其他方法联合使用。

3 回弹法在水利工程混凝土质量检测中的应用

3.1 回弹法在大坝混凝土检测中的应用

大坝作为水利工程的核心构筑物,混凝土质量关乎工程安全与运行寿命。使用回弹法检测要依据大坝的结构特点和施工情况,合理划分检测区域。过程中,需确保回弹仪与混凝土表面垂直,按照测点布置原则,均匀选取测点。大坝混凝土施工往往规模大、施工时间长,混凝土的原材料、配合比等存在一定波动,因此要考虑这些因素对回弹值的影响。对于检测所得的回弹数据,要根据大坝混凝土的具体情况,如所处环境等,进行修正和分析^[2]。通过对大量回弹数据的统计和处理,结合相关测强曲线,能够较为准确地评估大坝混凝土的抗压强度,为大坝的质量验收、安全性评估以及后续维护提供重要依据。

3.2 回弹法在水闸、渠道、堤坝等混凝土结构中的适用性

回弹法在水闸、渠道、堤坝等水利工程混凝土结构检测中具有较高适用性。水闸长期受水流冲刷、水位变化影响,渠道要承受输水压力和周边土体挤压,堤坝则需抵御洪水冲击,这些结构的混凝土质量对工程安全至关重要。

在水闸检测时,针对闸墩、闸底板等关键部位,通过回弹值可判断混凝土的强度均匀性,及时发现可能存在的质量缺陷。渠道的混凝土结构多为薄壁,回弹法无损检测的特点不会对其结构造成破坏,且能反映不同部位的强度差异。对于堤坝,在其迎水面、背水面及堤身内部不同位置进行回弹测试,能了解混凝土的密实程度和强度分布,为评估堤坝的稳定性提供依据。结合现场环境因素和混凝土特性对回弹数据进行分析处理,可使检测结果更具可靠性。

3.3 现场回弹法测试流程

现场回弹法测试流程如图2所示。

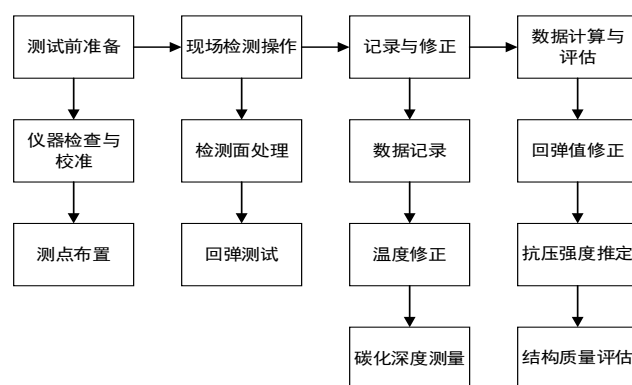


图2 现场回弹法测试流程

测试前,需对回弹仪进行全面检查与校准,确保仪器性能正常,根据工程特点和设计要求,确定检测区域和测点布置方案。到达现场后,对混凝土检测面进行处理。之后,将回弹仪垂直于混凝土检测面缓慢施压、准确读数。按照规范要求,在每个测点处连续弹击3次,取后2次回弹值的平均值作为该点的回弹值,相邻两测点的净距不宜小于20mm,测点距构件边缘不宜小于50mm。完成回弹测试后,记录回弹值以及测试时的环境温度。若温度超出规定范围,要依据相关标准对回弹值进行温度修正^[3]。还应测量混凝土的碳化深度,使用酚酞酒精溶液滴在孔洞内壁,根据变色情况确定碳化深度,碳化深度会影响混凝土表面硬度,进而影响回弹值,需在后续数据分析中予以考虑。最后,根据修正后的回弹值,结合相应的测强曲线,计算出混凝土的抗压强度推定值,以评估混凝土结构的质量状况。

4 回弹法检测数据的修正与优化

4.1 影响回弹值误差的主要因素分析

影响回弹值误差的主要因素:

①回弹仪的生产精度、使用磨损程度以及校准情况对回弹值影响显著。

②混凝土的原材料组成,如骨料的硬度、粒径分布和水泥的品种等,会改变混凝土的内部结构和表面硬度。骨料硬度高,回弹值可能偏高;水泥活性低,混凝土强度增长慢,回弹值也会受到影响。

③混凝土的碳化深度、龄期和湿度对回弹值影响较大。碳化使混凝土表面硬度增加,回弹值偏大;龄期增长,混凝土强度变化,早期强度增长快,回弹值变化明显;湿度大时,混凝土表面软化,回弹值偏低^[4]。

④检测操作同样会引入误差,回弹仪与检测面的角度偏差、施压不均匀等,都可能导致回弹值偏离真实值,影响检测精度。

4.2 修正方法及适用条件

回弹法检测数据的修正方法主要依据影响回弹值的因素而定。

对于温度影响,当检测时环境温度超出标准要求范围

(通常为 $-4^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$), 需进行温度修正。可采用线性插值法, 依据《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》中的温度修正表, 结合实际温度和实测回弹值进行修正, 适用于各种混凝土结构在温度异常时的回弹数据调整。

针对混凝土碳化深度的影响, 通过测量碳化深度, 利用修正系数对回弹值进行修正。对于一般的普通混凝土结构, 当碳化深度在一定范围内(如不超过 6.0mm), 可根据规程中给出的碳化深度修正系数, 结合碳化深度值对回弹值进行修正。

若存在测试角度影响, 当回弹仪非水平方向测试时, 需根据测试角度进行修正。按照规程中的角度修正值表, 结合实际测试角度对回弹值进行调整, 该方法适用于在不同角度条件下检测混凝土结构的回弹数据修正, 以此保证检测数据能准确反映混凝土的真实强度^[9]。

4.3 数据分析与回归建模优化

在回弹法检测数据处理中, 对修正后的回弹值进行统计分析, 计算平均值、标准差等统计参数, 评估数据的离散程度与集中趋势。若数据离散性过大, 需排查异常值, 分析其产生原因, 如检测操作失误或混凝土局部缺陷等。

5 水利工程回弹法应用案例分析

5.1 案例概况

某水利枢纽工程, 包含大坝及配套渠道设施。运行多年后, 需对部分混凝土结构进行质量检测, 评估工程的安全性和耐久性。其中一座大坝, 坝体混凝土设计强度等级为

C30, 全长 500m , 最大坝高 80m 。因长期受水流冲刷、温度变化和水位波动影响, 坝体混凝土可能出现强度下降、表面碳化等问题。为准确掌握坝体混凝土实际质量状况, 决定采用回弹法进行检测, 为后续的维修加固决策提供依据, 保障水利枢纽工程的安全稳定运行。

5.2 回弹法应用

在该大坝检测中, 依据结构特点, 沿坝体不同高程、不同坝段均匀布置测点。使用经过校准的回弹仪, 严格保持其与混凝土检测面垂直, 每个测点连续弹击 3 次并记录后 2 次的回弹值取平均。同时, 在各测点附近采用酚酞酒精溶液测试混凝土碳化深度。考虑到环境温度影响, 若超出标准范围则进行温度修正。对于非水平方向的测点, 按照规范进行角度修正。将修正后的回弹值结合碳化深度等数据, 代入当地适用的测强曲线公式, 计算出各测点的混凝土抗压强度推定值, 以此全面评估坝体混凝土的质量状况。

5.3 应用效果分析

通过回弹法的应用, 该大坝坝体不同区域的混凝土质量差异, 具体如表 1 所示。

坝体上部 A 区、下部 C 区以及右岸 E 区的混凝土抗压强度推定值分别为 32MPa 、 35MPa 和 33MPa , 均满足设计强度 C30 的要求; 而坝体中部 B 区和左岸 D 区的推定强度为 29.5MPa 和 28MPa , 未达设计标准, 表明长期受水流冲刷、温度变化和水位波动影响后, 部分区域混凝土质量下降明显, 需对这些区域重点关注, 结合实际制定维修加固方案, 以保障大坝的安全稳定运行。

表 1 测试结果

检测区域	测点数量	平均回弹值	碳化深度 (mm)	修正后平均回弹值	混凝土抗压强度推定值 (MPa)	是否满足设计强度 C30 要求
坝体上部 A 区	50	35	2	34.5	32	是
坝体中部 B 区	60	33	2.5	32.2	29.5	否
坝体下部 C 区	40	38	1.5	37.8	35	是
坝体左岸 D 区	55	32	3	31	28	否
坝体右岸 E 区	45	36	2.2	35.5	33	是

6 结语

回弹法作为一种高效、经济的无损检测技术, 在水利工程混凝土结构质量检测中具有广泛应用价值。本文系统分析了回弹法的理论基础、影响因素、修正方法及数据优化策略, 并探讨了其在大坝、水闸、渠道、堤坝等工程中的应用。结合合理的测点布置、环境修正及数据回归优化, 可提高检测精度和可靠性。

未来, 需加强智能检测技术融合, 提升数据处理能力, 以进一步完善水利工程混凝土质量评估体系, 确保工程结构安全与耐久性。

参考文献

[1] 李晨.回弹法在水利工程混凝土结构质量中的检测方法[J].水上安全,2025,(01):106-108.
[2] 刘剑峰.回弹法在水利工程混凝土实体检测中的应用研究[J].工程技术研究,2024,9(19):82-84.
[3] 王静,魏玉升,赵晋.基于回弹法的水利工程混凝土检测方法[J].陕西水利,2023,(12):170-172.
[4] 罗慧华.回弹法在水利工程混凝土检测中的应用分析[J].珠江水运,2022,(21):71-73.
[5] 王寿云,吴康圣,李琳.回弹法检测混凝土强度在水利工程中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2017,(32):161.