

瞬态面波在西藏水库勘察中的应用

蔚贵宏

(长春市水利勘测设计研究院, 吉林长春 130062)

摘要: 本文结合工程实例, 介绍了在高寒缺氧的西藏地区, 利用瞬态面波勘探技术解决巨厚第四系覆盖层及基岩埋深的勘探方法。

关键词: 西藏; 水库; 面波; 勘探

中图分类号: P 631.5

文献标识码: B

Abstract: Exploration technique to solve the problems of Quaternary overburden layer and the depth of bedrock in Tibet district by using instantaneous surface wave is introduced herein in association with example of project

Key words: Tibet; reservoir; surface wave; exploration;

1 前言

在水库勘测中, 经常需要准确地查明第四系覆盖层厚度及基岩埋深。特别在西藏地区, 由于高寒缺氧、交通不便, 尤其是巨厚的覆盖层中漂石、巨石含量丰富, 而且表层比较松散, 这就对一般的钻探方法带来了很大困难, 而瞬态面波勘探技术就能很好地解决了这个难题。在西藏江雄水库的勘探中, 我们首先采用DPP-100-4型汽车钻机进行勘探, 由于该钻机在钻进砂卵石地层中存在很多缺陷, 在20d内只完成了2个15m浅孔, 严重影响工程进度。此后, 我们又引进了比较先进的潜孔锤钻探技术, 但由于高寒缺氧, 空压机根本无法发挥正常的工作效率。在这种情况下, 我们引进了北京水电物探研究所生产的SW S-1型多功能面波仪, 在很少的钻探工作量配合的前提下, 半个月内, 保质保量地完成了勘探任务, 并节省资金30多万元。

2 概况

江雄水库位于西藏贡嘎县境内, 雅鲁藏布江南侧, 水库设计坝高35.1m, 坝长690m, 库容 $1155 \times 10^4 \text{ m}^3$, 属中型水库。整个库区系高山地形, 山体高峻宽厚, 河谷呈“U”字型, 岩体出露, 相对高差一般在400~1100m, 地形坡度 $10^\circ \sim 20^\circ$; 库区河床海拔高程3600m以上, 空气稀薄, 地层主要以巨厚第四系堆积物砂卵石组成, 巨石、漂石含量丰富。

3 瞬态面波基本原理及工作方法

3.1 基本原理

在岩土工程勘测中, 我们主要利用的是瑞利面波, 其特性如下:

(1) 瑞利面波在层状介质中传播的频散特性

在均匀介质条件下, 瑞利波波长 λ_r 与振动频率 f 无关, 即在均匀介质条件下, 瑞利波传播不具频散性。

在层状介质条件下, λ_r 是 f 的函数, 即在层状介质条件下将导致瑞利波的频散。

该特性是瑞利波勘探的理论基础, 由于瑞利波法不仅利用了波的运动学特征, 更重要的是利用了波的动力学特征, 而常规弹性波法, 主要利用波的运动学特征, 且要求各层的波速或波阻抗有较大差异, 因此瑞利面波对介质反映更细微。

(2) 瑞利波的穿透深度与波长的关系

经计算得出瑞利波水平振幅和垂直振幅随单位波长深度的变化规律表明, 当深度 z 为 λ_r 的1/2时, 瑞利面波有大部分能量已经损失。当深度与波长相当时, 其能量迅速衰减, 因此, 可以认为瑞利波的穿透深度为1个波长。这一事实说明, 瑞利波某一波长的波速主要与深度小于 $\lambda_r/2$ 的地层物性有关, 该特性为利用瑞利波进行浅层勘探提供了依据。

由 $\lambda_r = V_R / f$ 得知, 不同的瑞利波长对应于弹性波的频率。通过探测不同频率下介质的弹性波速度, 即可得到 $V_R \sim \lambda_r$ 曲线, 称频散曲线。频散曲线的特性及其变化规律与地质条件密切相关, 通过频散曲

收稿日期: 1998-12-21 修订日期: 1999-07-12

作者简介: 蔚贵宏 (1967), 男 (汉族), 山西孟县人, 学士, 工程师

线进行反演计算,可以得到地下某一深度范围内的地质构造情况和不同深度的瑞利波传播速度 V_R 值。

(3) 瑞利波速度与横波速度的相关性

由瑞利波速度 V_R 与横波速度 V_S 的关系式

$$V_R = \frac{0.87 + 1.12\delta}{1 + \delta} V_S$$

计算出岩土介质中 λ 与 V_R 、 V_S 的关系见表1:

表1

泊松比 δ	0.25	0.38	0.40	0.50
V_R/V_S	0.920	0.939	0.943	0.955

利用该相关性,即可得到地层的横波速度。

3.2 实测工作布置

在实测工作之前,我们首先进行展开排列,即震源点不动,移动排列,取得合适的道间距及偏移距,在本次勘探中我们采用的道间距为2m,偏移距为30、40、50m。在实测工作中,把检波器对称埋置在勘探点M的两侧,震源点和检波器排列在一条直线上,并在排列两侧激振。

排列方向布设原则,在河床和阶地一般顺水流方向布设,在两岸山坡一般沿等高线或顺山脊布设。

3.3 震源选择

瑞利面波的勘探效果与激发能量和频率密切相关,瞬态面波勘探要求单次激振有较宽的频谱范围和一定的能量,震源的选择决定了勘探的结果。

通过选择比较,在本区勘探中在河床部位我们采用N_{63.5}标贯锤,在1.5~2m高度自由落下,取得的资料解释深度在85m之内,山脊部分采用18磅大锤击震,解释深度50m以内。

3.4 仪器设备性能及参数选择

本次勘探使用的SW S-1型多功能面波仪,该机具有较强的人机对话功能,技术人员在可视的地震记录中有效地提取面波成分作分层解释。它不仅适用于地层介质速度递增的地质条件,而且在具有多层软弱夹层的地质条件下提取面波资料,分析成果的精度也是很高的。此次勘探采集道数选用12道,全通滤波方式,采样间隔为0.5ms、1ms,采样点数为1024个和2048个,少数为4096个。

4 资料处理及成果分析

4.1 资料处理与解释

瑞利面波资料的室内处理,使用的是北京水电物探研究所开发的FKSW S-III版本处理系统。具体说明如下:

(1) 单点资料的解释

对于单张面波记录,首先在其时间-空间域内拾取面波成份,并通过快速付立叶变换将其转到频率-波数域(即F-K域)中,在F-K域中拾取面波,并滤除其它干扰波的频率成份,完成面波的2次提取,至此计算得出面波的频散曲线。

根据实测曲线的变化规律(如形态,拐点,斜率等特性)进行地层划分,计算公式如下:

$$V_{Ri,n} = \frac{V_{Rn}H_n - V_{Rn-1}H_{n-1}}{H_n - H_{n-1}}$$

式中 $V_{Ri,n}$ ——第n层(深度间隔 H_n-H_{n-1})面波层速度; V_{Rn-1} , H_{n-1} , $V_{R,n}$, H_n ——第n-1层的面波平均速度与界面深度及第n层的面波平均速度与界面深度。

根据上述公式获得的地层速度-深度模型,利用FKSW S-III版本处理系统做正演计算,得出理论频散曲线和实测频散曲线拟合,使两者曲线有最佳的拟合系数,并进行地质分析,由此获得准确的单张面波成果。

本区瑞利波速度与横波速度转换关系是: $V_R = 0.937V_S$ 。

(2) 点面波资料的准确性比较

为了检验面波资料的准确性,建设单位特别聘请了SPJ300型黄河钻机对所测面波点进行验证,钻探结果与面波对比如表2。

由表2可以看出,面波资料与勘探资料吻合较好。

(3) 地层剖面的生成

由剖面上各个面波点的地层结构成果,主要参照地层速度参数,将各面波点横波速度相近的区域划分为同一层,连成剖面,见图1。

4.2 成果分析

根据面波勘探剖面图以及钻孔记录,对江雄水库地层结构进行分层,各层按状态描述如下:

砂砾卵石,分布于河床及一、二级阶地,厚度7~8m,较松散,横波速度 $V_S = 399\text{m/s}$ 。

砂砾卵石夹漂石、巨石,分布于河床及一级阶地,结构稍密,厚度6~18m,顶板埋深7~8m,底板埋深13~26m, $V_S = 570\sim 760\text{m/s}$ 。

粘质土砾,分布于河床,厚度15~30m,顶板埋深10~25m,底板埋深28~40m,横波速度 $V_S = 790\sim 975\text{m/s}$ 。

含粘质土砾,结构致密,由冰水堆积形成。分

布于河床底部, 直接与基岩接触, 厚度32~ 35m。横波速度 $V_s = 980 \sim 1170 \text{m/s}$
泥质板岩, 被巨厚覆盖层覆盖, 以砂岩板岩为

主, 结构致密, 顶板最大埋深76m, 横波速度 $V_s = 1030 \sim 1240 \text{m/s}$

表2

面波频散曲线图	钻孔柱状图	深度	岩性	误差 (%)
H1 4.72 V_s 289.4		0m		
H2 15.83 V_s 683.3		4.8	砂砾卵石	1.6
H3 20.74 V_s 922		19.8	砂砾卵石夹漂石	1.2
H4 36.00 V_s 1172.0		40	粘质土砾	1.3
H5 2.96 V_s 1343.0		73	含粘质土砾	4
		80	基岩	

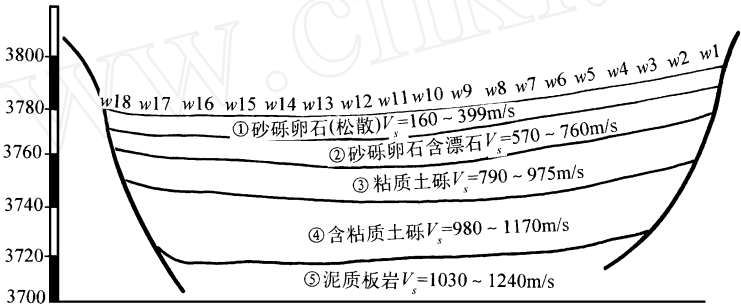


图1 江雄水库面波勘探剖面

5 结语

在世界屋脊进行面波勘探, 我们还是第一次, 但已经充分证明了, 面波勘探在海拔3600m 以上地区

也能充分地发挥其方便、快捷、准确的特性, 既能解决工程勘察中实际地质问题, 也能对工程钻探起到前期指导作用。而且, 取得了显著的经济效益和社会效益。

(上接第65页)

4 结束语

- (1) 在定量分析中, 关键要获得准确的桩~ 土系统自振频率 (其值为几十至几百 Hz), 这就需要施加较大的激振力 (作者推荐使用10~ 15kg 的铁锤), 还需要一较宽的频带。
- (2) 对分析结果有较大影响的另一因素是 K_{in} 、 K_{toe} 的取值, 由于 K_{in} 、 K_{toe} 的影响因素非常复杂, K_{in} 、 K_{toe} 的值需通过地质资料推算和地区性经验的修正加以确定。
- (3) 由于土阻力和桩身波阻抗对反射波速度曲线有着相似的影响, 需参考现场地质和施工资料, 来确定究竟是土阻力的影响, 还是桩身波阻抗的变化影响。
- (4) 对于连续变化的扩颈、缩颈情况, 可设 $A(x) = A_0 e^{kx}$ 来模拟扩颈, $A(x) = A_0 e^{-kx}$ 来模拟缩颈 (A₀为桩身设计横截面积, k> 0为一待确定的比例系数, 1为桩身缺陷段长度) 来模拟缩颈。

用本文提出的方法进行桩基完整性的定量分析, 从模型试验可以看出具有较高的精度, 可以较好地处理桩身浅部的明显缺陷, 对于桩基完整性动力检测具有一定的参考价值。对于桩身出现多重缺陷的情况, 本方法目前还无法处理, 还需作进一步的研究。

参 考 文 献

[1] 赵振东, 杉本三雄, 铃木善雄 桩基低应变完整性检测的分析研究 地震工程与工程震动, 1995, 15 (4): 104~ 112
[2] 曹志远 海洋平台结构动力学 力学与实践, 1984, 6 (1): 10 ~ 15
[3] 曹志远 海洋平台上部结构的振动分析 振动与冲击, 1984, 3 (3): 69~ 71
[4] 顾家扬, 张玲玲, 宗美珍 诊断桩结构故障的振动系统识别方法 同济大学学报, 1992, Vol 20, No. 4
[5] 柴华友, 贺怀建 应力波在波阻抗连续变化的弹性杆中的演变 岩土力学, 1993, Vol.14, No.1