

震损高陡边坡爆破开挖振动监测与分析

李万洲, 张雨游

(中国水利水电第七工程局有限公司 第一分局, 四川 彭山 620860)

摘要:红石岩堰塞湖改建工程“三洞合一”高边坡受鲁甸地震的影响,边坡岩体在复杂结构面的切割下形成了诸多的危岩体,极易受到施工爆破振动的影响发生安全事故,因此,实时进行爆破振动监测评估非常必要。运用萨道夫斯基模型研究,确定了不同单响药量时爆破振动速率的衰减规律,基于最大允许速率将最大允许单响药量进行了优化,保证了爆破振动安全。

关键词:边坡;振动;监测;安全评估;红石岩堰塞湖

中图分类号:TV223;TV513;TV523;TV522;TV542

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)03-0150-02

1 概述

高陡岩质边坡爆破开挖产生一系列震动效应,当爆破带来的动力响应超过岩体承受极限时可能会引起岩体沿潜在滑动面失稳,而且,随着爆破开挖梯段不断推进,岩体在多次循环爆破冲击荷载的激励下引起原生结构面不断弱化,增加了边坡失稳的风险。因此,如何在爆破过程中对冲击荷载引起的振动效应进行评价,从而不断优化爆破参数,减少非开挖部分岩体的损伤十分重要。

最常用的评价方法是通过现场振动监测、声波监测和数值模拟确定由爆破引起的质点振动速度、加速度、位移以及岩体的波速变化情况,结合边坡岩体地质特征,探明爆破振动衰减的规律,确定爆破引起的振动是否合理,是否会导致岩体发生较大的损伤,从而对爆破参数进行反馈。仅爆破振动监测而言,主要是探明爆破振动速率衰减规律,分析在当前爆破参数下的振动评估和振动安全控制。这些问题在常规边坡中均有较好的研究成果,但对于震损边坡而言,尚未见相关报导。

根据红石岩堰塞湖改建工程右岸“三洞合一”震损高边坡的实际情况开展了现场振动监测,研究了震损边坡在爆破作用下岩体的响应情况、振动波的衰减规律,在此基础上研究并优化了所使用的爆破参数,控制了爆破振动,从而为保证施工安全、优化爆破参数提供了依据。

2014年鲁甸“6.5级”地震诱发了大量的滑坡,其规模达到1200万 m^3 ,形成了近百米高的

堰塞坝,堵塞了牛栏江,库容近2.3亿 m^3 。应急处理完成后,堰塞坝后续的处理成为一个值得深思的问题。根据红石岩滑坡堰塞湖物质组成、区域地质环境,经过论证后最终采用了“变废为宝”的处理方案。以加固后的堰塞坝作为挡水建筑物在其右岸形成了一套引水发电系统,将带来巨大的经济效益,并且成为我国首座将堰塞湖改建成水库的案例,具有巨大的实践和展望意义。

红石岩堰塞湖改建工程中,“三洞合一”震损高边坡开挖受到不良地质结构的影响,面临极大的挑战。在地震崩滑体的下部开挖“三洞合一”高边坡,分成7级马道(实际为大裂隙,无马道),每一级台阶面的高差为20m,在最底部高程1210m处开挖形成平台。开挖边坡上部残留的崩滑体受到地震卸荷损伤作用形成了大量极其发育的结构面,在外界扰动作用下,岩体非常容易沿着优势结构面组合滑移。此外,下部开挖边坡受三组结构面控制,分别为缓倾下游偏山里的层面、顺河向陡倾的结构面以及横河向陡倾的结构面,这三组结构面在鲁甸地震作用下不断地扩张、贯通,边坡被切割成很多松动的块体,存在极大的危险隐患,给边坡施工的效率和安全带来了极大的挑战。因此,必须采取系统的措施避免危岩体失稳带来的影响,其中对爆破振动实时监测、评估爆破振动以及研究爆破振动波的衰减规律是一项重要的控制措施,并且面对如此脆弱的地质环境,实施爆破振动的监测也是非常必要的。

收稿日期:2018-06-21

2 爆破振动监测及分析

2.1 爆破振动监测过程

“三洞合一”高边坡高程 1 330 m 平台爆破的炸药总量为 600 kg,主要监测点布置在高边坡高程 1 350 m 马道内外侧、高程 1 350~1 360 m 上、下通道及危岩块、下游背坡面、边坡坡脚、江底、江对岸及位于高处的高程 1 760 m 平台等监测点。爆破后,对各测点利用 TC-4850 型便携式振动测试记录仪进行振动监测,获取监测断面质点各个方向的瞬时速度或加速度。

2.2 爆破振动监测数据分析

(1)基于上述监测点取得的数据,采用前苏联科学家萨道夫斯基模型,分析了爆破振动速度在震损边坡下的衰减规律。该模型见式(1):

$$V = K \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^\alpha \quad (1)$$

式中 V 为质点振动速度峰值, $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$; Q 为最大单响药量, kg,本次爆破炸药最大单响药量为 96 kg; R 为监测(计算)点到爆源的距离, m; K, α 为与爆源至监测点间的地形和地质条件等有关的系数和衰减指数,可通过实测数据分析计算得出。通过回归分析,得出此次爆破的两个系数,即 $K = 385.1904, \alpha = 1.7455$,则本次爆破的峰值质点振动速度衰减传播规律见式(2):

$$V = 385.1904 \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^{1.7455} \quad (2)$$

(2)根据该公式绘制了此次爆破的质点振动速度衰减规律曲线(图1)。此次爆破造成的振动其各测点的质点振动频率均不超过 50 Hz,爆破

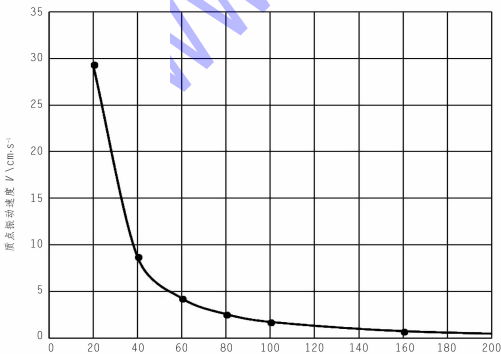


图1 爆破的质点振动速度规律曲线

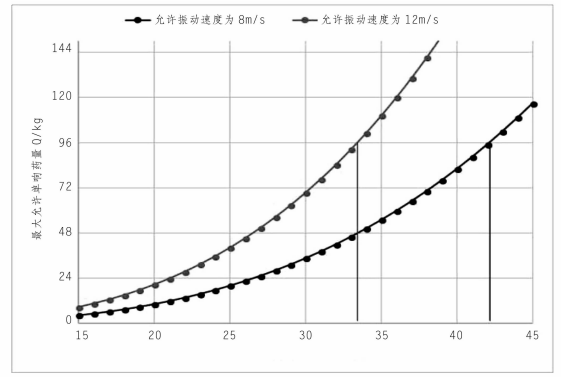


图2 不同距离的允许单响药量计算结果

安全规程规定,永久性岩石高边坡的安全允许质点振动速度范围为 8~12 cm/s。计算并绘制出在允许振动速度为 8 cm/s 和 12 cm/s 状况下不同距离的最大单响药量曲线图(图2)。

从图2中可以看出,按照 25 m 距离处 8 cm/s 的允许振速,允许单响药量值为 20 kg;按照 25 m 距离处 12 cm/s 的允许振速,允许单响药量值为 40.2 kg。考虑到此次开挖的情况,最终确定按照 25 m 距离处 12 cm/s 的标准进行控制,则该工程光面爆破最大允许单响药量为 40.2 kg。在后续施工过程中,按照此最大允许单响药量,边坡各个测点没有发生振动速度超限的状况。

3 结语

红石岩堰塞湖改建工程“三洞合一”震损高边坡受鲁甸地震的影响,边坡节理裂隙十分发育,形成了很多危岩体,施工期间极易在爆破振动的作用下发生失稳。因此,开展爆破振动监测、评估及反馈爆破参数,对保证施工安全和进度十分关键。在现场监测的基础上,通过采用萨道夫斯基模型研究并确定了不同单响药量爆破振动速率的衰减规律,同时,基于最大允许速率,将最大允许单响药量从 96 kg 优化至 40.2 kg,在后期台阶开挖爆破中保证了爆破振动的安全。

作者简介:

李万洲(1988-),男,重庆奉节人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

张雨游(1986-),男,四川乐山人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)