

# 超声波技术在黄金坪水电站混凝土裂缝检测中的应用

姚文焱

(四川大唐甘孜水电开发有限公司,四川康定 626001)

**摘要:**介绍了黄金坪水电站大坝廊道底板及溢洪道等关键部位混凝土工程在施工过程中裂缝发育情况以及根据工程实际情况所选择的合适、可行的检测方法,对混凝土裂缝进行了无损检测,达到了检测裂缝发育类型、长度、深度情况等工程目的,为裂缝危害性评价及处理提供了基础资料。

**关键词:**混凝土裂缝;平测法;双面斜测;钻孔对测;黄金坪水电站

中图分类号:TV7;TV698.1;TV544

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)02-0006-03

## 1 概述

在水电工程建设中,混凝土是一种主要的建筑材料。在混凝土施工过程中,由于施工工艺不当、温度控制差或外界破坏(地震等地质灾害)而导致混凝土结构构件产生裂缝,严重的裂缝可能会危害结构的耐久性、整体性和稳定性,对结构的安全运行产生很大影响。由于裂缝的成因、状态、发展以及在结构中的位置等的不同,对结构的危害性亦有区别;对于危害性大的裂缝需要进行修补或补强,而对于裂缝的处理则需要在明确裂缝状态、成因的基础上才能合理、有效地进行,因而需对裂缝的深度、长度、宽度进行检测。裂缝的深度通常采用钻孔取芯的方法直接测试,但钻孔取芯的方法不但费时费力,对结构也有一定的损害。鉴于裂缝发育的不规则性而导致钻孔取芯也难以追踪裂缝的发育走向,因此,采用合理的检测方法是非常必要的。

目前水电工程中对裂缝进行检测的仪器种类繁多、检测方法多样,其中主要的检测方法为超声波、表面波、冲击回波以及纵横波等方法。又以超声波法在水电工程中应用比较成熟,该方法具有测试精度高、工期短、经济实用等优点。

## 2 各种检测方法具有的技术特点

裂缝深度检测技术从激振的方式出发可以分为超声波法、声波法和冲击弹性波法。

(1)超声波法:通过超声波探头产生和接收信号,其信号频率高,但能量较低、频谱响应性能差,一般适用于较浅裂缝的测试。

收稿日期:2015-12-31

(2)声波法:通过声波管产生和接收信号,信号频率较高但能量较低。由于声波管的形状和激振要求,一般只能用于孔内测试。

(3)冲击弹性波法:主要采用锤击等方式激振产生信号,由振动(如加速度)传感器接受信号,其信号频率低但能量高、频谱响应性能好,适用于较深裂缝的测试。

裂缝深度检测技术从激振信号发生和接收的位置关系出发可分为钻孔对测法、单面法和双面斜测法。

(1)钻孔对测法:在裂缝两侧必须钻检测孔且对钻孔孔斜、孔径都有严格的要求,在被检测的混凝土裂缝两侧允许钻孔,对结构无破坏。该测试方法的基础是以有、无缝的混凝土声学参数相对比较而判定裂缝的所在范围,故钻孔深度必须达到裂缝末端完好混凝土的一定深度,一般规定钻探深度应大于裂缝深度 10 cm 以上。钻孔对测法主要适用于预计深度在 500 mm 以上的裂缝检测且混凝土允许钻孔。

(2)单面法:当结构的裂缝部位只有一个可测表面、估计裂缝深度又不大于 500 mm 时,可采用单面平测法。

(3)双面斜测法:当结构的裂缝部位具有两个相互平行的测试表面时,可以采用双面穿透斜测法进行检测。

## 3 应用实例

### 3.1 工程概述

黄金坪水电站坝基覆盖层采用全封闭防渗墙

防渗形式,覆盖层坝基廊道作为坝基防渗墙与沥青混凝土心墙之间的连接体采用圆拱直墙断面,具有防渗、观测、检查、灌浆等功能,沿轴线方向长约318 m、纵向不分结构缝;廊道整体结构往左、右岸均伸入岩基。

2014年11月22日、25日,康定县先后发生了6.3级、5.8级地震。震后,根据12月14日现场对该电站基础廊道巡视排查结果发现廊道内部边墙、顶拱共存在31条裂缝,其中I类裂缝4条,II类裂缝12条,III类裂缝8条,IV类裂缝7条。为了了解廊道裂缝的发展情况,现场加强了日常巡视排查和监测工作,根据巡视排查情况了解到底板纵向裂缝变化较为明显,表现为裂缝开展宽

度增加并向右岸延伸贯通。根据2015年1月31日全面复查巡视结果,发现廊道内共有裂缝33条,其中I类裂缝4条,II类裂缝12条,III类裂缝9条,IV类裂缝8条。

### 3.2 双面斜测法在黄金坪水电站廊道刺墙中的应用

为确定廊道刺墙纵0+237桩号附近的裂缝是否连通,对廊道刺墙上该桩号附近的裂缝布置了剖面采用双面斜测法进行了测试,现场裂缝剖面测试完成后,将该剖面测试数据绘制成波形图(图1)。

从图1中可以看出,测线上各测点初至波幅度较强,部分测点初至波幅度相对较弱,由此可以

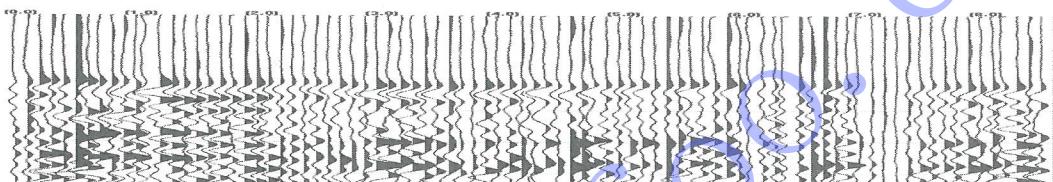


图1 廊道刺墙1#剖面裂缝测线波形图

判断,该条测线上裂缝并未连通。各条裂缝具体深度见表1。

表1 1#剖面裂缝检测深度成果表

| 剖面<br>编号 | 裂缝<br>编号 | 裂缝桩号<br>/m | 裂隙深度<br>/cm | 备注         |
|----------|----------|------------|-------------|------------|
| 1#       | 1#       | 纵0+236.15  | 65          |            |
|          | 2#       | 纵0+237.1   | 80          |            |
|          | 3#       | 纵0+239.05  | 105         |            |
|          | 4#       | 纵0+240.6   | 20          |            |
|          | 5#       | 纵0+229.15  | <10         | 测点间距为10 cm |
|          | 6#       | 纵0+236.9   | 190         |            |

双面斜测法在黄金坪水电站大坝廊道刺墙裂缝中的应用取得了较好的效果。该方法能够准确地判别裂缝深度发育情况、裂缝发育走向以及裂缝发育贯通性;但该方法的使用需要裂缝发育部位具有两个相互平行的测试表面,而且在测试过程中混凝土内的钢筋对该方法的影响较大,因此,在剖面布置时应考虑避开混凝土内钢筋的影响。

### 3.3 钻孔对测法在黄金坪水电站廊道底板中的应用

康定地震后,黄金坪水电站防渗墙廊道底板出现了多条裂缝且发育较长、较宽,根据现场裂隙发育情况,共布置了7组对穿声波检查孔,3个取芯孔进行裂缝检测。

(1)对穿声波典型资料分析。

在0+75~0+78桩号附近布置了第一组裂

缝检查孔,现场裂缝剖面测试完成后,将该剖面测

试数据绘制成的波形图见图2、3。

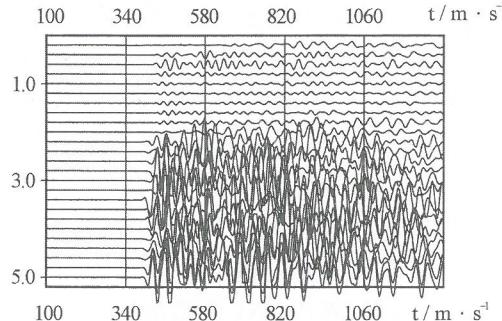


图2 第一组跨缝对穿声波典型波形图

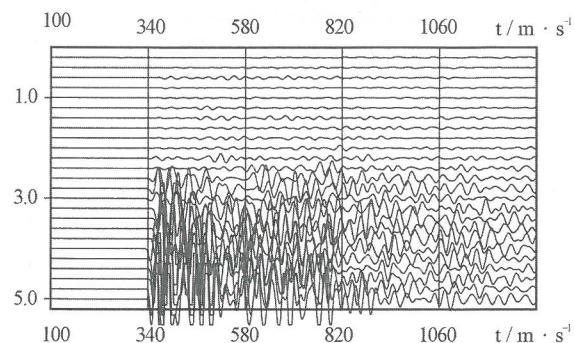


图3 第二组跨缝对穿声波典型波形图

从图2可以看出,0~2 m振幅能量弱,2.2~

2.6 m 振幅能量较强,2.8~5 m 测点振幅能量强。

从图3可以看出,0~2.4 m 振幅能量弱,2.6~3 m 振幅能量较强,3~5 m 测点振幅能量强。

通过上述分析得知第一组测试区裂缝深度为2.6~3 m。其它各组钻孔对测资料经分析判断得到的各组裂缝深度见表2。

表2 黄金坪水电站廊道底板裂缝深度成果表

| 桩号/m        | 孔号      | 裂缝深度/m | 描述                               | 备注         |
|-------------|---------|--------|----------------------------------|------------|
| 0+75~0+78   | 1-1~1-2 | 2.6    | 0~2 m 为张开裂缝,2~2.6 m 为闭合~微张裂缝     | 取芯孔<br>取芯孔 |
|             | 1-1~1-3 | 3      | 0~2.4 m 为张开裂缝,2.4~3 m 为闭合~微张裂缝   |            |
|             | QX1     | >0.4   |                                  |            |
|             | QX1-1   | >0.5   |                                  |            |
| 0+93~0+96   | 2-1~2-2 | 3      | 0~2.4 m 为张开裂缝,2.4~3 m 为闭合~微张裂缝   | 取芯孔        |
|             | 2-1~2-3 | 3      | 0~2.4 m 为张开裂缝,2.4~3 m 为闭合~微张裂缝   |            |
|             | 2-1~3-3 | 3      | 0~2.2 m 为张开裂缝,2.2~3 m 为闭合~微张裂缝   |            |
| 0+113~0+116 | 4-1~4-2 | 2.4    | 0~1 m 为张开裂缝,1~2.4 m 为闭合~微张裂缝     |            |
|             | 4-1~4-3 | 2.6    | 0~2.6 m 为张开裂缝                    |            |
|             | 5-1~5-2 | 2.2    | 0~0.8 m 为张开裂缝,0.8~2.2 m 为闭合~微张裂缝 |            |
| 0+165~0+168 | 5-1~5-3 | 2.4    | 0~2.4 m 为张开裂缝                    |            |
|             | QX3     | 2.2    |                                  |            |
|             | 6-1~6-2 | 2.4    | 0~0.4 m 为张开裂缝,0.6~2.4 m 为闭合~微张裂缝 |            |
| 0+175~0+178 | 6-1~6-3 | 2.2    | 0~1.8 m 为张开裂缝,2~2.2 m 为闭合~微张裂缝   |            |
|             | 7-1~7-2 | 2.4    | 0~2 m 为张开裂缝,2~2.4 m 为闭合~微张裂缝     |            |
| 0+217~0+221 | 7-1~7-3 | 2.4    | 0~2.4 m 为张开裂缝                    |            |

钻孔对测法在黄金坪水电站大坝廊道底板裂缝中的应用取得了较好的效果,该方法通过对声学参数在完整混凝土构件和裂缝发育混凝土构件中能量和振幅的变化情况,可以准确地判别裂缝深度发育情况;布置多组对测孔可以判别裂缝发育的贯通性。该方法应用的前提条件是被检测混凝土裂缝两侧允许钻孔、对混凝土结构无破坏;由于裂缝发育的不规则性,采用钻孔对测法须保证裂缝发育在两钻孔之间,未偏出钻孔对测检查孔。

## (2) 钻孔全景图像。

在廊道底板裂缝处布置了3个取芯孔并进行了钻孔全景图像测试。实际施工中,QX1 取芯后发现裂缝有点偏,故在 QX1 附近增加了一个取芯孔 QX1-1,QX1、QX1-1、QX2 三孔均在钻至 0.5 m 后钻到了钢筋,遂结束钻孔后取芯。

从钻孔全景图像看,QX1 取芯孔裂缝深度在 0.3 m 时偏出钻孔,QX1-1、QX2 钻孔的裂缝深度均超过 0.5 m,QX3 取芯孔裂缝发育深度为 0~2.2 m。

钻孔全景图像在黄金坪水电站大坝廊道底板裂缝中的应用取得了较好的效果,该方法较为直观地反映了裂缝深度发育情况,同时验证了钻孔对测裂缝深度成果。

## 4 结语

笔者通过对以上工程实例进行分析后认为:

(1)根据工程现场情况,选择合理的检查方法和参数可以对混凝土裂缝深度、发育等情况进行有效的检测。通过检测,可以判断混凝土裂缝发育深度、裂缝是否贯穿混凝土结构构件,从而为混凝土结构构件裂缝处理工作提供基础资料;

(2)单面法、双面斜测法相对于钻孔对测法及钻孔取芯更为经济,工期更短且对混凝土结构构件无破坏,在混凝土裂缝检测中应予以推广和应用;

(3)钻孔对测法及钻孔取芯能够直观、准确地反映混凝土结构构件中的裂缝深度及裂缝走向等情况,但需对混凝土结构进行钻探,工期长且可能会破坏混凝土结构。

## 参考文献:

- [1] CECS 21 :2000,超声法检测混凝土缺陷技术规程[S].
- [2] CECS 02 :2005,超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程[S].
- [3] GB 50205 - 2001,混凝土结构工程施工质量验收规范[S].
- [4] DL/T 5299 - 2013,大坝混凝土声波检测技术规程[S].
- [5] 梁明进.钢筋混凝土结构裂缝深度无损检测技术的现状及发展[J].四川理工学院学报(自然科学版),2012,8(25):25~4.

## 作者简介:

姚文燚(1983-),男,湖北黄冈人,工程师,学士,从事水电工程建设技术与管理工作.

(责任编辑:李燕辉)