

抽水蓄能电站库底质量无损检测

王山山, 江 泉, 马良筠, 王京荣

(河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:阐述瑞利波的基本原理及其在工程质量检测方面的应用, 介绍现场检测的方法及所使用的仪器设备, 采用瑞利波的方法对抽水蓄能电站库底质量进行了无损检测, 主要测试上覆盖层与地基之间的密实程度, 同时还检测了修补区的质量, 测试结果表明, 在测区内没有发现层与层之间存在脱空现象, 修补区质量较好, 瑞利波法在工程质量无损检测中具有速度快、方便、准确的特点。

关键词:瑞利波; 库底; 质量; 无损检测

中图分类号:TV139.2*4

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2001)02-0049-02

瑞利波法是一种岩土原位测试勘探方法, 在传统的利用人工激发纵波的反射波法勘探中, 瑞利波是要设法从记录上消除的强干扰波, 近年来随着仪器设备和数据处理技术的发展, 把人工激发并记录的瑞利波, 用于解决地下浅部工程和环境地质问题的勘探方法逐渐兴起, 成为值得推广的物探新技术, 但用瑞利波法对堤坝、结构进行无损检测还只是刚刚起步, 本文介绍了用瑞利波法对天荒坪抽水蓄能电站上水库库底进行质量检测的方法与检测结果。

天荒坪抽水蓄能电站位于浙江省北部安吉县境内, 电站接近华东电网负荷中心, 资源优越, 交通便利, 电站总装机容量为 180 万 kW, 属日调节纯抽水蓄能电站, 年抽水量 42.86 亿 m³, 年发电量 31.60 万 kW·h, 电站概算总投资为 71.18 亿元人民币, 电站建成后, 对华东电网的调峰填谷、改善电源结构、提高供电质量, 都将起到十分重要的作用。

电站主体工程于 1994 年 3 月 1 日正式动工, 计划 1998 年 6 月第一台机组投产发电, 2000 年 6 月全部建成, 总工期约为 8 年, 其中第一台机组建成周期约为 52 个月, 属国内外同类电站建设较高水平。

1998 年 10 月初, 天荒坪水库蓄水调试时廊道内渗流量突然增大, 这是由于沥青混凝土防渗层局部出现裂缝造成的, 为此, 对上水库库底出现裂缝的部位进行了修补, 为探明修补区域质量以及其它地区沥青混凝土防渗层是否还存在裂缝, 防渗层与地基间是否有脱空现象, 对天荒坪抽水蓄能电站上水库局部库底质量状况进行了检测。

1 检测原理

通过瑞利波频散特性和传播速度与介质的物理力学性质的相关性^[1], 对上水库库底质量进行无损检测。

在库底沿波的传播方向, 以一定的道间距 Δx 设置 $N+1$ 个检波器^[2], 就可以检测到瑞利波在 $N\Delta x$ 长度范围内的传播情况, 设瑞利波的频率为 f_i , 相邻检波器记录的瑞利波的时间差为 Δt_i , 或相位差为 $\Delta\varphi$, 则相邻道 Δx 长度内瑞利波的传播速度为

$$V_R = \Delta x / \Delta t \quad (1)$$

$$\text{或} \quad V_R = 2\pi f_i \Delta x / \Delta\varphi \quad (2)$$

测量范围 $N\Delta x$ 内平均波速为

$$V_R = \frac{N\Delta x}{\sum_{i=1}^N \Delta t_i} \quad (3)$$

$$\text{或} \quad V_R = 2\pi f_i \frac{N\Delta x}{\sum_{i=1}^N \Delta\varphi} \quad (4)$$

在同一地段测出一系列频率的 V_R 值, 就可以得一条 $V_R \sim f$ 曲线, 即所谓的频散曲线或转换为 $V_R \sim \lambda_R$ 曲线, λ_R 为波长: $\lambda_R = V_R / f$, $V_R \sim f$ 曲线或 $V_R \sim \lambda_R$ 曲线的变化规律与水库库底介质存在着内在联系, 通过对频散曲线进行解释, 可推断库底某一深度范围内的介质构造, 另一方面, V_R 值的大小与介质的物理力学特性有关, 据此可对岩土的物理力学特性作出评价。

检测时, 采用锤击震源, 利用纵向多道采集的人

基金项目: 河海大学科学基金项目(99536443)

作者简介: 王山山(1965—), 男, 安徽淮北人, 工程师, 从事工程质量无损检测研究。

工地震记录,提取瑞利面波波速频散数据。

数据处理流程示意图如图1所示。



图1 数据处理流程示意图

2 测试与分析

检测仪器为德国 DMT 公司生产的 SUMMIT 高分辨率、大动态范围遥测地震仪。主要性能如下:采样间隔为 1/128 ms, 1/64 ms, 1/32 ms, ..., 8 ms; 最大输入信号为 2 V; 系统输入噪声为 0.6 μ V (1/4 ms 时); 动态范围大于 130 dB (1/4 ms 时); 系统分辨率为 24 bits (2 ms 时); 前置放大为自动增益控制。

测区范围为长 50 m, 宽 90 m, 在宽度方向每隔 10 m 布置一条测线, 共布置 10 条测线。

检测方法为 18 道连续滚动方式, 其道间距为 0.5 m, 炮间距为 1 m。每条测线 (即检测剖面) 共有 100 个测点, 50 个炮点。

测试之前上库库水放空, 现场实验在无蓄水状态下进行。

瑞利波激发及数据采集系统由震源、检波器、采集单元、传输线及高分辨率地震仪组成。系统布置如图 2 所示。检测出的典型频散曲线如图 3 所示。

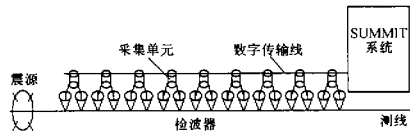


图2 激发及数据采集系统布置示意图

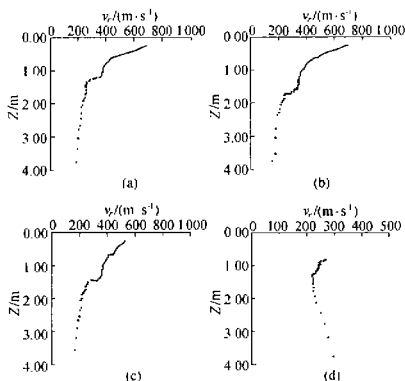


图3 频散曲线图

根据以上频散曲线可知:

a. 在库底深度方向, 典型的频散曲线如图 3(a) 所示。库底以下 0.2~0.6 m, 地基介质的瑞利波平均波速为 450~700 m/s, 密实度较高; 0.6~1.2 m 地基介质的瑞利波平均波速为 360~450 m/s, 密实度较差; 1.2 m 以下地基介质的瑞利波平均波速小于 360 m/s, 密实度最弱。在基础部分深度 1.2 m 左右处, 瑞利波平均波速变化较大, 说明在此深度有一比较明显的分界面, 介质特性变化较大。这与实际情况相符合。

b. 在测试范围内, 瑞利波平均波速没有异常变化, 瑞利波平均波速沿深度方向分布基本一致, 没有发现层与层之间有脱空现象, 典型的频散曲线如图 3(b) 所示。

c. 修补区的频散曲线与正常区域频散曲线规律一致, 瑞利波平均波速也大致相同, 没有发生异常变化。修补区处典型的频散曲线如 3(c) 所示。说明修补区基础密实性较好, 修补区防渗层与基础间没有脱空现象, 修补区的质量达到了完好区域的水平。

d. 有些区域 1.5 m 以下地基的密实度发生了变化。如图 3(d) 所示。1.5 m 以下地基的瑞利波平均波速大于 200 m/s, 且深度越大, 瑞利波平均波速越大, 说明介质的密实性随深度的增加而增大。

3 结语

a. 测区内沥青混凝土防渗层比较均匀, 没有发现明显的裂缝。各层之间没有发现脱空及明显的薄弱区。

b. 调试时廊道内渗流量突然增大, 是由于沥青混凝土防渗层局部出现裂缝漏水而产生的。测试前对此区域进行了修补, 测试表明修补质量较好。

c. 瑞利波法在工程质量无损检测中具有速度快、方便、准确的特点, 具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 王兴泰. 工程与环境物探新方法新技术[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [2] 赵明. 瑞利波法在工程勘探中的应用[J]. 勘探科学技术, 1996(5): 54~57.

(收稿日期: 1999-07-08 编辑: 张志琴)

