

混凝土防渗面板裂缝综合无损检测技术

吴广红

广西梧州市澳创混凝土有限公司

摘要:在面板堆石坝投入使用的过程中,混凝土结构表面容易发生裂缝的问题,目前主要是通过无损检测技术进行裂缝检测,比如地质雷达、冲击波、超声波等,及时发现裂缝缺陷,并采取合理的应对措施。在裂缝部位与正常的位置上,电磁波的影响不同,所产生的信号也会有差异,综合分析评定冲击回波法与超声波平测法,以提高裂缝的检测效果,分析数据后确定存在的问题。同时,与钻芯方式对比检测,了解到无损检测的精确性,为今后的裂缝检测提供基础。分析研究结果得出如下结论:地质雷达的方式比较直观、高效,掌握相应的防渗面板的裂缝问题,掌握裂缝的分部以及形态信息;冲击回波法和超声波法的测量精度更高,也具备一定的灵活性,可以确定裂缝的深度参数。选择合适的检测方法,可以组合应用,科学的布置测量范围,发挥出无损检测技术的优势,及时掌握裂缝的位置、分布、尺寸等信息,测量精度不断的提高,为今后的面板堆石坝质量提升产生积极的作用。

关键词:混凝土; 防渗面板; 裂缝原因; 无损检测; 技术工艺

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.23.026

引言

面板堆石坝是目前水利工程领域非常常见的一种组成结构形式,对于工程的运行安全性、稳定性产生积极的作用,符合水利工程工作需要。钢筋混凝土面板是目前这种类型坝体结构比较常见的防渗结构形式,对于保护大坝的安全性产生积极的作用。只有确保混凝土面板达到密实性效果,才能避免水分进入到内部,但是往往因为设计方案存在问题、施工质量管控不到位、现场环境侵蚀等多方面因素的影响,造成抗渗性能无法达到使用的需要,对于坝体结构的承载性能、耐久性等产生很大的影响,对于大坝运行的安全性造成巨大的影响。国际大坝协会经过多方面调查和分析,发现造成大坝质量问题的主要原因是裂缝,占比在10%以上。因此,面板堆石坝在施工以及运营的阶段,应该加强裂缝的检测,及时掌握各项数据信息,分析了解影响因素,才能更好的提高质量水平。与此同时,技术人员掌握裂缝的分部、位置、形态、尺寸等,以便采取合理有效的应对措施,帮助大坝结构的性能恢复,促进结构整体性能提升,满足水利工程的安全性、稳定性标准^[1]。

一、研究区概况

某水库的规模比较大,对于周边流域影响很大,涉及的流域面积达到58.7km²,正常蓄水位为443.00m,总库容为1041万m³,该水库的作用是防洪、发电等,规模相对较大,对当地的农业、居民用水等方面产生重要的意义。经过对大坝结构进行分析,其主要应用的是钢筋混凝土面板石坝以及混凝土重力坝的结构形式,堆石坝通过应用弱风化层填筑施工,整体高度为78.5m,坝轴长度为244.16m,从左侧岸边向后偏转时,经过重力坝和山体结构连接组合成为整体。该项目中防渗面板厚度

为50cm,使用C25混凝土制造,设置有双层双向钢筋的结构。现场勘察发现,迎水面混凝土防渗板存在裂缝的问题,长期运行中存在渗水的问题,对于整个坝体结构的安全性带来较大的影响。为检查裂缝的具体情况,组织落实裂缝的检测工作,掌握裂缝的宽度、分布以及形状等相关的信息。对前期勘察的结论展开分析,发现防渗面板裂缝多数都是和轴线平行的横向裂缝,也有部分存在纵向裂缝的情况。对裂缝的尺寸进行检查,长度最大为2.1m,而宽度最大为3.1mm,这些裂缝对于大坝结构的安全性和稳定性造成很大影响,必须采取措施处理。选择3条裂缝分析,即L2-1、L2-2和L2-3。

二、检测方法及测线布置

(一) GPR

通过GPR直接给混凝土结构内部发射脉冲电磁波,在混凝土结构内部传播的环节,会遇到不同介质的情况,受到介电常数、电导率方面变化的影响,比如内部分层、缺陷、裂缝等,电磁波出现反射性作用,然后接收天线获取信号。在接收信号之后分析电磁波双程用时、振幅、波形、频率等相关的数据,分析掌握混凝土结构内部的形态、位置、电性、物性等信息,以掌握内部存在的缺陷问题。在现场的使用过程中,需要应用1500MHz屏蔽天线,通过设备收集掌握信号,将天线和裂缝轴线垂直设置,沿着中轴线从上到下逐步进行探测作业。通过现场测量后的数据对比分析,测量记录点位距离为0.05m,记录时窗为10ns时,确保防渗板的测量数据达到要求,数据完整、真实,掌握剖面信息。每一次扫描测量的采样点为1024个,以提高数据分析的质量和效果。采集后数据信息进行系统的分析处理,最终可以了解具体的裂缝病害信息^[2-3]。

(二) IE

IE主要是通过小钢球在结构表面发射微小弹性脉冲,通过测定波阻抗的不同,脉冲波在各个界面以及裂缝、缺陷等位置上经过多次反射,会存在瞬态共振反应,表现出周期性特点。利用傅里叶变化时域波形转化为频谱曲线,峰值能够反映出裂缝以及缺陷的情况,掌握深度、厚度等各方面的参数。目前在检测的过程中,主要设备是冲击回波仪。测量开始前,进行混凝土结构表面的清理,达到平整性的标准,确保探头耦合效果合格。在现场测试的过程中,增大测试网格的密度,沿着横纵方向设置测线,间隔50mm设置一道,测线交叉部位就是测点。与震源有50mm的部位上设置传感器,获取信号,并且采集确定时域信号。为了快速掌握裂缝深度信息,每个测点进行三次测量,去除较大值,计算平均值。在一个测点结束后,再进行下一个测点的测量,直到整个测量网络全部测量结束。

(三) UPM

UPM在检测的环节,需要在裂缝两侧分别设置发射换能器与接收换能器,通过超声波在运动的过程中出现的变化而获取裂缝数据信息。超声波在传输的环节,遇到有不连续的间断点时会发生绕射反应,并且从上部返

回到表面就会直接接收。分析掌握多个测距数据之下的超声波绕过裂缝底部传播的时间进行波形相位的分析，并且通过应用裂缝缺陷综合测试仪，IE测量网络内选择4条侧向开展UPM检测，并进行两种结果的对比分析。在测量之前，要激进型探头的调整，并校正数据参数。根据现场测量需要设定技术参数，采样点1024个，声波信号稳定，采集后的波形清晰可见，各个裂缝部位采集2次数据信息，以提高数据精度^[4]。

三、结果与讨论

(一) GPR检测结果

经过对测量后的结果分析发现，在裂缝的部位上，电磁波传输的过程中变化比较明显，出现了错断的情况，振幅也会减小，相同深度中的邻近波形对比来说，裂缝周边中的雷达波也会出现反转的情况。裂缝的顶部位置上，发生了裂缝的曲线分散变化的情况，并且在裂缝宽度逐步增大的情况下，散射信号强度也会不断的提高，双曲线离心率也会不断的增大。双曲线的顶部主要反应的是裂缝顶端水平位置信息，两侧采用对称设置的方式。因为在电磁波信号传输的环节，会产生能量损失的情况，同时也会遇到骨料发生散射，还会因为绕射波的持续干扰造成强度减弱，对于最终的检测结果产生影响。对于本次测量的3条裂缝来说，底部的反射信号强度相对较弱，识别难度较高，容易影响检测的效果和质量。L2-1号和L2-3号裂缝全部是空气填充的形式，雷达剖面中主要记录反应的是顶部的散射曲线回波，还会将系统内存在的不均匀颗粒物进行记录，反映出强度较高的散射波。这是因为在电磁波传输的环节，空气内传输造成能量的减小，并且空气和混凝土的分界面中会造成GPR信号的反射，也会有较强的散射信号，干燥裂缝的雷达剖面可见图1，这时强度较高，并且为高频多次波。L2-2裂缝内部的湿润度比较高，含有比较多的泥土材料，而黏性土的特性会直接吸收电磁波的信号，能量衰减的速度相对比较快，所以这样就会在图1中雷达剖面显示出同向轴错断扭曲的情况。经过数据检测后确定，应用GPR可以分析发现目前的防渗面板裂缝分布与形状。但是因为在裂缝的底部中信号受到很大的影响，并不能确定裂缝向下延伸的深度，所以在该部位上再应用IE和UPM再进行详查检测，以掌握具体的缺陷数据信息。

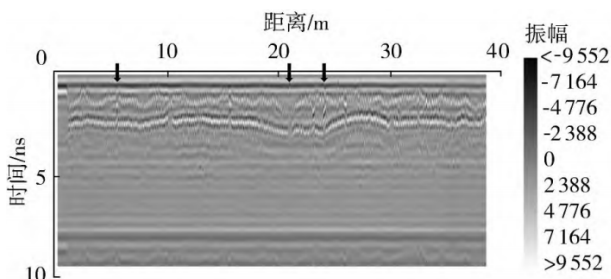


图1 主坝左2号防渗面板GPR探测剖面

(二) IE检测结果

1. 现场波速标定

在应用IE进行检测工作之前，首先要检测确定在混凝土结构内部的弹性波传播的速度，并且标定数据信息，为后续检测提供基础。对于需要检测的防渗面板雷锋的侧面，选择使用密实度好、质量优越、性能完整的混凝土区域布置测线，总计要使用10个测点，间隔20—

40cm左右，冲击震源和信号接收的过程中，出现偏移的距离为5cm，接收部位上所获得的时域回波信号利用快速傅里叶变换，从而可以掌握该10个测点峰值数据信息，这样就可以得到特征频率。经过确定分析之后，该防渗面板50cm厚，再进行各个测点相应部位的确定，从而可以得出具体的裂缝部位数据信息。

2. 结果分析

经过对GPR测量结果的分析发现，在L2-1、L2-3号中，为空气填充，而L2-2裂缝内存在较多的水、泥土等，所以在进行检测的过程中，充分发挥出IE检测的优势，分析了解填充物所产生的影响，掌握各项数据精度信息。

(1) L2-1号裂缝

按照检测的要求进行IE测点的设置，结合本次测量的需要，现场总计需要布置31条测线，每条测线都布置17个测点，全部的527个测点组合形成测量的网络体系，并且把L2-1号裂缝全部包含在其中，并且处于网格的中间位置上。在全部测量工作结束后，得到L2-1与周边区域测量的结果，可见图2。

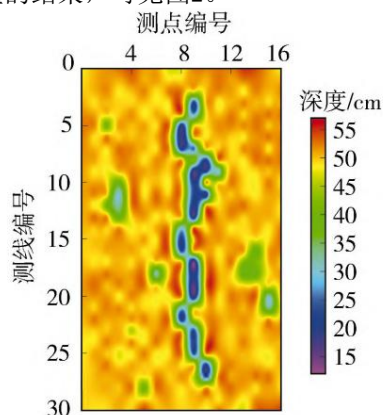


图2 L2-1号裂缝IE检测结果

经过对图2数据分析可以确定，在防渗板结构完整、密实度合格的部位，该位置上所产生的冲击回波完整、连续，并且深度基本相同，这是面板结构的整体厚度。分析检测结果后确定，该部位的厚度为47.78—53.45cm，均值50.2cm。以该参数为基准，计算确定低于背景值10%的部位就可以确定为异常区域，表示该部位存在质量问题。发现在横坐标7~10、纵坐标2~28的部位上有数据存在异常，明显的小于背景值，处于14.52—30.81cm之间，均值21.6cm，说明这一部位上就是裂缝比较严重的区域。在坐标(2, 5)、(3, 12)、(7, 18)及(14, 17)等部位上存在异常值的情况，并且要明显的小于背景值，为31.43—47.36cm，经过现场技术人员的综合评估与分析，可能在这些位置上存在脱空、孔洞等缺陷问题，并且相对比较严重。选取部分的区域展开时域波形的综合分析，然后再利用快速傅里叶变换频谱曲线，得出图3的结果。通过分析后确定，在结构性能合格的部位上，频谱曲线只有一个明显峰值，这就是板的厚度尺寸。如果经过测量混凝土结构内部的孔隙或者裂缝等有缺陷(测点(3, 12)和(8, 6))，相应测量点位的数据频谱存在不同频率峰值，所以就会反映出该测量部位上的密实度比较差，并且峰值位置就能说明防渗板结构表面有缺陷、裂缝等问题，并且通过数据计算之后即可获得缺陷信息，或者确

定裂缝的深度，对于分析和控制产生积极的作用。

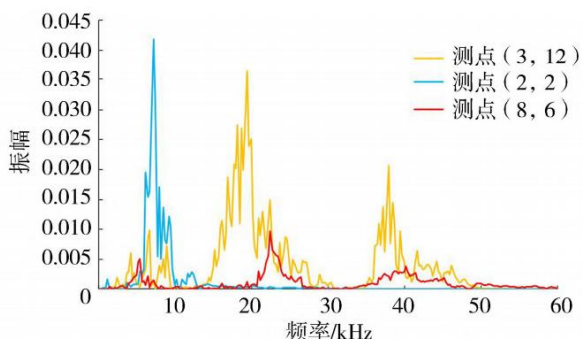


图3 不同测点典型频谱曲线

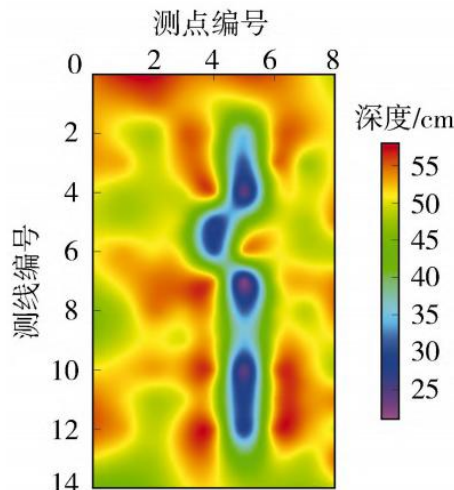
在混凝土结构内部存在着不同性质的结构，所以出现不均匀的结构形式，比如有孔隙或者密实度不够的情况，对于内部性质造成影响，同时也会出现应力P波散射受到强烈干扰的现象，使得频谱出现了比较高的复杂性。在传播路径不断延长的情况下，密实度不够的区域上会存在传播能量衰减的情况，波速相对正常的区域也会比较低，厚度会发生较大的改变。此外，因为缺陷的部位中反射率相对较低，底部和其他边界上干扰比较明显，造成回波相应频谱会更加复杂，需要技术人员进行综合性分析，才能确定是否存在干扰和影响，并获得具体的缺陷数据信息。

(2) L2-2号裂缝

根据本次测量工作的需要，沿着缺陷部位的裂缝进行纵向设置15条测线，每一条测线都要布置9个测量点位，所以总计需要设置135个测量点位，各个点位都需要设置在L2-2裂缝的内部，处于网格中，可以准确的获取测量数据信息，达到测量精度的标准要求。

经过对图4的变化分析发现，掌握L2-2裂缝以及周边区域的情况，获取IE测量数据的最终结果，分析可以确定，在裂缝的周边区域内，混凝土结构的整体性能比较好，密实度相对较高，且没有任何的缺陷问题存在。因此，在本次检测部位上的厚度尺寸比较连续，高度尺寸处于合理的范围内。板厚数据测量后确定为48.12—55.75cm，均值52.3cm。经过对网格中的坐标参数对比分析，分别在横坐标4~5、纵坐标3~12的区域内存在有异常的数据信息，深度参数相对比较小，只有23.51—36.46cm，均值31.1cm，可以判定这些区域就是裂缝的发生位置。通过上述数据分析得出结论，在GPR检测工作结束后，继续使用IE进行补测作业，可以快速的确定裂缝的深度尺寸，实现测量精度的全面提升。在应用GPR检测的环节，因为在防渗面板中存在着较多的钢筋材料，所以容易导致电磁波的传输发生变化，强度和信号改变，所以对于下方小空隙、密实度不足等情况的判定难以达到准确性的要求^[5]。在应用IE检测的过程中，其发射的是低频应力P波，主要特点是能量高、频谱反应速度比较快，主要是不会受到水、钢筋等材料的干扰和影响，所以能够及时发现缺陷的部位，测量精度也会得到提升。但是该方法并不能应用到全部检测中，通常只能在局部补测中应用。此外，在IE检测的实施环节，应根据测量标准要求布置测量网格体系，测量的工作效率相对较低，所以要结合实际情况选择应用。就目前来说，技术人员在进行测量工作实施前，应对现场进行全面的调查，了解设计方案、结构组成、现场测量

环境等因素，以确定最为合适的检测方法，以免因为方法选择不当而引发的测量精度偏差，否则将会给防渗面板的质量检测和提升产生负面的影响。



四、结语

GPR是目前应用非常广泛的混凝土质量检测方式，测量的效率比较高，可以快速掌握相关数据信息，并且能够实现较大范围的覆盖和使用。在测量的环节，可以将采样距离设定在5cm以内，及时、准确的掌握防渗面板结构的裂缝形态、分布、尺寸等相关的信息。但是在具体的检测的阶段，环境因素的影响使得GPR检测结果无法确定延伸裂缝的深度，还要辅助其他的局部检测方法以确定准确的深度数据信息。IE和UPM都能快速测定裂缝深度，IE测量时钢筋影响较小，精度要比UPM高一些，但是倾角、延伸长度等方面测量却不具备优势。如果防渗面板裂缝中存在着水分或者其他填充物，通过使用UPM测量时获得的参数相对较小，而IE测量则能够具备较高的精度。但是在IE测量中，由于多种因素的影响，也会造成深度测量不精确。通过上述分析发现，这三种方式测量中都有明显的优缺点，应该综合利用各个测量方式的优势，才能更好的提高测量的精度。经过综合确定，以快速检测以及局部检测方法共同使用的方式，确定混凝土结构的裂缝问题，并且可以拓展GPR的测量范围，及时掌握裂缝的尺寸、分布、位置等信息。裂缝干燥时，辅助IE和UPM检测；裂缝存在水或者泥土填充物，辅助IE检测。如此一来，检测精度得到提升，及时发现防渗面板的裂缝缺陷问题，为后续的修复处理提供基础。

参考文献：

[1] 陈雯, 来妙法. 南江水库混凝土坝裂缝检测与处理[J]. 今日科苑, 2014 (02): 116.
 [2] 江祖昌, 周秋露. 无损检测技术在水利工程质量检测中的应用[J]. 科学技术创新, 2019 (09): 130-131.
 [3] 苏忠高, 林发明, 杨敏, 刘景熙. 基于冲击回波法的混凝土裂缝检测试验研究[J]. 福建建筑, 2019 (11): 21-25.
 [4] 徐易. 桥梁检测中的无损检测技术应用探究[J]. 四川水泥, 2019 (05): 66.
 [5] 劳荣国. 研究建筑工程检测中无损检测技术的应用[J]. 低碳世界, 2019, 9 (04): 151-152.