

堤坝隐患检测试验研究

周正东, 马良筠

(河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 根据对堤坝隐患检测的实践和效果, 从堤坝外在条件和内部结构特点, 联系隐患自身性质, 探讨了利用地质雷达(GPR)和瑞利波探测隐患的原理、方法和效果. 试验表明, 这两种方法相结合, 可互补各自测试方法的不足, 较有效、快速地检测堤坝中的裂缝、孔穴、软弱夹层等隐患.

关键词 堤坝; 隐患; 地质雷达探测; 瑞利波测试

中图分类号 :TV64 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2002)02-0090-03

上海某堤坝系 70 年代末修建而成, 由于历史原因堤坝下部未做基础, 同时堤坝长期承受海浪冲击、台风袭击, 部分堤坝出现严重的开裂和沉陷, 危及堤坝的安全. 为了能寻找有效的堤坝隐患检测方法, 故进行隐患检测的原型试验研究.

进行试验的堤坝长 50m, 剖面如图 1 所示. 堤外坡表层为 35~45 cm 的浆砌块石, 护坡下层厚为 10 cm 左右的碎石垫层, 其下为沙土层. 根据该堤坝的结构特点、隐患性质以及现有各种隐患检测手段的特点, 选取地质雷达和瑞利波测试两种方法进行检测, 最后通过两种方法检测结果对比来确定隐患位置. 测线布置如图 2 所示.

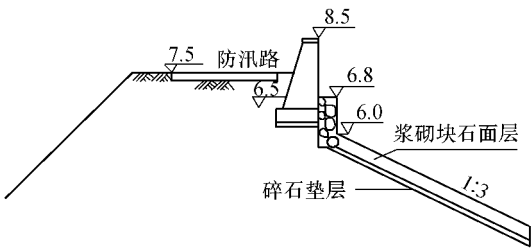


图 1 堤坝剖面图

Fig.1 Dam profile

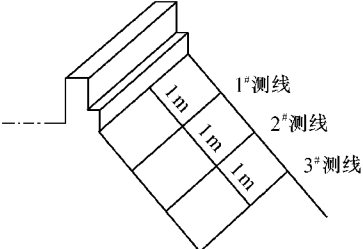


图 2 测线布置

Fig.2 Arrangement of measuring lines

1 试验原理

1.1 地质雷达检测原理

地质雷达是利用超高频短脉冲电磁波在地下介质中的传播规律来确定地下介质分布的一种方法. 由于不同介质具有不同的电性特征, 不同电性介质的界面主要由电导率的不同而形成电性界面, 当电磁波在介质中传播时遇到电性界面会发生反射, 电性差异越大反射就越强烈. 地质雷达通过天线接受经地下界面反射折向地表的反射波时间序列, 根据反射波的旅行时间、幅度与波形资料就可以推断地下介质的结构与分布. 堤坝中存在空洞、裂缝等隐患时土壤与隐患之间存在电性界面, 有时甚至形成土壤-空气自由界面. 在这种情况下, 由于土壤和空气的电性差异较大, 就形成了良好的反射界面. 故用地质雷达检测松散带和孔穴是一种有效的方法.

1.2 瑞利波检测原理

在地表用脉冲源竖向激震时, 一般会产生直达波、折射波、反射波和瑞利波以及转换波等扰动. 理论分析

和实验表明,瑞利波的特性主要包括以下几点:(a)瑞利波只在有限深的土体中传播,其传播深度大约为一个波长;(b)瑞利波随传播距离的衰减远小于其他类型的波;(c)由一个作用于地表面的点源产生的能量,其三分之二是通过瑞利波传播的;(d)在层状介质中,瑞利波有频散的特性,即其相速度是频率的函数。

瑞利波测试就是要确定检波器间不同频率的瑞利波波速,同一波长的瑞利波传播特征反映了地质体水平方向的变化情况,不同波长的瑞利波传播特征反映了不同深度地质体的变化情况,因此,瑞利波测试对于分层土层的测试较为有效。

2 试验方法

2.1 地质雷达测试方法

本次检测选用 LTD—3 地质雷达设备及与之配套的 300 MHz 发射天线及接收天线,使用时天线与地面直接接触,天线在移动中由计算机控制向地下发射雷达波和接收反射的雷达波,并在主机中记录,存放在硬盘上,此次试验采用的测量方式为剖面法,剖面法的测量结果用地质雷达时间剖面图像来表示,该图像横坐标记录天线在地表的位置,纵坐标表示反射波双程走时,即地质雷达脉冲从发射天线出发经界面反射回到接受天线所需的时间,这种方法能准确反映测线下方地下各反射界面的形态。

2.2 瑞利波检测方法

根据测试现场的实际情况,本次瑞利波检测采用瞬态激震的方法,检波器采用 100 Hz 垂直检波器,检波器间距为 0.3 m 和 0.5 m,偏移距为 1 m,在每个测点上,根据两个检波器所记录的信号的互功率谱来得到不同频率的信号之间的相位差,从而获得相速度,为了达到增强信号、压制干扰的目的,笔者在同一测试位置重复测试了数次,并进行叠加。

3 试验结果

3.1 测试结果

两种测试方法对 2# 测线的测试结果如图 3、图 4 所示,从地质雷达测得的剖面图上即可根据反射界面的形态来估计异常点的位置,从图 3 可判断 8~14 m 处反射界面不连续,估计为软弱带,而 28~34 m 处为较完好处,而从瑞利波测试得的频散曲线上则可根据波速的变化来判断堤坝的隐患位置,图 4(a)(b)中波速比较低,且在波长为 0.4~0.8 m 处波速变化较明显,故判断出此处上表面的浆砌块石较松散,且其下有空洞或软弱层,图 4(c)中波速较高,所以估计其上表面的浆砌块石完整性较好。

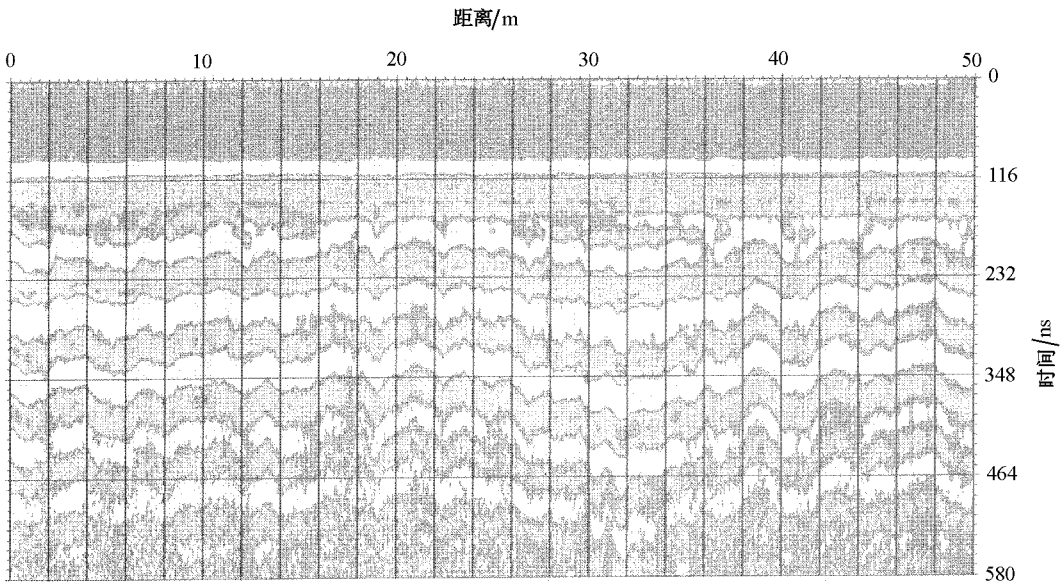


图 3 2# 测线地质雷达时间剖面
Fig.3 Time profile of GPR for line 2#

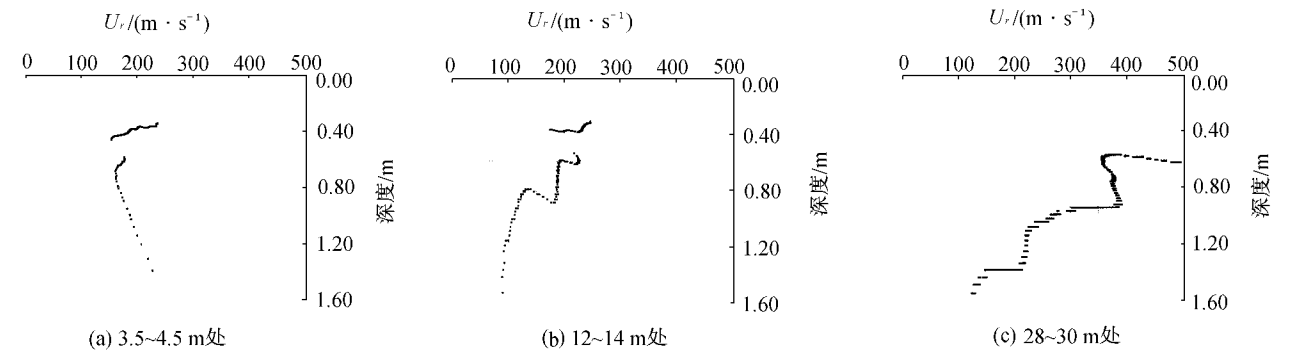


图 4 瑞利波频散曲线

Fig.4 Rayleigh wave frequency dispersion curve

3.2 实际开挖结果与测试结果对比

实际开挖结果与测试结果对照如表 1 所示.

表 1 A2 测线开挖结果与测试结果对照			
Table 1 Comparison between test and observed results for measuring line A2			
位置/m	地质雷达法测试结果	瑞利波法测试结果	开挖结果
8 ~ 12	浆砌块石下为空隙较多的松散带或孔穴		浆砌块石间缝隙较大
12 ~ 14	浆砌块石下为空隙较多的松散带或孔穴	浆砌块石下为空隙较多的松散带或孔穴	下层碎石较厚达 40 ~ 50 cm
44 ~ 46	浆砌块石下为空隙较多的松散层		没有开挖
3.5 ~ 4.5		浆砌块石下为空隙较多的松散带或孔穴	没有开挖
28 ~ 30		浆砌块石下为密实的碎石层	砂浆、块石、碎石已粘成整体

4 结 论

从本次试验结果来看,将地质雷达测试和瑞利波测试相结合,可以有效地检测出堤坝存在的隐患.通过地质雷达进行堤坝的普测,从地质雷达时间剖面图像上可以快速发现浅层土层的分层和异常点.而再运用瑞利波对异常点进行详细的探测,从其波速和波长图上,可见软弱层的深度所对应的波长范围内波速有明显下降,而密实带则波速较高,据此可进一步判断异常点的位置和性质.

由于堤坝隐患的复杂性,隐患的种类不同,规模不同,以及土体物性参数受多种因素的影响,依靠单一的物探方法很难满足检测各类不同隐患的要求.每一种物探方法都有其自己的适用范围,但也存在一定的局限性.而且单纯依靠一种物探很难作出严格定量的结论,需要结合其他多种方法进行验证和定量.本次试验就综合探测技术作了一些有益的尝试.可以确信,多种探测方法互补是行之有效的堤坝检测方法,在实际工程应用中能起得较好的成效.

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,1996.41~62.

[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.

[3] Van Overmeeren R A.地质雷达在水文地质中的应用[J].国外地质勘探技术,1996(6):7~14.

Experimental Study on Dam Anomaly Detection

ZHOU Zheng-dong , MA Liang-yun

(College of Civil Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China)

Abstract : On the basis of practices and effects of dam anomaly detection , and in consideration of dam structures and characteristics of anomalies , a discussion is made on the principle , procedure , and effectiveness of anomaly detection with Ground Penetrating Radar and the Rayleigh Wave. Experiments show that the combination of the two methods can remedy the defects of each method , and may help detect cracks , caves and weak layers of dams quickly and effectively.

Key words : dam ; anomaly ; Ground Penetrating Radar ; Rayleigh Wave detecting method