

· 试验研究 ·

爆破振动对建筑物影响的研究

马建兴 刘 勤 颜春军
(内蒙古科技大学建筑与土木工程学院)

摘 要: 对爆破地震波的传播特性, 爆破地震与天然地震的区别, 观测建筑物振动的原则以及频谱分析的研究, 提出了一些看法, 对从事该研究的人员具有一定的意义。

关键词: 爆破振动; 地震; 频谱分析

中图分类号: TD 235. 1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-5683(2004)05-0020-02

Research Effect of Blasting Vibration on Buildings

Ma Jianxing Liu Qin Yan Chunjun

(Architecture and Civil Engineering School, USTM)

Abstract: Based on the transmission characteristics of blasting earthquake waves, the differences between blasting vibration and earthquake, observation principle of buildings vibration and study of spectrum analysis, some opinions are put forward, which have certain meaning for researchers in this field.

Keywords: Blasting vibration; Earthquake; Spectrum analysis

1 爆破地震波的传播特点

我们知道爆破释放的能量使周围介质产生振动, 这个振动通过介质内部相互之间的作用, 以应力和应变的相互转化形式, 向四面八方传播, 即为地震波。根据振动的方式分为体波和面波, 体波又分为纵波和横波。面波又分为勒夫波和瑞利波。所谓纵波, 即指振动方向与传播方向一致的波; 所谓横波, 即指振动方向与传播方向垂直的波。体波到达地表或介质的分界面, 在一定的条件下, 又会激发沿地面或分界面传播的面波。纵波传播的速度最快, 所以爆破地震波波谱图上最先到达的是纵波, 而后才是横波和瑞利波。

纵波与横波的传播速度为:

$$v_p = \sqrt{(n + 4\mu/3)/\rho}, v_s = \sqrt{\mu/\rho}, \quad (1)$$

式中, n 、 μ 、 ρ 分别是介质的压缩模量、切变模量和密度。

纵波与横波的比值:

$$k = v_p/v_s, \text{ 即 } k = \sqrt{(2 - 2\sigma)/(1 - 2\sigma)}, \quad (2)$$

式中, σ 为介质的泊松比, 由于 σ 远小于 1, 所以: k

> 1。即纵波总是比横波提前到达。

2 爆破地震与天然地震的区别

(1) 初始振动向上。由于爆破是膨胀源, 产生的压缩波无方向分布, 而天然地震则是岩石的破裂式错动, 产生的压缩波有方向分布。

(2) 纵波较强。一般说来, 在同一距离上:
 $(A_p/A_s)_{\text{爆破}} > (A_p/A_s)_{\text{地震}}, \quad (3)$
式, A_p 为纵波; A_s 为横波。

(3) 爆破地震衰减较快。爆破的最大记录振幅随距离衰减比天然地震要快, 这是因为爆破发生的地面, 在其传播过程能量损失较大, 衰减快。

(4) 爆破地震高频成分少。爆破由于发生在地面, 浅层对高频成分的吸收很厉害, 在传播一段距离后爆破波形显得很平稳。

(5) 时间规则。爆破地震发生有很好的时间性, 而天然地震发生时刻有很大的随机性。

3 观测建筑物振动的布点原则

3.1 振型的影响

我们知道如果将房屋结构近似地看作一个线性的力学模型, 则系统的动力特性就可由四个主要参数, 即振型质量、自振频率、振型阻尼和振型所确定。由于振型直接关系到结构在振动作用下

马建兴, (1957-), 男, 高级实验师, 014010 内蒙古包头市。

的变形特性,故在选择合理的测点位置时,应该首先考虑振型的影响因素。有 3 种布置原则:为了测定结构的第一振型,至少需要 2 台仪器,分别设在建筑物的底层和最高层;为了测定结构的第二振型,至少需要 3 台仪器,分别设在建筑物的底层、顶层及结构物 30%~40% 的地方;为了测定结构的第三振型,至少需要 4 台仪器,分别设在建筑物的底层、顶层、结构物 30%~40% 的地方以及结构物 70%~80% 的地方。

3.2 耦连振动的影响

一般认为结构对称的建筑物,在振动作用下的侧向水平运动总可分成 3 个互为独立的运动,即沿结构两个主轴方向的侧向水平振动和扭转运动,在测定结构楼板在地震作用下沿其所在平面的振动,应该在楼板上布置 3 个测量水平运动的仪器。

3.3 结构物邻近自由地面上的测量布置

为了便于对测得的结构物反应记录进行分析,需掌握输入到结构基础上的真实地震振动情况。为了能得到真正自由场地振动,这个测点离结构不能太近,这以不要超过 $1/2 \sim 1/3$ 的地震波点,通常以不超过结构体高度的 2 倍处为宜。

4 频谱分析

4.1 记录时间 t 影响

一个实际观测记录的时间 t 确定了频谱分析中的基本周期;也确定了频谱中的分辨率。 t 越大,分辨率越高; t 越短,分辨率就越低。根据测不准原理,在时域上 t 越长,则在频域上的测量精度就越高。

4.2 时间间隔的 t 影响

时间间隔 t 的作用,与奈奎斯特频率有关, t 的确定依赖于信号最高频率 f_{\max} ,根据抽样原理:

$$t = (2f_{\max})^{-1}, \quad (4)$$

一般 t 取最高频率的 3~4 倍即可。

4.3 频谱分析中应注意的问题

(1) 对于一般的谱分析,窗效应总是难免的,不要过分注意选择窗函数的形状上,事实上分析的记录长度对频谱分析来说要比窗函数的形状重要。

(2) 时间间隔 t 应足够小,以防止混叠现象的出现。

(3) 一般说来,谱分析计算均用于做相对比较,这就要求对同一个记录中不同频率成份的

谱值比较,或不同记录的同一频率谱值的比较,这就要求进行各项数据处理,选择参数时都要有相同的出发点,以使相对值准确。

(4) 必须对所计算的频谱中的最高频率、最低频率以及频率分辨率有一个清晰的了解。

5 实测爆破振动波形的频谱分析

5.1 爆破振动的原始波形(见图 1、图 2)

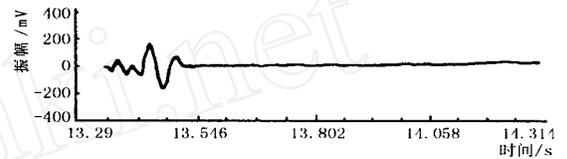


图 1 某建筑物一楼的爆破振动波形

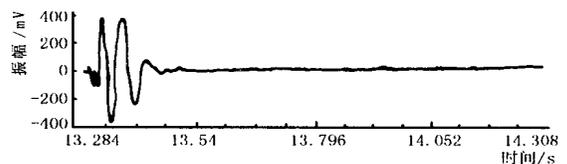


图 2 该建筑物三楼的爆破振动波形

5.2 爆破振动的频谱分析(见图 3、图 4)

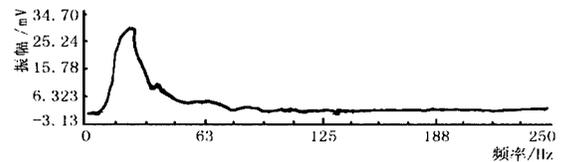


图 3 对应的一楼爆破振动波形的频谱图

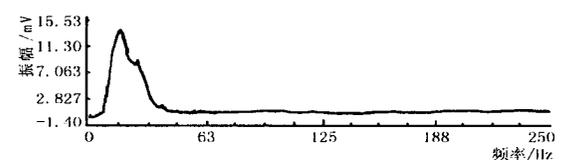


图 4 对应的三楼爆破振动波形的频谱图

从频谱分析及多次振动观测得出:

(1) 建筑物的振动主要频率为 15Hz,而地面振动的频率为 23Hz。

(2) 该次爆破振动的主要能量集中在 9~20Hz 频率段,通过多次的振动观测及动力学分析可知该楼的自振频率也在这一频率范围。这也就是为什么楼上的振动影响比楼下振动影响大的原故。

6 结论

通过频谱分析,就能清楚知道,爆破振动对建筑物的影响,从而能得出建筑物的自振特性、动力放大效应及振型特点的参数。(下转第 29 页)

计算得: $I(1) = 0.03$, $I(7) = 0.03$, $I(13) = 0.25$, $I(16) = 0.125$.

根据上面所计算的数据, 可得各基本事件的结构重要度顺序为:

$I(13) = I(14) = I(15) > I(1) = I(2) = I(3) = I(4) = I(5) = I(6) = I(7) = I(8) = I(9) = I(10) = I(11) = I(12) > I(16) = I(17)$.

2.2 分析结果

(1) 从冒顶片帮事故树图的逻辑门构成比来看, 逻辑或门占 75%, 其事故发生有可能性是比较大的, 即危险性是比较大的。最小割集有 144 组, 事故发生的可能途径就有 144 种, 而最小径集只有 4 组, 因此该事故比较容易发生的并且较难控制。

(2) 根据结构重要度的计算可知, 基本事件 x_{13} , x_{14} , x_{15} 对顶事件发生的影响最大, 基本事件 x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5 , x_6 , x_7 , x_8 , x_9 , x_{10} , x_{11} , x_{12} 的影响次之, 而基本事件 x_{16} , x_{17} 的影响最小。

(3) 由上述分析可知, 此事故发生的原因是由管理的因素、人的因素、物的因素以及其它环境因素中的一种或几种共同作用的结果。就事故本身而言, 每个事故的发生都是偶然的, 但由于管理的失控, 操作者的违章蛮干而造成事故的发生, 却是必然的。由此可见, 只要管理上存在缺陷或混乱, 就会导致人或物的不安全因素存在, 从而引起事故的发生。总而言之, 事故的发生从本质上来说是离不开管理上的制约的。

3 预防措施

从以上分析可知, 影响冒顶峰片帮事故发生的基本事件共有 17 个, 事故发生的可能途径共有 144 种, 故必须采取措施予以预防。

(1) 采取法制措施, 控制人的不安全行为。在思想上: 利用各种机会普及安全知识, 加强安全教育, 增强安全意识, 加强工作责任心。在行动上: 不违章作业, 加强操作技能。另外, 还要掌握必要的自救和互救技能。

(2) 采取安全技术措施, 控制物的不安全状

态。如: 不允许过长时间暴露顶板, 加强支护管理, 在支护方式、支护材料和支护技术上把关, 使支护保持良好的性能, 这些问题得到解决, 则可防止巷道顶板及围岩的冒落。

(3) 在地质条件复杂, 节理、裂隙、断层发育, 矿岩破碎的条件下, 实施光面爆破能有效地减少爆破对顶帮的破坏作用。另外, 还要制定严格的作业实施和验收制度, 以保证工程质量, 从而减少顶帮存在的事故隐患。

(4) 采取安全管理对策, 提高系统整体的安全性。要认真落实“安全第一, 预防为主”的方针, 采取有效措施, 治理和控制事故隐患; 加强安全教育和培训, 提高职工安全素质; 建立健全各种规章制度并严格执行; 加大安全检查和监督力度; 提高安全管理水平, 加强事故发生前的预测预报工作等。

(5) 遵循矿山建设程序, 加强技术管理, 严格按照章行事; 建立矿井灾害预警和应急机制, 预防事故的发生, 保障抢险救灾工作能及时有效地进行。

4 结语

通过对冒顶片帮事故的分析可知, 此事故的发生是多个不安全因素共同作用的结果。应该把降低重要度大的基本原因事件作为工作的重点, 并且还要从安全管理上建立健全安全规章制度来规范操作者的不安全行为。加大监督检查力度, 进一步完善安全设备的可靠性, 制定相应的安全应急计划和措施, 尽可能减少事故造成的损害。

参 考 文 献

- [1] 张景林, 崔国璋. 安全系统工程[J]. 北京: 煤炭工业出版社, 2002.
- [2] 本手册编委会编. 特大安全事故行政责任追究规定实施手册[M]. 北京: 万方数据电子出版社, 2001.
- [3] 刘秀礼, 方祖杰. 金川公司矿山冒顶片帮原因分析与预防对策[J]. 四川有色金属, 1997(1).
- [4] 袁昌明. 金属矿山井下开采主要工艺系统安全评价的研究. 万方数据资源系统——数据库, 2001.

(收稿日期 2004-03-28)

(上接第 21 页)

参 考 文 献

- [1] 张学亮, 黄树棠. 爆破地震效应[M]. 北京: 地震出版社, 1981.

- [2] 孟吉复, 董振华. 爆破震动反应谱的测试与分析[M]. 湖北科技出版社, 1984.
- [3] 霍永基等. 工程爆破文集[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1983.

(收稿日期 2003-12-09)