

文章编号: 1002-0268 (2008) 08-0047-05

水泥混凝土路面 MHB 法碎石化 环境影响分析与评价

阎宗岭¹, 高艳龙², 冯学钢²

(1. 重庆交通科研设计院, 重庆 400067; 2. 四川省交通厅公路水运质量监督站, 四川 成都 610041)

摘要: 为了掌握既有水泥混凝土路面 MHB 法碎石化改造时对周围环境的振动特点与影响范围, 采用高精度震动测试仪对水泥混凝土路面 MHB 法碎石化时的施工振动特点、影响范围等进行了现场施工监测。对试验段现场振动测试的振动加速度时程曲线、加速度衰减特性曲线和加速度峰值随振中距衰减曲线的变化进行了对比、分析。表明采用 MHB 法对旧混凝土路面碎石化施工时所产生的机械振动加速度衰减速度很快, 且具有冲击和瞬态振动的特点, 对以填方为主在路堤边坡和挖方路堑边坡的安全影响范围与岩土体性质密切相关。通过试验建立了填方路基和挖方边坡的水平加速度和垂直加速度与 MHB 法碎石化振中距间的负指数和对数关系式, 确定了混凝土路面 MHB 法碎石化振动对填方路基下边坡和挖方路堑上边坡上建筑物影响范围和最小安全距离, 分别为 5.5 m 和 25 m。

关键词: 道路工程; 混凝土路面碎石化; 振动监测; MHB; 环境振动影响

中图分类号: U418.6⁺7

文献标识码: A

Analysis of Influence of Cement Pavement Rubblizing by MHB on Ambient Environment

YAN Zong-ling¹, GAO Yan-long², FENG Xue-gang²

(1. Chongqing Communications Research & Design Institute, Chongqing 400067, China;

2. Highway and Water Transport Quality Supervision Station, Sichuan Provincial

Communications Department, Chengdu Sichuan 610041, China)

Abstract: In order to analyze the characteristics and influence area of vibration during rubblization of old cement pavement by Multiple Head Breaker (MHB), the acceleration course, typical attenuation curve of vibrational acceleration and attenuation curve of accelerational peak value along with attenuation distance were compared and analyzed on the basis of vibration data acquired using seismograph. It is shown that (1) the vibrational acceleration attenuates fast and takes on some traits of concussion and instantaneous vibration; (2) the safe influence area of MHB is associated with characteristic of slope soil. The relationship between vibrancy distance and vertical/horizontal vibration acceleration such as negative exponential and logarithm were established. The influence area and safe distance of fill slop and cut slop are 5.5 m and 25 m respectively.

Key words: road engineering; rubblization of cement pavement; vibration observation; MHB; environmental impact of vibration

0 引言

MHB (Multiple Head Breaker, 多锤头破碎) 是一

种新型的具有高冲击能量的路面破碎机械, 是美国近几年出现的方法^[1-4]。该设备通过多个锤头垂直下落的冲击作用使旧混凝土面板破碎, 破碎作用点分布均

收稿日期: 2007-05-14

基金项目: 重庆市科技攻关项目 (CSCT2008AC6047)

作者简介: 阎宗岭 (1976-), 男, 河南郑州人, 副研究员, 博士, 研究方向为道路工程. (yanzongling@yahoo.com.cn)

匀且密集,对路面的破碎一次完成。MHB型破碎机具所携带的重锤质量达400~800 kg,分两排成对装配在整台机械的尾部。重锤下落时可产生高达10 kJ的冲击能。在把旧水泥混凝土板快速打裂的同时,将破裂板块稳固到旧基层或土基上,为加铺层提供均匀稳定的支承体系,目前这种新型混凝土路面破碎已引进到国内^[5-7]。在MHB碎石化施工过程中,高能级的瞬间锤击能量的释放不仅向地层深度方向传播,而且其振动能量也沿地面向远处传播,其强大的冲击能量必然会影响到公路两侧的边坡和构造物,对周围环境造成一定的地震效应。但对这类冲击破碎影响范围,有无破坏作用等,目前尚缺乏相应研究^[8,9]。因此,对MHB法碎石化振动监测应用主要是监测路面破碎时路基边坡振动随距离的衰减特征,对周围环境影响进行评价,为MHB施工提供合理的设计参数。

1 振动监测与分析方法

MHB法碎石化振动对周围环境的影响主要以地面振动为主,以锤击点为中心,能量向远处传播并衰

减,因此,振动监测点的布置由近到远沿直线排列。监测时,在距锤击点不同距离的地面上布置加速度计,采用测振仪记录地表处加速度时程曲线,通过分析曲线,得出路面破碎产生振动的振动规律。

振动监测仪器采用多通道工程测振仪,同时记录不同距离处监测点的数据。测试资料处理采用加速度和频谱分析法,室内调用数据,回放实测曲线,确定每个测点的加速度峰值,选取特定时间段对每道数据进行频谱分析,确定MHB锤击的主频。依据峰值加速度进行地震烈度评价,绘制振动加速度峰值 a_{\max} 与距路面边缘(振中距)距离 R 的关系曲线,对MHB法路面破碎的效应随距离的衰减进行评价。

振动监测对以填方和堆积体为主的下边坡和挖方为主的上边坡共进行了两个断面监测。每隔7 m布置一个测点,每个测点分别设测试竖直方向和水平方向的加速度传感器各一个,如图1~图3所示。采用瑞士Kistler公司的DEWETRON 2010型多通道振动测试、分析处理系统,加速度计的频响范围为0~250 Hz,灵敏度为8.83 g/v。

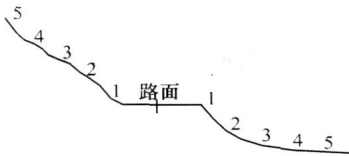


图1 试验路段横断面图

Fig 1 Transsect of test road

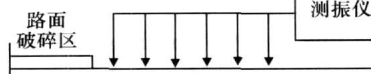


图2 路面破碎振动测试布置图

Fig 2 Collocation of vibration test

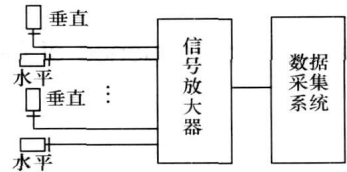


图3 振动效应测试系统框图

Fig 3 Vibration test system

2 振动监测结果与分析

2.1 以填方为主下边坡

下边坡振动加速度时程曲线如图4所示,随

MHB破碎机向测试断面行近,振动加速度峰值也逐渐增大;在MHB破碎机驶过监测断面后,动加速度峰值也逐渐降低,MHB破碎机处于观测断面时各测点加速度峰值见表1。

表1 下边坡振动监测结果

Tab. 1 Vibration measurement data of fill slope

| 振中距 R/m | 1 | | 7 | | 14 | | 21 | | 28 | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 竖直 | 水平 | 竖直 | 水平 | 竖直 | 水平 | 竖直 | 水平 | 竖直 | 水平 |
| 加速度峰值 a_{\max} ($m \cdot s^{-2}$) | 2.586 | 1.898 | 0.493 | 0.344 | 0.283 | 0.381 | 0.117 | 0.143 | 0.129 | 0.084 |

振动随多锤头破碎机向监测断面推进而逐渐增强,如图4、图5所示。多锤头破碎机以一定速度进行路面破碎时,对路面、路肩和周围环境都有影响。加速度时程曲线表明,单次冲击的振动衰减都很快。从图5可见,在下次冲击发生之前,早已衰减为零,衰减周期约为0.08~0.16 s,而冲击周期约为0.4~0.7 s。由此可以认为振动和响应具有瞬态振动的特点。

总体上,相同测点垂直向的振动略大于水平向的。距振源越近,差别越大;随着距振源距离的增大,由于振动衰减的因素,差别逐步缩小。

2.2 以挖方为主上边坡

上边坡振动监测加速度时程曲线如图6所示,随MHB破碎机向测试断面行近,振动加速度峰值略有增大,但变化不大,MHB破碎机处于观测断面时各测点加速度峰值见表2。

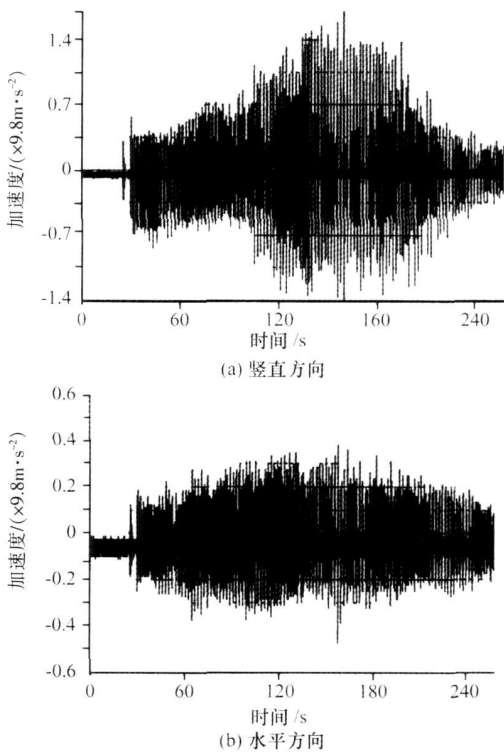


图 4 下边坡 2[#]测点加速度时程曲线

Fig 4 A acceleration-time curve of test point 2 of fill slope

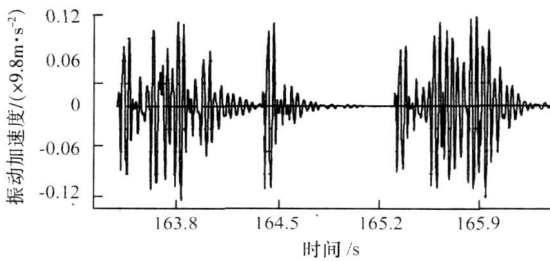


图 5 下边坡典型振动加速度衰减特性曲线

Fig 5 Typical vibrational acceleration attenuation curve of fill slope

振动随多锤头破碎机向监测断面推进而有所增强, 上边坡与下边坡相比, 下边坡更为明显。对图 7 进行振动频谱分析, 可以确定振动主频率为 20~50 Hz。

表 2 上边坡振动监测结果

Tab 2 Vibration measurement data of cut slope

| 振中距 L_m | 1 | | 7 | | 14 | | 21 | | 28 | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| | 竖直 | 水平 | 竖直 | 水平 | 竖直 | 水平 | 竖直 | 水平 | 竖直 | 水平 |
| 加速度峰值/($m \cdot s^{-2}$) | 8.829 | 8.549 | 3.566 | 3.279 | 2.031 | 2.57 | 1.42 | 1.655 | 0.706 | 0.276 |

3 岩土体性质对振动衰减影响

以测点距振动中心点距离 (近似为距路面边缘距离) 为横坐标, 以振动加速度峰值为纵坐标, 绘制加

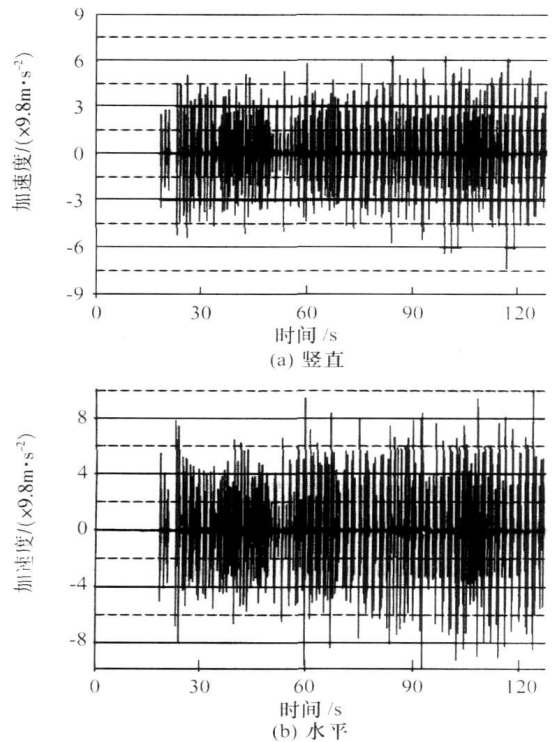


图 6 上边坡 3[#]测点振动加速度时程曲线

Fig 6 Acceleration-time curve of test point 3 of cut slope

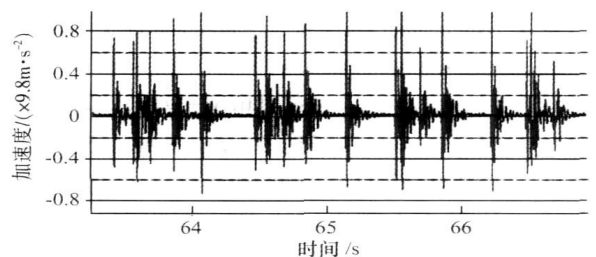


图 7 上边坡典型振动加速度衰减特性曲线

Fig 7 Typical vibrational acceleration attenuation curve of cut slope

速度峰值与振中距关系曲线, 见图 8、图 9。

对图 8 中衰减曲线进行最小二乘法拟合, 则可得填方下边坡振动加速度峰值随振中距衰减关系式:

竖直方向: $a_{max} = 2.7416R^{-0.956}$, (1)

$$\text{水平方向: } a_{\max} = 2.0314R^{-0.8536}, \quad (2)$$

式中, a_{\max} 为加速度峰值; R 为振中距。

同样, 从图 9 可得到挖方上边坡振动加速度峰值随振中距衰减按拟合计算公式:

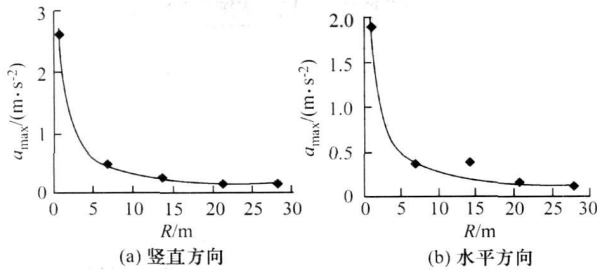


图 8 下边坡加速度峰值随振中距衰减曲线

Fig 8 Attenuation curve of accelerational peak value along with attenuation distance of fill slope

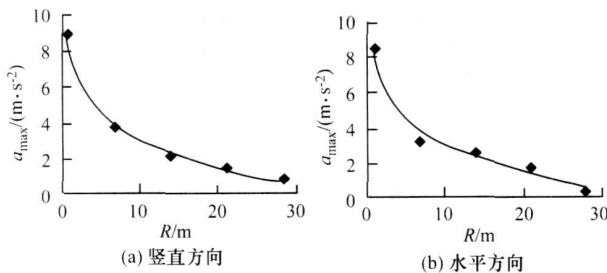


图 9 上边坡振动加速度峰值随振中距衰减曲线

Fig 9 Attenuation curve of accelerational peak value along with attenuation distance of cut slope

$$\text{竖直方向: } a_{\max} = -2.4411 \ln R + 9.6622, \quad (3)$$

$$\text{水平方向: } a_{\max} = -2.3503 \ln R + 8.4205. \quad (4)$$

可见, 无论振动加速度峰值是按负指数还是对数关系衰减, 其影响主要在锤击破碎点附近处。对试验段地质情况及填料调查分析可知, 试验段属于半填半挖路基, 且下边坡为堆积较松散土体, 上边坡为挖方, 二者岩土体性质差异造成振动衰减也不尽相同。两个观测断面的加速度衰减程度随岩土体情况的不同而不同, 衰减曲线的差别是因为波在不同介质中以不同的速度传播。在岩土体介质中, 由波源向外辐射的波, 除了几何阻尼衰减之外, 还存在着由于土体对波的能量吸收而引起的土体阻尼衰减。几何阻尼衰减在近源处起主导作用, 远处则以土介质能量吸收衰减为主, 而且土体越松散, 波衰减越快, 这对于揭示地衰减规律和确定 MHB 锤击影响范围是很有意义的。

4 振动影响分析与评价

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2001)^[11] 和公路工程抗震设计规范 (JTJ004-89)^[12] 中我国主要城

镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组, 试验路段所处区域抗震设防烈度为 VII 度, 设计基本地震加速度为 $0.1g$ (1 m/s^2)。

按照 GB/T 17742-1999 关于中国地震烈度表划分^[13], 试验段混凝土路面 MHB 碎石化施工振动加速度峰值 a_{\max} 与地震烈度影响等级划分见表 3。

表 3 边坡振动加速度与地震烈度对照表

Tab 3 Comparison between vibrational acceleration of slope and earthquake intensity

| 振中距 R/m | 下边坡 | | 上边坡 | |
|--------------|--|----------|--|----------|
| | 竖直 $a_{\max}/$ (m^2s^{-2}) | 地震 烈度 | 水平 $a_{\max}/$ (m^2s^{-2}) | 地震 烈度 |
| 1 | 2.586 | VIII | 1.898 | VIII |
| 7 | 0.493 | VI | 0.344 | V |
| 14 | 0.283 | V | 0.381 | V |
| 21 | 0.117 | < V | 0.143 | < V |
| 28 | 0.129 | < V | 0.084 | < V |

若以加速度小于 1 m/s^2 , 作为安全的评价指标, 采用相应的拟合公式可以得出: 路面破碎施工对上边坡的挖方边坡 25 m 之外结构不构成有害影响, 而对下边坡的堆积体 (填方) 边坡 5.5 m 之外结构不构成有害影响。以 VII 度设防烈度来划分时, MHB 碎石化施工振动影响范围与地震对建筑物影响范围相一致。

5 结语

(1) MHB 法碎石化施工时, 路基边坡振动加速度传播与路基边坡岩土体的类型密切相关, 地基越密实, 振动波衰减越慢。

(2) 边坡加速度峰值 a_{\max} 与振中距 R 有很好的线性关系, 根据边坡地质条件不同, 填方边坡和挖方边坡振动加速度与衰减距离分别呈负指数和对数关系。

(3) 混凝土路面 MHB 碎石化施工对上边坡的挖方边坡 25 m 之外结构不构成有害影响, 而对下边坡的堆积体 (填方) 边坡 5.5 m 之外结构不构成有害影响。

(4) 采用最大峰值加速度的垂直向分量或水平向分量来评价 MHB 法碎石化振动影响是一个很好的指标, 可以由最大峰值加速度随距离衰减曲线来确定混凝土路面碎石化振动的影响范围。

参考文献:

References

[1] THOMPSON M. Hot-mix Asphalt Overlay Design Concepts for Rubblized Portland Cement Concrete Pavements [J]. Transpo-

- itation Research Record, 1999, 1 684: 147—155.
- [2] BEMANIAN S, SEBAALY P. Cost-effective Rehabilitation of Portland Cement Concrete Pavement in Nevada [R] . Transportation Research Record, 1999, 1 684: 156—164.
- [3] KSAIBATI K, MILEY W, ARMAGHANI J. Rubblization of Concrete Pavements [R] . Transportation Research Record 1999, 1 684: 165—171.
- [4] Galal K A, Coree B J, Haddock E, *et al.* Structural Adequacy of Rubblized Portland Cement Concrete Pavement [R] . Transportation Research Record, 1999, 1 684: 172—177.
- [5] 李昶, 张玉宏, 张建. 冲击压实与 MHB 类设备对水泥混凝土路面破碎效果的对比 [J] . 公路交通科技, 2004, 21 (11): 17—19.
- LI Chang, ZHANG Yu-hong, ZHANG Jian. Comparison of Landpac and MHB Used for Breaking of Cement Pavement [J] . Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2004, 21 (11): 17—19.
- [6] 侯利国, 洪秀敏, 马建青, 等. 碎石化技术在旧水泥路面改造加铺沥青路面中的应用 [J] . 中外公路, 2005, 25 (5): 41—44.
- HOU Li-guo, HONG Xiu-min, MA Jian-qing, *et al.* Application of Rubblization of Old PCC for Asphalt Overlay [J] . China and Foreign Countries Highway, 2005, 25 (5): 41—44.
- [7] 王松根, 张玉宏, 曹茂坤, 等. 水泥混凝土路面碎石化改造技术应用与探讨 [J] . 华东公路, 2004 (3): 7—9.
- WANG Song-gen, ZHANG Yu-hong, CAO Mao-kun, *et al.* Application and Discussion of Rubblizing Cement Pavement [J] . East China Highway, 2004, (3): 7—9.
- [8] 闫宝杰, 陈荣生. 城市水泥混凝土路面改造工破裂稳固技术的应用 [J] . 公路交通科技, 2005, 22 (12): 20—34.
- YAN Bao-jie, CHEN Rong-sheng. Application of Breaking and Stabilizing Technology in Concrete Pavement Reconstruction in Urban Area [J] . Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22 (12): 20—34.
- [9] 熊帆, 黄晓明, 贾栋, 等. 碎石化技术在水泥混凝土老路改建中的应用 [J] . 交通科技, 2004 (6): 52—54.
- XIONG Fan, HUANG Xiao-ming, JIA Dong, *et al.* Rubblization of Old PCC Slabs [J] . Transportation Science & Technology, 2004 (6): 52—54.
- [10] 张玉宏, 王松根, 李昶. 国外水泥混凝土路面碎石化技术简介 [J] . 公路, 2003 (9): 94—97.
- ZHANG Yu-hong, WANG Song-gen, LI Chang. Introduction of Foreign Technics for Crushing Cement Concrete Pavement [J] . Highway, 2003 (9): 94—97.
- [11] GB50011-2001 建筑抗震设计规范 [S] .
- GB50011-2001, Code for Seismic Design of Buildings [S] .
- [12] JTJ004-89, 公路工程抗震设计规范 [S] .
- JTJ004-89, Code for Seismic Design of Highway Engineering [S] .
- [13] GB/T17742-1999, 中国地震烈度表 [S] .
- GB/T17742-1999 Earthquake Intensity Table of China [S] .

(上接第 25 页)

- ZHANG Hu-zhu, CHENG Pei-feng, SHAO Hong-jie, *et al.* Test Research on Temperature Shrinkage Performance of Cement and Cinder Stabilized Coal Gangue Base Course Materials [J] . Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24 (11): 29—32.
- [3] AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures [S] .
- [4] SAMANG L. Settlement of Soft Cohesive Deposit Induced by Cyclic Loading [D] . Saga: Saga University, 1997.
- [5] LI D, SELIG ET. Cumulative Plastic Deformation for Fine-Grained Subgrade Soils [J] . Journal of Geotechnical Engineering, 1996, 122 (12): 1 006—1 013.
- [6] CHAI J C, MIURA N. Traffic-load-induced Permanent Deformation of Road on Soft Subsoil [J] . Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 2002, 128 (11): 907—915.
- [7] LAV A H, LAV M A. Microstructure Development of Stabilized Fly Ash as Pavement Base Material [J] . Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE, 2000, 12 (2): 157—163.
- [8] JOSHI R C, MALHOTRA V M. Relationship Between Pozzolanic Activity and Chemical and Physical Activity of Selected Canadian Fly Ashes [J] . Materials Research Society Symposia Proceedings, 1997 (86): 91—97.
- [9] SHIRAZI H. Field and Laboratory Evaluation of the Use of Lime Fly Ash to Replace Soil Cement as a Base Course [J] . Transportation Research Record, 1999, 1 652: 270—275.
- [10] JTJ073.2-2001, 公路沥青路面养护技术规范 [S] .
- JTJ073.2-2001, Technical Specifications for Maintenance of Highway Asphalt Pavement [S] .