

爆心距对爆破震动信号频谱的影响分析

毕卫国 田 岗 燕永峰

(山东省土木工程防灾减灾重点实验室(山东科技大学),山东青岛 266590)

【摘 要】 结合临沂某一隧洞工程,利用 matlab 分析软件分析了不同爆心距下的爆破震动信号的频谱变化情况。得出:在爆破中近区,震动信号的主频在垂直方向的分量较水平方向大,随着爆心距的增加地面震动峰值速度的主震方向会由水平方向向垂直方向转化,总体呈衰减趋势,震动主频趋向于低频;在爆破参数和爆区特征类似于本工程的工程爆破现场其中低频震动信号在水平方向上的分量所占能量比例高于垂直分量的能量比例,在距爆源较远的位置也不能忽略爆破震动对建筑结构的影响,尤其是要加强水平方向的抗震设防。

【关键词】 竖井;爆破震动;震动监测;爆心距;频谱分析;小波分析

【中图分类号】 X 45

【文献标识码】 A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2011.06.008

Analysis of the Impact of Distance From Explosive Source on Blasting Vibration Signal Spectrum

Bi Weiguo Tian Gang Yan Yongfeng

(Shandong Provincial Key Laboratory of Civil Engineering Disaster Prevention and Mitigation (SDUST), Qingdao 266510, Shandong China)

【Abstract】 Combined with a Tunnel Engineering in Linyi City, the spectrum changing situation of vibration signal at different distances from explosive source was analyzed through the analysis software MATLAB. It can be obtained that, in the medium and near-field of blasting source, the vertical component of the dominant frequency of vibration signal is larger than that in horizontal direction and the main vibration direction of ground vibration's peak velocity may change from horizontal direction to vertical direction with the increase of the distance from explosive source, and the overall trend decreases with vibration dominant frequency tending to low frequency. In engineering blasting site similar to this engineering in blasting parameters and features of the blasting region, the energy proportion of the horizontal component of vibration signal with low frequency is higher than that of the vertical component, and the impact of blasting vibration on building structures also can not be neglected even at the position far from the blasting source; in particular, seismic fortification in horizontal direction should be enhanced.

【Key words】 shaft; blasting vibration; vibration monitoring; distance from explosive source; spectrum analysis; wavelet analysis

0 引言

爆破技术作为国民经济建设服务的各种工业生产和开挖施工的技术手段之一。目前,在冶金、煤炭、水电、交通和基础设施等国民经济建设领域,爆破技术在矿石开采、岩土工程、建构筑物拆除和材料加工等工程建设和生产领域取得了广泛的应用,为国民经济建设做出了重大贡献。

近年来随着国民经济的迅速发展,国家对基础设施的投入进一步加大,控制爆破震动,保护建筑物免受破坏已成为工程施工中常遇到的问题^[1]。爆破地震效应是由爆破地震波引起的,与天然地震相比,

爆破震动具有震动幅值大、频率高、衰减快和持续时间短等特点,其强度和破坏效应虽远小于天然地震,但若没有严格的降震措施仍会使爆破区邻近地面建(构)筑物及其它设施产生颠簸或摇晃,甚至开裂破坏。因此,加强对爆破地震效应的监测和研究^[2-3],以采取有效技术措施控制爆破震动的强度减小爆破震动的危害是很有必要的。

1 工程概况

1.1 工程概况

本工程为临沂某一隧洞工程,总长约 2 km。为了缩短工期,施工方研究决定在中间部分增加一竖

基金项目:山东省土木工程防灾减灾重点实验室基金

作者简介:毕卫国,1960年生,山东科技大学爆破研究所所长,硕士研究生导师,主要从事爆破理论与应用、防灾减灾与防护工程方面的研究。

井,进行四面开挖,目前竖井已开挖到较为坚硬的砂岩,需要爆破施工,由于工程位于人口较为密集的村庄,为了保证村民的房屋不受损害,对本次爆破震动进行了监测和分析。监测过程中采用 IDTS3850 型号的三维爆破振动测量仪,每个测点布置 3 个传感器,方向分别沿水平径向(测点与爆源之间连线的水平方向)、水平切向(与径向相垂直的水平方向)、垂直方向。

1.2 爆破规模与测点布置

此次爆破采用全断面掘进微差爆破,总装药 21 Kg,用 1、3、7 段雷管起爆,最大一次齐爆药量为 12 Kg,测试点共布置 3 个,分别布置在距离爆破作业水平位置 33.5 m、41.8 m 和 38.3 m 处。竖井处标高 +0.0 m,爆源处标高 -19.1 m,测点 1 标高 +3.2 m,测点 2 标高 +0.4 m,测点 3 标高 -2.3 m。测点布置情况见图 1。

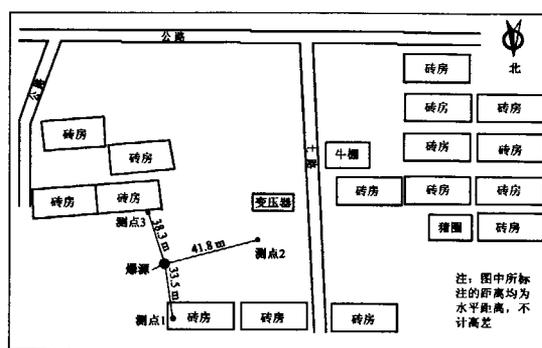


图 1 测点布置示意图

2 数据分析

2.1 爆破震动实测数据

为了更为精确地了解爆破作用对周围建筑的影响,对该竖井的掘进爆破共进行了 3 次监测,每次 3 个测点。即共布置了 9 个测点,其数据见表 1。

表 1 爆破震动参数汇总表

测点编号	爆心距/m	CH-1			CH-2			CH-3		
		$v/(cm \cdot s^{-1})$	主频/Hz	持时/s	$v/(cm \cdot s^{-1})$	主频/Hz	持时/s	$v/(cm \cdot s^{-1})$	主频/Hz	持时/s
1	40.2	0.3653	73.49	3.0050	0.6715	26.61	2.9555	0.6805	26.61	2.9370
2	46.1	0.4775	26.30	2.9355	0.3155	19.35	2.9635	0.3537	22.15	3.0080
3	41.8	0.3380	29.05	3.0365	0.2805	17.33	3.0390	0.3443	29.05	3.0330
4	39.1	0.7857	35.10	2.9790	0.7781	33.03	2.9920	0.7648	33.03	3.0025
5	45.8	0.5536	28.93	3.0315	0.3314	30.88	3.0230	0.3665	30.88	3.0230
6	95.3	0.3446	23.62	2.9915	0.2025	17.97	3.0350	0.2231	17.97	3.0080
7	39.6	0.2303	71.41	2.3690	0.3092	31.62	2.3145	0.3136	31.62	2.3395
8	43.6	0.2832	32.10	2.3680	0.2259	30.64	2.4305	0.2589	30.64	2.4290
9	95.6	0.1009	22.19	2.4095	0.1588	17.35	2.4000	0.1419	17.35	2.3990

注:1)CH1:垂直方向,CH2:水平径向,CH3:水平切向;2)爆心距为监测点到爆源的距离

从表 1 中可以看出,在爆破中近区,随着爆心距的增加地面震动峰值速度的主震方向会由水平方向向垂直方向转化,总体呈衰减趋势;另外,在该区域内的爆破震动信号的主频在垂直方向的分量较水平方向要大,震动主频有向低频发展的趋势。

2.2 频谱分析^[4]

文中在利用小波分析对采集(测点 1、2、3)的爆

破震动信号进行多分辨分析时^[5],选择 db8 作为小波基函数,对各测点爆破震动信号进行尺度为 6 的小波分解和重构,则在分解后的 7 个频带(各个频带见表 2)上的信号仍是速度关于时间变化的信号,再通过快速傅立叶变换转化为功率谱密度关于频率变化的信号,求出各频带的主频及能量比例。爆破地震响应信号小波分析后的各频谱参数见表 2。

表 2 各质点爆破地震响应信号小波分析后的各频谱参数

频 带	测点 1								
	CH-1			CH-2			CH-3		
	主频/Hz	能量比例/%	震幅/($m \cdot s^{-1}$)	主频/Hz	能量比例/%	震幅/($m \cdot s^{-1}$)	主频/Hz	能量比例/%	震幅/($m \cdot s^{-1}$)
0~15.625	0	0.163	0.0001	0	2.718	0.0004	0	3.815	0.0004
15.625~31.25	21.48	3.677	0.0006	23.44	27.91	0.0026	21.48	27.28	0.0026
31.25~62.5	41.02	36.64	0.0028	44.92	45.1	0.0050	41.02	45.01	0.0049
62.5~125	78.13	51.21	0.005	74.22	22.71	0.0026	111.3	22.02	0.0026
125~250	222.7	7.752	0.0013	222.7	1.513	0.0008	222.7	1.807	0.0008
250~500	277.3	0.531	0.0003	277.3	0.039	0.0001	277.3	0.055	0.0001
500~1000	574.2	0.026	0.0001	574.2	0.013	0.0001	574.2	0.016	0.0001

续表

频 带	测点 2								
	CH-1			CH-2			CH-3		
	主频/ Hz	能量比例/ %	震幅/ ($m \cdot s^{-1}$)	主频/ Hz	能量比例/ %	震幅/ ($m \cdot s^{-1}$)	主频/ Hz	能量比例/ %	震幅/ ($m \cdot s^{-1}$)
0~15.625	0	2.027	0.0003	0	17.72	0.0004	0	22.32	0.0004
15.625~31.25	23.44	2.284	0.0005	31.25	10.7	0.0009	31.25	5.789	0.0007
31.25~62.5	39.06	8.513	0.0012	62.5	7.923	0.0007	62.5	6.557	0.0007
62.5~125	78.13	54.86	0.0043	125	38.49	0.0017	125	41.75	0.0023
125~250	140.6	32.04	0.0032	250	22.01	0.002	250	21.5	0.0021
250~500	324.2	0.26	0.0002	500	3.108	0.0005	500	2.041	0.0006
500~1000	617.2	0.019	0.0001	1000	0.05	0.0001	1000	0.046	0.0001

频 带	测点 3								
	CH-1			CH-2			CH-3		
	主频/ Hz	能量比例/ %	震幅/ ($m \cdot s^{-1}$)	主频/ Hz	能量比例/ %	震幅/ ($m \cdot s^{-1}$)	主频/ Hz	能量比例/ %	震幅/ ($m \cdot s^{-1}$)
0~15.625	0	1.641	0.0002	0	10.64	0.0003	0	6.483	0.0004
15.625~31.25	24.84	47.98	0.0020	25.39	23.71	0.001	29.3	33.41	0.0015
31.25~62.5	35.23	17.47	0.0011	37.11	33.13	0.001	41.02	30.54	0.001
62.5~125	96.52	25.2	0.003	95.7	23.06	0.0015	95.7	19.68	0.0016
125~250	152.2	7.229	0.001	154.3	7.309	0.0006	191.4	7.615	0.0006
250~500	287.9	0.469	0.0004	287.1	2.059	0.0004	287.1	2.176	0.0005
500~1000	542.7	0.017	0.0001	543	0.095	0.0001	570.3	0.107	0.0001

经分析,该爆破地面质点震动信号的能量主要集中在中低频波段(20~150 Hz)。同时,随着爆心距的增加,信号低频频带(0~15.625 Hz)的能量比例呈现放大趋势^[6]。也就是说,随着爆破传播距离的增加,接近建筑物自振频率的震动信号所占的能量比例有上升趋势;另外,中低频震动信号在水平方向上的分量所占能量比例高于垂直分量的能量比例^[7]。所以在距爆源较远的位置也不能忽略爆破震动对建筑结构的影响,尤其是要加强水平方向的抗震设防。

3 结 论

1)在爆破中近区,随着爆心距的增加地面震动峰值速度的主震方向会由水平方向向垂直方向转化,总体呈衰减趋势。

2)在爆破中近区,爆破震动信号的主频在垂直方向的分量较水平方向要大,震动主频随爆心距的增大向低频发展的趋势。

3)在爆破参数和爆区特征类似于本工程的施工现场其中低频震动信号在水平方向上的分量所占能量比例高于垂直分量的能量比例。

4)在距爆源较远的位置也不能忽略爆破震动对建筑结构的影响,尤其是要加强水平方向的抗震设防。

参 考 文 献

- [1] 李玉民,倪芝芳. 地下工程开挖爆破的地面振动特征[J]. 岩石力学与工程学报,1997,16(3):274-278.
- [2] 王新建. 爆破振动公害及其控制研究[J]. 公安大学学报,2002(3):76-79.
- [3] 李彬峰. 爆破地震效应及其控制措施分析[J]. 爆破,2003,20(2):83-85.
- [4] 张 奇,白春华,刘庆明. 保证地震波频谱特性研究[J]. 北京理工大学学报,1999(6):306-308.
- [5] 宋光明. 基于小波包分析的爆破振动危害评价初探[J]. 安全与环境学报,2002(8):23-27.
- [6] 程 康,徐学勇. 爆破振动频率对振动效应影响的试验研究[J]. 爆破,2003,20(3):79-81.
- [7] 杨桂桐. 岩体的动力特性及震动波在岩体中的传播[J]. 金属矿山,1992,(6):33-38.

收稿日期:2011-09-21