

向家弄水库泄洪洞扩建工程爆破大坝震动安全监测分析

刘超英, 章晓桦, 葛双成

(浙江省水利河口研究院, 浙江 杭州 310020)

摘要 阐述向家弄水库泄洪洞扩建工程爆破对大坝的震动影响。选择几个有代表性的部位, 采用原位质点振速测试的方法对整个爆破的震动影响进行全过程监测, 对实测结果分析表明, 爆破震动对大坝未产生明显的危害。

关键词 泄洪洞 爆破震动 质点震动速度 大坝安全监测 向家弄水库

中图分类号 TV651.3

文献标识码 B

文章编号 1006-7647(2010)S1-0064-03

向家弄水库除险加固工程位于余姚市梨洲街道三溪村, 是一座以灌溉、供水为主, 结合防洪等综合利用的小(一)型水库, 为结合水库除险加固, 决定把原有的旧泄洪洞进行扩建, 扩建后在泄洪洞底部正中开挖 1 条沟槽, 为满足新建泄洪洞进出水的需要, 同时对进出水洞口部分山体岩石进行爆破。原泄洪洞总长 91.5 m、宽 3.2 m、最高点 4 m, 待新建泄洪洞总长 92 m、宽 6.8 m、最高点 8.15 m, 沟槽形状为倒梯形, 出水口上口宽 3.404 m、底部宽 1.31 m、深 3.49 m, 进水口处上口宽 2.37 m、底部宽 1.31 m、深 1.73 m, 沟槽平均深度为 2.61 m。

向家弄水库拦河大坝为黏土心墙坝, 水库泄洪洞扩建工程爆破施工时爆破源距离水库大坝较近, 因此, 存在泄洪洞扩建工程爆破对大坝的安全影响问题。由于爆破区距离大坝需保护物较近, 不可避免地产生较大爆破震动效应影响, 对于大坝还存在爆破地震作用下的动力响应问题。因此, 为了保证水库泄洪洞扩建工程爆破施工时大坝的安全, 必须对大坝进行爆破震动安全监测以进行安全评价^[1-2]。

1 爆破参数

1.1 进水口溢流堰处爆破

爆破方式为浅孔爆破, 爆破采用多段延时爆破, 分 3 段, 最大单响药量为 15 kg, 总药量为 39 kg。每段延迟时间为 50 ms, 高程为 34.00 m, 采用 32 # 乳化炸药。

1.2 泄洪洞出口处爆破

爆破方式为浅孔爆破, 爆破采用多段延时爆破, 分 2 段, 最大单响药量为 6 kg, 总药量为 10 kg。每段延迟

时间为 50 ms, 高程为 29.70 m, 采用 32 # 乳化炸药。

1.3 泄洪洞平洞开挖(桩号 0+47)处爆破

爆破方式为浅孔爆破, 爆破采用多段延时爆破, 分 8 段, 最大单响药量为 5 kg, 总药量为 33 kg。每段延迟时间为 210 ms, 高程为 31.00 m, 采用 32 # 乳化炸药。

2 测试系统及设备

采用 TC-4850 爆破测振仪和 TYTEST 型 3 分量高灵敏度速度传感器, 监测人工爆破过程瞬态爆破震动。该系统传感器工作频带范围为 2 ~ 500 Hz, 系统记录器内置数码芯片自动对测试过程进行控制, 可灵活方便地设置测试参数, 包括测试量程、采样频率、信号触发方式及电平大小, 记录时间及次数^[3]。

3 测点布置

根据爆破震动监测目的和要求, 监测的重点是大坝。测点主要布置在大坝结构体上。泄洪洞扩建工程进水口溢流堰处、出水口处、平洞开挖(桩号 0+47)处爆破震动监测中, 每次都布置 3 个监测点。测点 1 位于下游坝体黏土心墙顶部, 高程为 38.72 m; 测点 2 位于大坝低弹模塑性混凝土防渗墙第 5 槽段顶部, 高程为 39.06 m; 测点 3 位于上游坝体黏土心墙顶部, 高程为 39.04 m。各测点间距 3.5 m, 3 个测点在同一直线上, 并且垂直于大坝轴线, 桩号为大坝 0+39.25。

爆破震动监测物理量为速度, 各个监测点的监测方向为 3 个方向, 分别为水平径向、水平切向及垂

直向。

4 监测成果

爆破质点震动速度监测成果见表 1。爆破质点震动付氏谱分析结果见表 2,实测泄洪洞平洞开挖(桩号 0+47)爆破 3 号测点震动速度时程曲线及付氏谱频率分析见图 1、图 2。

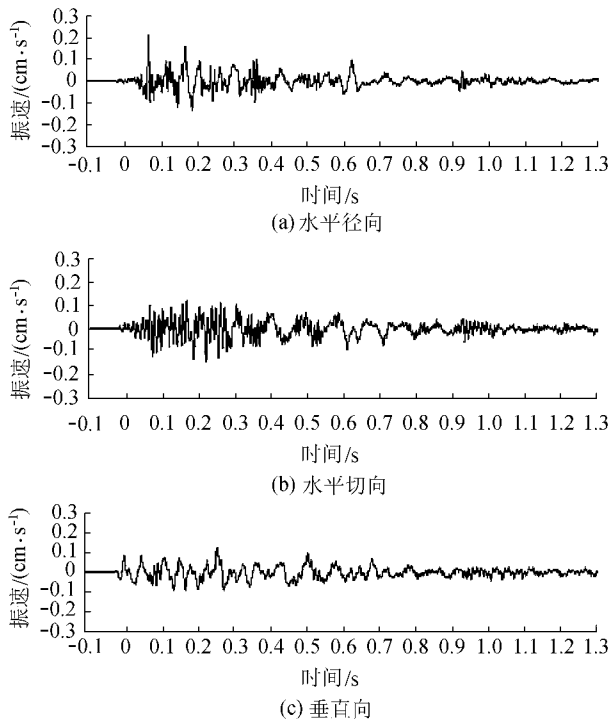


图 1 泄洪洞平洞开挖(桩号 0+47) 爆破 3 号测点震动速度时程曲线

向家弄水库拦河大坝为黏土心墙坝,根据 GB 6722—2003《爆破安全规程》,大坝结构体爆破震动速度控制值设计要求小于 0.5 cm/s。从表 1 结果看,坝体和防渗墙各测点实测最大震动速度值均在 0.25 cm/s 以内,各测点最大震动速度值均满足大坝结构体爆破震动速度控制值小于 0.5 cm/s 的设计要求。

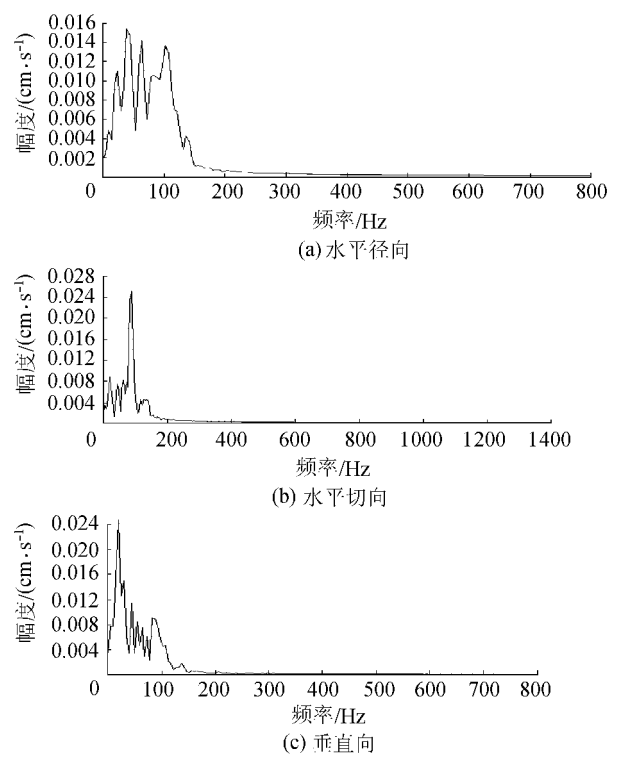


图 2 泄洪洞平洞开挖(桩号 0+47) 爆破 3 号测点震动频率谱

表 1 向家弄水库泄洪洞扩建工程爆破震动速度监测结果

爆源位置	监测部位	测点编号	高程/m	水平距离/m	高差/m	水平径向震动		水平切向震动		垂直向震动	
						最大震动速度/ (cm·s ⁻¹)	主振 频率/Hz	最大震动速度/ (cm·s ⁻¹)	主振 频率/Hz	最大震动速度/ (cm·s ⁻¹)	主振 频率/Hz
溢流堰	下游坝体	1	38.72	112.35	4.72	< 0.05 *		< 0.05 *		< 0.05 *	
	混凝土防渗墙	2	39.06	110.10	5.06	< 0.05 *		< 0.05 *		< 0.05 *	
	上游坝体	3	39.04	107.55	5.04	0.132	39.37	0.126	33.78	0.107	27.32
泄洪洞出口	下游坝体	1	38.72	56.26	9.02	0.105	67.57	0.080	111.11	0.063	81.97
	混凝土防渗墙	2	39.06	58.09	9.36	< 0.05 *		< 0.05 *		< 0.05 *	
	上游坝体	3	39.04	60.23	9.34	0.055	54.35	0.063	31.85	0.052	34.72
泄洪洞桩号 0+47	下游坝体	1	38.72	59.86	7.72	0.162	54.35	0.087	23.47	0.100	21.95
	混凝土防渗墙	2	39.06	58.99	8.06	0.065	16.03	0.053	57.14	0.057	111.11
	上游坝体	3	39.04	58.12	8.04	0.215	71.43	0.143	65.79	0.125	21.95

* 为仪器未触发。

表 2 向家弄水库泄洪洞扩建工程爆破质点震动付氏谱分析结果

爆源位置	监测部位	测点编号	水平径向频率/Hz		水平切向频率/Hz		垂直向频率/Hz	
			第 1 峰	第 2 峰	第 1 峰	第 2 峰	第 1 峰	第 2 峰
溢流堰	上游坝体	3	8.59	24.08	9.82	28.19	8.50	29.06
泄洪洞出口	下游坝体	1	23.35	43.70	4.09	28.99	19.04	29.13
	上游坝体	3	8.87	18.98	4.28	24.51	19.00	33.32
泄洪洞桩号 0+47	下游坝体	1	18.94	33.34	3.31	29.11	18.58	29.04
	混凝土防渗墙	2	4.03	18.87	3.67	19.29	19.45	42.24
	上游坝体	3	9.30	23.73	4.62	19.82	18.51	28.84

表 3 换算的坝体和防渗墙测点位移及加速度测值结果

爆源位置	监测部位	测点编号	水平径向		水平切向		垂直向	
			峰位移/mm	峰加速度/(m·s ⁻²)	峰位移/mm	峰加速度/(m·s ⁻²)	峰位移/mm	峰加速度/(m·s ⁻²)
溢流堰	上游坝体	3	0.006	0.684	0.009	0.898	0.007	1.257
泄洪洞出口	下游坝体	1	0.004	0.735	0.005	0.999	0.006	1.079
	上游坝体	3	0.005	0.514	0.007	0.930	0.004	1.039
泄洪洞	下游坝体	1	0.006	0.584	0.007	0.976	0.011	1.150
桩号	混凝土防渗墙	2	0.006	0.637	0.007	1.004	0.004	1.142
0+47	上游坝体	3	0.010	0.943	0.009	0.942	0.012	1.184

表 2 中,分析的坝体和防渗墙各测点垂直向震动付氏谱第 1 峰频率在 8.50 ~ 19.45 Hz 之间,而水平向震动付氏谱第 1 峰频率部分在 5.00 Hz 以下,表明在爆破作用下大坝结构体虽出现了结构动力响应,但其震动幅值仍很小。此外,由于结构体顶部振速通常较其基础部位有所放大,因此可以认为大坝结构体基础等部位质点震动速度至少应与实测大坝结构体顶部震动速度处于同一数量级,即一般不会超过 0.50 cm/s 范围,也明显低于大坝基础部位的安全控制振速,故泄洪洞扩建工程爆破不会对大坝的安全与稳定产生危害影响。

5 爆破震动效应影响分析

5.1 震动历程及峰值分析^[4]

从实测震动波形来看,各测点垂直向震动持续时间在 630 ~ 1 320 ms 范围,且基本没有出现结构的低频动力响应,各测点水平向震动持续时间在 980 ~ 2 000 ms 范围,部分测点伴有较明显的振荡,表现为几乎贯穿震动波形全过程的、持续的低频脉动,且其振速衰减较缓慢,表明爆破作用激起了大坝自身的震动响应,这主要与大坝结构特征有关,不过其振速仍小于爆破震动速度,一般不超过 0.50 cm/s,不会对大坝结构产生危害影响。

通过爆破震动监测分析软件对实测振速波形作积分及微分变换分析,从而得到表 1 中坝体和防渗墙测点的质点位移及加速度测值结果(表 3)。从表 3 看,坝体和防渗墙各测点产生的最大垂直向位移在 0.012 mm 以内,最大峰值加速度仅为 1.257 m/s²;各测点最大水平向位移均在 0.010 mm 以内,最大峰值加速度低于 1.004 m/s²。这不仅表明爆破自身对大坝的震动影响较小,同时也说明虽然爆破激起了坝体的自振反应,但并未产生明显的震动放大效应,自振的质点振速及位移幅值均很小,故仍不会对大坝安全与稳定造成危害性影响。

5.2 震动频率分析

从表 2 可见,坝体和防渗墙各测点分析的垂直向付氏谱第 1 峰频率在 8.50 ~ 19.45 Hz 之间,

第 2 峰频率在 28.84 ~ 42.24Hz 之间,远离大坝坝体自振响应频率,表明在垂直向大坝对爆破作用的反应很小。坝体和防渗墙部分测点水平方向在付氏谱第 1 峰出现了 3.31 ~ 4.62 Hz 的震动频率,经分析,该频率与实测爆破波形中出现的低频震动频率吻合,即大坝坝体自振响应频率。这表明对于水平方向而言,振幅较小的自振过程对坝体的影响反而要大于爆破直接作用引起的震动;也说明爆破震动持续时间短、频率较高,具有起爆过程结束即自行消散的特征。因而在同等振幅情况下,爆破直接产生的震动影响较小。

6 结 论

a. 监测的坝体和防渗墙各测点爆破震动速度最大值均明显低于设计的爆破震动安全控制标准,爆破对大坝等监测建筑物无结构性破坏作用。

b. 采用毫秒微差导爆管连接,分段微差起爆,爆破分段清晰,没有明显的爆破震动叠加激增现象,未出现明显的峰振叠加增强现象。泄洪洞扩建工程爆破中采用毫秒微差浅孔爆破,优化微差起爆时间及顺序来控制爆破震动效应是合理的^[5]。

c. 各测点爆破震动速度时程曲线及震动频谱分析表明,爆破虽然在水平方向激起大坝坝体自身动力响应,但震动速度、加速度及位移幅值很小,震动速度最大值在 0.25 cm/s 以内,不会对大坝结构产生破坏。

参考文献:

[1] GB 6722—2003 爆破安全规程[S].
[2] DL/T5333—2005 水电水利工程爆破安全监测规程[S].
[3] 李彬峰.爆破振动的分析及测试仪器系统探讨[J].爆破,2003,20(1):81-84.
[4] 言志信,吴德伦,王漪,等.爆破振动效应与安全的研究[J].岩土力学,2002,23(2):201-203.
[5] 杨永强.电站扩机施工爆破震动影响及其控制研究[J].爆破,2005,22(1):99-103.

(收稿日期 2009-12-09 编辑 高建群)