

探地雷达在检测塑性混凝土防渗墙质量中的应用

贾永梅,姚成林,邓中俊,王会宾,李 平

(中国水利水电科学研究院工程安全监测中心,北京 100038)

摘要:针对防渗墙在堤坝上为垂向结构,墙体薄,边界条件复杂,可供进行质量检测的工作面狭窄,致使许多无损检测方法无法使用的问题,通过分析采用探地雷达法对某水库塑性混凝土防渗墙质量检测的实例,说明探地雷达法具有检测速度快、探测准确度高、可以获得连续检测结果等特点,在检测混凝土防渗墙是否连续和墙体内是否存在裂缝、裂隙、空洞等不均匀现象等方面具有很好的检测效果,在水工建筑物防渗墙质量检测中具有广泛的应用前景。

关键词:探地雷达;防渗墙;质量检测

中图分类号:TH878;TV698.2⁺1 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-7647(2012)S2-0082-02

我国江、河、水库等众多,防渗墙是提高大坝及堤防防渗能力的常用工程措施之一,防渗墙的质量是保证防渗效果的决定因素,因此对防渗墙墙体质量进行有效的检测意义重大。由于通常混凝土防渗墙在堤坝上为垂向结构,墙体薄,边界条件复杂,可供进行质量检测的工作面狭窄,致使许多无损检测方法无法使用,因此,防渗墙的质量检测成为一个难题。

目前,混凝土防渗墙成墙后的质量检测方法主要有钻孔取芯、超声波对穿法、跨孔地震CT等,这些方法各有利弊,并且都需要钻孔。探地雷达是近年来应用于浅层地质检测的一项新技术,其特点是分辨率高、定位准确、快速经济、无损、灵活方便、实时等,已成功应用于岩土地质勘察、工程质量无损检测、考古调查以及工程施工质量监测等众多领域,取得了显著的探测效果和社会经济效益,并在工程实践中不断完善和提高^[1]。

本文主要介绍探地雷达法原理及其在混凝土防渗墙质量检测中的应用。

1 探地雷达技术

1.1 探地雷达工作原理

探地雷达方法通过发射天线以脉冲形式向地下发射高频电磁波来对隐蔽目标体进行全断面扫描,具体工作原理是:雷达系统利用天线向地下发射的宽频带高频电磁波信号在介质内部传播时,遇到介电常数差异较大的介质界面就会发生反射和折射。

两种介质的介电常数差异越大,反射的电磁波能量也越大;反射到地面的电磁波被与发射天线同步移动的接收天线接收后,由雷达主机精确记录下反射回的电磁波的运动特征,再通过信号技术处理,形成全断面的扫描图。工程技术人员通过对雷达图像的判读,可判断地下目标物的实际结构情况^[2]。

1.2 探地雷达资料整理与图像解释

探地雷达检测资料的解读包括两部分内容:一为图像处理,二为图像解读。由于地下介质对波的不同程度的吸收以及介质的不均匀性质,使得脉冲到达接收天线时,波幅减小,波形变得与原始发射波形有较大的差异。另外,不同程度的各种随机噪声干扰,也影响检测波形。因此,必须对接收信号进行适当的处理,以改善接收信号的信噪比,为进一步解读提供清晰可辨的图像。

识别干扰波及目标体探地雷达图像特征是进行雷达图像解读的核心内容。探地雷达在接收有效信号的同时,也不可避免地接收到各种干扰信号。产生干扰信号的原因很多,除了天电干扰和人为电磁干扰以外,周围的地形、电线杆、坝顶建筑物等均有很强的干扰作用,在探地雷达图像上,往往干扰信号图像掩盖了目标信号。但是,干扰波一般都有特殊形状,在分析中要加以辨别和确认^[3]。

防渗墙的内部可能会出现裂缝、裂隙、空洞等非均质体,当雷达波到达这些界面时会发生反射,在雷达剖面图上的响应会是散乱不规则的异常;当墙体

均匀,无明显反射界面时,雷达波会下向辐射,不再返回,波形记录上也只能看到直达波,其后就不会存在界面反射波;当防渗墙出现不连续接触面时,也会发生不规则的强烈反射信号。

2 应用实例

2.1 工程概况

某调蓄水库工程位于北京市,总库容为4611万m³,为中型水库。工程建设内容主要包括沿水库中堤、西堤、副坝及库尾橡胶坝底部新建塑性混凝土防渗墙,防渗墙长度为7.8 km。

2.2 现场检测

2.2.1 检测目的

检测目的是测定新建塑性混凝土防渗墙是否连续,墙体内是否有裂缝、裂隙、空洞等局部缺陷现象。

2.2.2 仪器设备的选用

本次检测采用瑞典Mala公司生产的RAMAC型探地雷达。由于该水库防渗墙厚度为60 cm,防渗墙深度为12.5~39 m,需要检测的有效深度在40 m以内,且有的部位防渗墙上部两侧存在1.5 m深的钢筋混凝土导墙,导墙中的钢筋会反射雷达波信号,从而干扰反射雷达波波形,且防渗墙表面凹凸不平,为减少上述不利环境的影响,决定选用50MHz超强地面耦合天线,该天线为鞭状天线,占地较小,移动方便,与地面耦合强,探测深度较深,可以满足此次检测的要求。

根据检测场地的特点,选择的参数为:工作频率50 MHz,每个测点采样点数562个,采集时窗为612 ns,叠加128次,点测方式,测点间距为0.2 m。

2.2.3 测线布置

由于该防渗墙的宽度较窄,仅为60 cm,因此只能在防渗墙顶部沿轴线方向布置一条测线。

2.2.4 检测结果

图1为采用探地雷达在施工四标段塑性混凝土防渗墙桩号0+830~0+865部分的检测结果。图中显示有3处区域(虚线圆圈部分),即桩号约0+840~0+844、深3~5 m处,桩号约0+855~0+860、深3~6.5 m处,桩号约0+861.5~0+865、深3~6 m处,

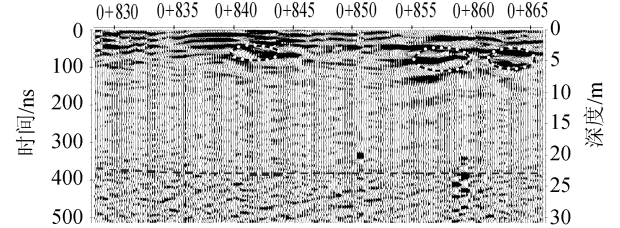


图1 探地雷达在0+830~0+865部分检测结果

这3个区域存在较强的反射信号,同相轴不连续,信号频率偏低,振幅较大,表明这3处防渗墙混凝土不够均匀,可能存在缺陷。

图2为采用探地雷达在中堤桩号3+019~3+049段混凝土防渗墙的检测结果,由于在桩号3+032附近测线旁竖着一个金属警示牌,受其干扰影响,图中有一条较明显的斜向同相轴(虚线圈示部分)。

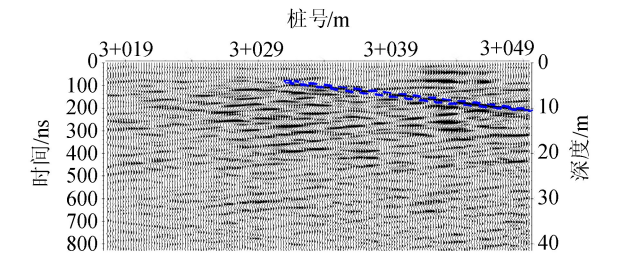


图2 探地雷达在中堤3+019~3+049部分检测结果

图3为采用探地雷达在西堤桩号XD3+022~3+064部分的检测结果,可以清晰地看出混凝土防渗墙的底部(图中虚线所示),其中XD3+030~3+041处地面铺有铁板(坚实线之间区域)。可以得出:所测混凝土防渗墙整体均匀性较好,不存在大的空洞、裂缝等影响防渗墙防渗安全的缺陷。

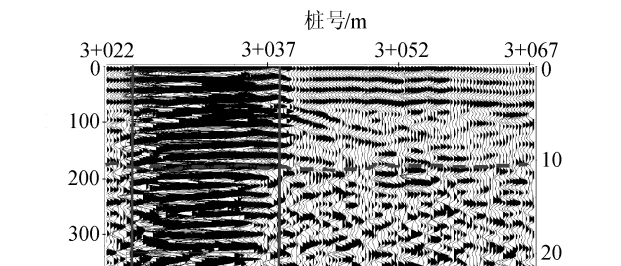


图3 探地雷达在西堤桩号XD3+022~3+067部分检测结果

2.2.5 检测结论

通过采用探地雷达对该水库大坝部分塑性混凝土防渗墙进行检测,结果显示有局部区域存在较强反射信号,可能存在缺陷,具体位置如下:施工四标段桩号约0+840~0+844、深度3~5 m处,桩号约0+855~0+860、深3 m~6.5 m处,桩号约0+861.5~0+865、深度3~6 m处,建议进行钻孔注水试验验证。防渗墙其余部分完整性及均匀性较好。

3 结 语

应用探地雷达对堤坝防渗墙质量进行检测是一种行之有效的无损检测方法,通过对整个墙体的全面检测,能够找出相对薄弱的墙段和裂缝、裂隙、空洞等隐患并确定其位置,为下一部的钻孔取芯和灌浆补强提供依据。

(下转第91页)

表 4 基于常水头注水试验法的“每 5 m 分段”								
计算渗透系数							10 ⁻⁶ cm/s	
钻孔桩号	计算测段							
	0 ~ 5 m	0 ~ 10 m	0 ~ 15 m	0 ~ 20 m	0 ~ 25 m	0 ~ 30 m	0 ~ 35 m	0 ~ 40 m
0-055.78	2.1	1.0	1.3	1.5	2.1	0.8		
0+092.80	2.0	1.8	1.8	2.3	1.8			
0+122.90	3.2	1.6	2.9	2.5	2.1	2.4		
0+127.90	2.4	9.0	6.5	2.0	1.6	4.5		
0+280.50	52.0	2.7	7.6	1.9	2.7	2.0		
0+307.70	6.3	1.0	1.9	1.2	0.7	0.9	0.2	
0+384.90	2.3	1.5	0.8	2.3	1.0	4.0	1.8	3.2

表 5 基于围井注水试验法“每 5 m 分段”								
计算的渗透系数							10 ⁻⁷ cm/s	
钻孔桩号	计算测段							
	0 ~ 5 m	0 ~ 10 m	0 ~ 15 m	0 ~ 20 m	0 ~ 25 m	0 ~ 30 m	0 ~ 35 m	0 ~ 40 m
0-055.78	16.6	3.2	2.4	2.0	2.2	0.6		
0+092.80	14.8	5.2	3.2	3.0	1.8			
0+122.90	23.2	4.8	5.4	3.4	2.2	1.8		
0+127.90	16.2	28.0	12.2	2.8	1.6	4.0		
0+280.50	370.6	8.8	5.2	2.6	3.0	1.8		
0+307.70	39.0	3.0	3.4	1.6	0.8	0.8	0.2	
0+384.90	19.2	4.8	1.6	3.2	1	3.6	1.4	2.0

表 6 “孔口-孔底”整段计算渗透系数			
数值分布区间统计			段
试验方法	10 ⁻⁵ cm/s	10 ⁻⁶ cm/s	10 ⁻⁷ cm/s
常水头	18	26	
围 井	2	29	13

表 7 “每 5 m 分段”计算渗透系数			
数值分布区间统计			段
试验方法	10 ⁻⁵ cm/s	10 ⁻⁶ cm/s	10 ⁻⁷ cm/s
常水头	1	39	4
围井	1	8	31

整段计算时,两种方法计算的防渗墙各段渗透系数受集中透水段的影响非常大,会导致集中透水段以下的各段渗透系数明显偏大。说明基于“孔口-孔底”整段计算渗透系数的计算方法对于有集中渗漏情况存在的注水试验不适用。排除上述两处孔位的数据,对渗透系数分布重新进行统计,结果见表 8。

表 8 “孔口-孔底”整段计算渗透系数数值			
分布区间重新统计			段
试验方法	10 ⁻⁵ cm/s	10 ⁻⁶ cm/s	10 ⁻⁷ cm/s
常水头	7	25	
围 井		19	13

结合表 7 和表 8,基于“孔口-孔底”整段计算时,常水头注水试验法计算的渗透系数集中在 10⁻⁵ cm/s 和 10⁻⁶ cm/s 数量级;围井注水试验法渗透系数集中在 10⁻⁶ cm/s 和 10⁻⁷ cm/s 数量级,后者比前者小一个数量级。基于“每 5m 分段”计算时,常水头注水试验法渗透系数集中在 10⁻⁶ cm/s 数量级;围井

注水试验法渗透系数集中在 10⁻⁷ m/s 数量级,后者比前者小一个数量级。两种检测方法的两种计算方式得到的结果基本都满足设计要求。

4 结 论

- 利用钻孔常水头注水试验法、围井注水试验法得出的防渗墙墙体渗透系数有很好的相关性。
- 当防渗墙墙体有较大的集中渗流时,集中渗流会带入后续测段的计算评价,此时防渗墙渗透性能评价以分段计算分析为宜。
- 钻孔常水头注水试验法适用于半无限地质体的渗透系数的测试,用于薄壁防渗墙的渗透系数测试得到的是防渗墙墙体与周围高透水性材料的综合的渗透系数。
- 围井注水试验法考虑到了被检测墙体的厚度,更符合工程实际情况。
- DL/T 5200—2004《水电水利工程高压喷射灌浆技术规范》未就注水实验过程做出详细的规定。另外本分析在利用该规范围井渗透系数计算方法时,对防渗墙及其注水试验进行了简化和假定,这些简化和假定是否合适有待进一步研究。

参考文献:

[1] 沈建. 常水头与变水头注水试验的对比分析[J]. 江苏水利,2003(12): 28-29.

[2] SL345—2007 水利水电工程注水试验规程[S].

[3] DL/T 5200—2004 水电水利工程高压喷射灌浆技术规范[S].

(收稿日期:2012-07-21 编辑:熊水斌)

(上接第 83 页)

由于检测现场条件复杂,在探地雷达使用过程中不可避免会有干扰因素的存在,尤其对于非屏蔽天线来说,干扰更大一些,如何正确识别干扰,从而得到正确的分析结果至关重要。探地雷达依然是一种正在不断发展的无损检测技术,对不良地质状况的探测效果良好,但准确率不可能达到百分之百,对雷达图像的解释还需要积累大量的实际经验^[4]。

参考文献:

[1] 李大心. 探地雷达方法与应用[M]. 北京:地质出版社, 1994:110.

[2] 邓中俊,姚成林,贾永梅,等. 探地雷达在水工隧洞质量检测中的应用[J]. 水利水电技术,2008,39(10):108-109.

[3] 房纯纲,姚成林,贾永梅,等. 堤坝隐患及渗漏无损检测技术与仪器[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010:55-56.

[4] 董延朋,孔祥春,秦月涛. 地质雷达在水库防渗墙检测中的应用[J]. 地质装备,2005,6(4):26-28.

(收稿日期:2012-07-10 编辑:熊水斌)