垂直声波反射法在水库渗漏探测的应用

吴仁学

新疆水利水电勘测设计研究院勘测总队

DOI:10.32629/hwr.v3i8.2348

[摘要] 目前在探测水库渗漏工作中物探技术方法已经得到很成熟的应用,在探测水库渗漏中拥有无损检测、大面积检测、低成本等优势特点。垂直声波反射法是探测坝体缺陷、查明渗漏原因的一种有效的物探技术,该方法具有探测过程轻便快捷、数据资料解释简单,直观反映目的体异样等优势特点。本文结合具体工程实例介绍垂直声波反射法在探测水库渗漏中的具体应用。

[关键词] 垂直声波反射法; 物探技术; 渗漏; 探测; 测线

1 概况

随着我国社会经济持续发展,水利工程已经在经济建设中占据举足轻重的作用。虽然近年来新建水利工程种类繁多,但我国大部分水利工程兴建于上世纪50~70年代,受当时施工条件的限制,在水库工程建设过程中不规范的操作导致施工质量不达标,且水库年久失修,水库坝体出现裂缝、冲蚀、渗漏等一系列问题,严重影响水库安全运行和下游地区住户生命财产安全。目前水库渗漏探测主要以钻探和物探两种探测手段,钻探方法成本高、且容易受现场场地限制,而物探方法则拥有无损检测、大面积检测、低成本等优势。在探测水库渗漏中常见的物探方法主要有瞬变电磁法、探地雷达法、同位素示踪法、直流电阻率法、拟流场法、弹性波法、温度场法、自然电场法。本文结合实例介绍垂直声波反射法在探测水库渗漏中具体应用,该方法于1992年由钟世航教授提出,其后肖柏勋教授在该方法的震源、接收系统和信号处理等方面做了大量的研究工作,目前该方法已成为一种可行的工程质量测试方法,具有无损、高效等优势 and 特点^[1]。

2 基本原理

不同的物探技术方法其原理各有不同,因而不同物探技术方法适用性存在差异。针对探测现场实际地质条件选择合适的物探方法,才能保证良好的探测效果。垂直声波反射法应用的前提条件是:被探测对象应与周围介质有一定波速差异或波阻抗差异^[2]。本次探测水库渗漏正常完整墙体与存在缺陷的墙体之间波阻抗具有很大差异,因此采用垂直声波反射法对该水库渗漏进行探测是行之有效的。

垂直声波反射法是一种极小偏移距离的反射方法,在进行探测时震源发射与信号接收检波器之间距离几乎为零。由于该方法采用极小偏移距,因此所采集到的反射波不含转换波。若被探测目的体不存在缺陷,入射的弹性波以不变的形式传至目的体底部,依据目的体底部介质情况进行反射,产生的反射和折射情况满足连续介质的位移连续原理和牛顿第三定律^[3]。

若被探测目的体存在缺陷,波阻抗产生变化:

$$\text{即,波阻抗由: } Z_1 = \rho_1 \cdot C_1 \quad (1)$$

$$\text{变为: } Z_2 = \rho_2 \cdot C_2 \quad (2)$$

入射波则在目的体顶部和底部、缺陷体顶部和目的体底部之间形成来回反射,通过采集这些反射信号处理分析可判断目的体是否存在缺陷。

垂直声波反射法探测水库渗漏的基本原理是简化观测场,在正常场中找异常场,它利用反射波的时间剖面在相同条件下一致这一规律,在所获探测数据记录中寻找波形异常段,就可知道目的体有缺陷部位的地表位置。在探测时可采用不同频率的震源及检波器,得到不同部位的反射波信息。探测时弹性波在传播的过程遇到缺陷部位,接收检波器接收到的反射波则会表现出波阻抗变化。通过专业软件对接收的弹性波信号的走时、振幅、相位、频率等进行具体分析,判断出墙体中是否存在缺陷部位。

3 计算方法

运用垂直声波反射法探测水库渗漏,即在干燥的泥沙介质中找到含水异常区域。由于声波在干燥的泥沙介质中的传播速度和在含水泥沙介质中的传播速度有明显区别,因此当声波在传播过程中遇到含水泥沙介质速度会有明显增大,具体表现为通过软件处理所得的相位图上会有相位间距变大或畸变的地方,见图1:

图1 垂直反射波法探测渗漏示意图

垂直声波反射法采用极小偏移距,其反射波中不含其他转换波形,在数据资料处理时将每个测点数据瞬时相位进行提取后按照现场实际布置进行拼接,对比分析拼接所得瞬时相位剖面,找到瞬时相位剖面存在含水异常区域,并通过公

式计算该含水异常区域的埋深。

异常区域的深度可由公式(3)计算得出:

$$H = \frac{V_p \cdot t}{2} \quad (3)$$

式中: H 为埋深深度; V_p 为纵波速度; t 为反射时间。

受激振能量、激振频率的限制, 垂直声波反射法存在可探测缺陷面的极限厚度, 见公式(4):

$$h_{\min} = \frac{\lambda \sin^{-1}(1-R^2)R_s}{2\pi 2R(1-R^2)^{1/2}} \quad (4)$$

式中: h 为缺陷层厚度, λ 为缺陷层内的波长($\lambda = v/f$, v 为缺陷层内的波速, f 为主率的上限频率), R 为反射系数。

由式(4)可知, 在同种上限频率情况下, 缺陷层纵波速度越低, 缺陷程度越重, 反射系数越大, 可检测到的缺陷层厚度分辨率越高。因此在探测工作中, 需采用合适的激振频率以提高探测分辨率。

4 工程实例

4.1 现场采集数据

新疆某水库泄水涵洞运行过程中不断出现渗漏点, 为查明水库泄水涵洞渗漏产生的原因, 本次探测工作结合现场实际地质情况决定采用垂直声波反射法对该水库渗漏进行探测, 具体布置如图2所示。从图2中可知, 在泄水涵洞墙面布置25条测线, 点距0.2m, 线距1m, 现场探测采集过程中发射、接收换能器逐点测试, 并沿着测线方向同步移动。

图2 测线布置示意图

4.2 数据结果及分析

为保证测试数据质量, 测试工作开展前进行调试工作, 选取合适激振频率, 以及获取完整墙体纵波速度。测试前后对探测用仪器进行了仪器自检, 仪器工作正常, 各项参数选择均满足本次采集工作的技术要求^[4]。将野外采集数据用软件进行谱分析、滤波、小波分析和图像增强等信号处理方法

处理, 对数据的瞬时相位进行提取并拼接得到结果。

由研究结果显示, 测线的瞬时相位间距逐渐变小。探测对象的含水量逐渐变小与检测工区的实际地质条件基本相对应。同时从5号测线开始发现含水异常区域, 5~15号测线均在对应探测深度为3.5m左右存在含水异常区域, 其他测线未发现有明显含水异常区。结合大坝所在区域特性的地质资料和坝体材料特征, 5~15号测线3.5m左右含水异常区域与混凝土墙连通, 判断以上含水异常区域为渗漏隐患的含水区。

4.3 结果验证

根据垂直声波反射法确定缺陷范围, 在7号测线8测点位置、12号测线8测点位置、18号测线8测点位置分别布置验证钻孔ZK1、ZK2、ZK3, 通过钻孔取芯以及钻孔井下电视设备探测相结合验证是否存在缺陷区域, 验证结果为: ZK1在3m处即发现缺陷区域, ZK2在3.5m处发现缺陷区域, ZK3未发现缺陷区域, 钻孔验证结果与垂直声波反射法探测成果基本吻合。

5 结语

实践证明, 垂直声波反射法是探测坝体缺陷、查明渗漏原因的一种有效的物探技术, 通过其采集分析的数据能直观有效地反映出存在缺陷的部位, 并且垂直声波反射法探测水库渗漏具有无损、轻便、高效的优势。采用该方法进行探测时, 在不影响工作效率的前提下应尽量保证探测点距足够小, 以保证处理结果所得的瞬时相位剖面接近真实地层情况。该方法受激振能量、激振频率的限制, 其探测深度也有一定限制, 因此对于缺陷埋深较深的情况下, 不建议使用该方法进行检测。相较于其他物探方法, 垂直声波反射法进行探测非常轻便、快捷, 在场地狭窄、地形起伏大的情况下其优势明显, 该方法在水库渗漏、防渗墙检测等方面具有广泛推广使用的价值。

[参考文献]

- [1] 肖柏勋, 余才盛, 宋先海, 等. 堤防防渗墙质量无损检测试验研究最新进展[J]. 中国水利, 2002, 26(12): 63-66.
- [2] 李沐春, 邓海忠, 陈刚, 等. 垂直声波反射法在防渗墙质量检测中的应用[J]. 资源环境与工程, 2009, 23(5): 733-735.
- [3] 薛云峰, 袁江华, 孙晓曦, 等. 垂直反射法检测混凝土防渗墙的研究与应用[J]. 物探与化探, 2004, 28(5): 467-470.
- [4] 中华人民共和国水利部. 水利水电物探规程(SL326-2005)[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.

作者简介:

吴仁学(1991--)男, 广西贺州人, 汉族, 本科学历, 助理工程师, 研究方向: 水利勘测; 从事工作: 水利物探勘测。