

文章编号: 1001 - 487X(2007)03 - 0107 - 03

爆破振动衰减规律的现场试验研究

杜汉清

(中国葛洲坝集团第一工程有限公司,湖北 宜昌 443002)

摘 要: 爆破振动衰减公式中的 K 取值,受爆破方法、地形地质条件等影响较大。根据同一地区小型爆破试验和现场工程实测所获得的衰减公式中的 K 值,分析、探讨了不同条件下爆破振动衰减公式的变化规律。试验结果表明,即使在同一地区,应用回归的衰减公式指导爆破设计和施工时,也应加以试验条件的限制,从而使爆破地震波的预测、预报更加符合实际。

关键词: 爆破振动; 质点速度; 衰减规律; 振动控制

中图分类号: O 382.2 **文献标识码:** A

Experimentally Study on the Attenuation Law of Blasting Vibration

DU Han-qing

(The First Engineering Co Ltd of Gezhouba Group, Yichang 443002, China)

Abstract: The conditions of blasting and landform have a tremendous influence on the value of K and of blasting vibration attenuation formula. According to the small experiment and project to obtain value of K and of attenuation formula. Different conditions of change law are compared and analyzed. Experimental results show that application attenuation formula to direct design and construction of blasting should meet the requirements of limit of experiment condition, to make the forecast of earthquake waves more accurate.

Key words: blasting vibration; vibrating speed of particles; attenuation law; vibration control

1 引 言

岩体在爆炸动力的瞬间冲击荷载作用下,爆炸冲击波和应力波向四周传播,使岩体产生变形和破坏。研究爆破振动的主要目的是,探索爆炸作用下地震波的传播规律及建(构)筑物的响应情况,确定适合的爆破方案,指导爆破设计与施工,确保施工安全。我国目前基本上还是沿用前苏联标准,以地面峰值振动速度为判据,分波段考虑了频率的影响^[1]。由于爆破振动引起的建(构)筑物或岩土体等的破坏受到爆破过程的复杂性和岩土介质的多变性等因素的影响,爆破振动激励下的地震波传播及衰减规律目前还无法从理论上给出统一公式,主要

采用小型爆破试验和现场工程实测获取实测数据,然后通过最小二乘法回归拟和适合特定地区的经验公式。由于公式中的场地系数、衰减指数受爆破方法、地形地质条件等影响较大,即使在同一地区,也会发生很大变化,使爆破地震波的预测预报产生较大困难。根据同一地区的工程实测资料,分析、探讨了不同条件下爆破振动衰减公式的变化规律。

2 工程概况

酉酬水电站坝址位于重庆市酉阳县酉酬镇酉酬大桥上游约 350 m 处。工程枢纽由碾压混凝土重力坝、坝身溢流表孔、消力池、坝式进水口、坝后式电站厂房等组成。坝址区基岩裸露,出露地层较单一,为寒武系中统上组白云质灰岩,区内断裂构造不甚发育,以裂隙为主。电站土石方明挖包括大坝左岸、右岸、大坝河床、发电厂房及开关站 4 个施工区,爆破

收稿日期: 2007 - 04 - 23.

作者简介:杜汉清(1965 -),男,宜昌:中国葛洲坝集团第一工程有限公司工程师。

开挖工期紧,强度大,但由于爆区临近酉酬镇和酉酬大桥,爆破施工受到极大的制约,居民对爆破振动反映强烈。为此,在爆破开挖时进行了爆破试验和爆破振动衰减规律测试,以寻找适合酉酬水电站地区岩体开挖爆破振动速度的传播与衰减规律的经验公式,指导爆破设计与施工。爆破施工环境示意图如图1。

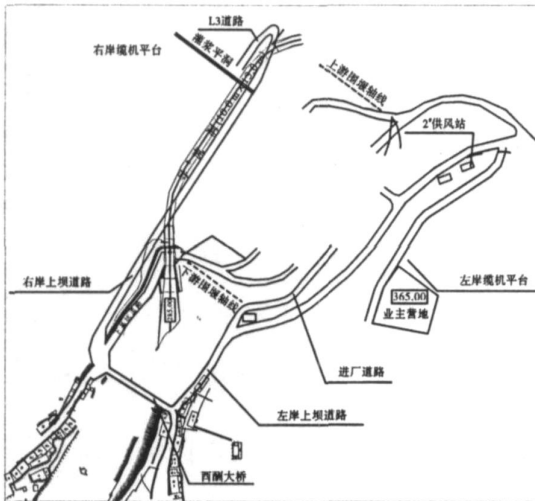


图1 爆破施工环境示意图

3 爆破振动测试试验

3.1 测试系统

根据酉酬水电站布置特点,现场测试在右岸进场公路进行了小型爆破试验;在左岸结合上坝公路实际爆破开挖进行了测试,爆破振动衰减规律测点主要布置在边坡部位的岩体上,每个测点均按竖直和水平2个方向布设传感器。测试系统采用四川拓普数字设备有限公司生产的UBOX20016便携式数据采集仪及配套速度传感器,测试前对测试仪器进行了系统标定,测试系统如图2所示。

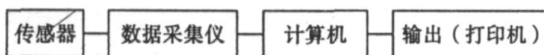


图2 测试系统结构示意图

3.2 测试成果

衡量爆破地震强度的物理量有爆破振动引起的质点振动速度、加速度和位移等。现行国家标准及水利部行业标准中均采用质点最大振速和主频作为安全振动控制标准^[1-2]。爆破振动速度传播与衰减规律一般采用萨道夫斯基经验公式:

$$V = K \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right) = K \text{ cm/s}$$

式中, K 为与地质、爆破方法、地质条件等因素有

关的系数; K 为场地系数, n 为衰减指数; Q 为最大一段起爆药量, kg; R 为测点与爆源中心的距离, m; Q/R^3 为比例药量。

因此,将爆破振动测试结果按上述公式进行回归分析^[3-4],以寻找适合酉酬水电站地区岩体开挖爆破振动速度的传播与衰减规律的经验公式,从而控制大坝左、右岸及河床段基础石方明挖施工过程中允许的最大单段起爆药量,减小爆破振动对临近建(构)筑物的影响,确保施工安全。

1)右岸进场公路小型爆破试验采用手风钻钻孔,水平布孔,孔径 $\phi 45$ mm,孔间排距 $1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$,孔深 2.2 m ,采用 $\phi 32$ 的硝铵炸药连续装药,分段微差起爆。爆破试验共进行了4次,获取的振动实测波形资料中垂直的32组,水平的30组。通过回归分析求得岩体开挖爆破振动速度传播与衰减规律的经验公式如下:

$$V_{\text{垂直}} = 61.6 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.858} \quad (r = 0.940)$$

$$V_{\text{水平}} = 56.4 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.786} \quad (r = 0.935)$$

2)左岸上坝公路实际生产爆破为台阶梯段爆破,爆破孔径 $\phi 90$ mm,孔间排距 $3.0 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$,孔深 $8-12 \text{ m}$,采用耦合间隔装药,炸药单耗 $0.55-0.6 \text{ kg/m}^3$,分段微差起爆。爆破测试共进行了6次,获取的振动实测波形资料中垂直的45组,水平的40组。通过回归分析求得岩体开挖爆破振动速度传播与衰减规律的经验公式如下:

$$V_{\text{垂直}} = 98 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.858} \quad (r = 0.915)$$

$$V_{\text{水平}} = 83.8 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.786} \quad (r = 0.935)$$

3)左岸上坝公路预裂爆破,爆破孔径 $\phi 90$ mm,孔深 $8-12 \text{ m}$,孔间距 $0.9-1.0 \text{ m}$,线装药密度 $0.35-0.45 \text{ kg/m}$ 。爆破测试共进行了4次,获取的振动实测波形资料中垂直的28组,水平的25组^[5]。通过回归分析求得岩体开挖爆破振动速度传播与衰减规律的经验公式如下:

$$V_{\text{垂直}} = 109 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.87} \quad (r = 0.90)$$

$$V_{\text{水平}} = 78 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.68} \quad (r = 0.91)$$

4 试验成果分析

1)爆破振动衰减规律与爆破方式、药量关系密切,由小型爆破试验和生产爆破测得的经验公式可以

看出,即使在同一地区,根据不同的试验方法获得的衰减公式中的 K 值相差较大,如果不加以试验条件的说明,直接应用回归的衰减规律指导爆破设计和施工,势必造成爆破地震波预测预报的较大误差。

2)不同爆破条件下测得的振动速度回归结果表明,爆破介质临空面的夹制作用和振动衰减公式中的场地系数 K 有一定的对应关系。同一地区在地质条件基本相同的情况下,夹制作用大,则公式中 K 值较大;夹制作用小,则 K 值也减小。

3)炮孔孔径和爆源深度对爆破振动衰减规律的影响主要表现在场地系数 K 上,试验回归结果表明,大孔径深孔爆破的 K 值比小孔径浅孔爆破要大得多。

4)实践表明,预裂爆破降震率大都在 30% 以上,效果好的预裂爆破降震率可达 50% 以上,预裂爆破已成为常用的有效降震措施。但预裂爆破时一般处于较大的夹制约束状态,其诱发振动的衰减规律中的 K 值与梯段爆破也有很大的差别,在进行爆破地震波预测预报时应加以重视。

5)根据力学的作用原理,在地质地形条件相似、岩性一致、爆破参数相同的条件下,相对爆源不同方向(爆破抵抗线后冲向、侧向或正前方)上的振动衰减规律也是不尽相同的,振动作用最强烈的方向是最小抵抗线 w 的后方,而侧面较小。分区开挖时,将最小抵抗线方向控制为河床方向,可以有效地控制爆破飞石,降低爆破振动对酉酬镇的影响。

5 结 语

爆破振动是爆破三大公害中最严重的公害,研究爆破地震波的传播规律及其对建(构)筑物的影响程度,目前的主要方法就是进行现场试验。由于公式中的场地系数、衰减指数受爆破方法、地形地质条件等影响较大,即使在同一地区也会发生很大变化,因此,在进行爆破地震波的预测预报时,必须采用相同或相近的试验条件下获得的经验公式,才能够降低误差。酉酬水电站坝基岩体开挖爆破施工过程中,根据不同部位的爆破开挖条件,依据相应的衰减规律公式指导爆破设计与施工,同时加强施工期的监测,最大限度地减少了爆破振动对临近的酉酬镇和酉酬大桥的影响,确保了施工安全。

参考文献

- [1] GB6722—2003,爆破安全规程[S].北京:中国标准出版社,1986
- [2] SL—94,水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范[S].北京:水利电力出版社,1994
- [3] 刘朝荣.工业技术应用数理统计方法[M].武汉:湖北科学技术出版社,1985
- [4] 张雪亮,黄树棠.爆破地震效应[M].北京:地震出版社,1981
- [5] 张新民,舒大强.预裂爆破震动规律的试验研究[J].爆破,2001,18(3):10-12

(上接第 103 页)

映出爆破振动信号的时频信息,与传统的 Fourier 相比,可以更好地满足爆破振动非平稳随机特征分析的要求,可以从分解和重构信号中得出不同频率成分振动分量的时间衰减规律。

2)由于震源的非单一性,使得此次振动信号成分复杂,振动主振频率分布较宽,能量分布较单一震源所引起的振动信号广。切口爆破及闭合均离地面有一定高度,使得由此而产生的地面振动幅度小;烟窗塌落直接对地面产生冲击,成为地面振动的主要影响因素。因此,在对高耸建筑物进行爆破时,不仅要对其倒塌方向进行缓冲处理,一般采用堆筑多道沙袋或松土的办法。

3)仅对单点信号进行分析,只能反映不同震源所致的振动传播至同一地点的部分信息,而不能体

现其对于不同位置点的传播规律。另外,由不同时空的多点震源引起的振动而产生的振动信号,其叠加和干涉而导致频谱特性改变的规律值得研究。

参考文献

- [1] 王兴雁,张可玉,周方毅,等.黄岛热电厂 152.8 m 高烟窗拆除爆破振动测试[J].工程爆破,2007,13(1):59-61
- [2] 王世一.数字信号处理[M].修订版.北京:北京理工大学出版社,2002:12-13,52-53
- [3] 飞思科技产品研发中心.小波分析理论与 Matlab7 实现[M].北京:电子工业出版社,2005:61-68
- [4] 林大超,施惠基,白春华,等.基于小波变换的爆破振动时频特征分析[J].岩石力学与工程学报,2004,23(1):101-106