

文章编号:1671-8879(2008)06-0092-04

仿冲击振动压实装置稳定工作条件

刘晓婷,冯忠绪,马军星

(长安大学 道路施工技术与装备教育部重点实验室,陕西 西安 710064)

摘 要:利用自主设计的仿冲击振动压实装置,进行了大量的对比性试验,选取了 3 种振幅、5 种频率分析压实装置的工作状态,给出了不同振幅、频率下垂直激振力随时间的变化曲线。试验结果及理论分析表明:压实过程中,该装置在垂直及水平方向均有冲击作用,大部分工况有跳振现象,但机器工作稳定,压实均匀性及平整度良好;仿冲击振动压实轮不发生跳振的条件是最大激振力 F_0 与压实轮重力 G 的比值不大于 1.3,有跳振但保持稳定工作的条件是 $1.3 < F_0/G < 7.5$;从既保证工作稳定,又不影响压实效果的角度考虑,压实装置可取较小的激振频率和较大的振幅。

关键词:筑路机械;仿冲击振动;振动频率;振幅;稳定工作条件

中图分类号:U415.521

文献标志码:A

Stable working condition of impact-like vibratory roller

LIU Xiao-ting, FENG Zhong-xu, MA Jun-xing

(Key Laboratory for Highway Construction Technology and Equipment of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: This paper carries out a lot of contrasting experiments by use of impact-like vibratory roller designed by authors, and discusses the state of work and gives the variable curves of the strength of vibration along with the time by selecting the values of 3 kinds of amplitude and 5 kinds of vibratory frequency. The results show that the roller has the impact effect in the vertical and horizontal directions, and has jump vibration in many cases, but the roller works stably and the effect of compaction is well. When the ratio of the largest strength of vibration F_0 to weight G is less than 1.3, the roller will not jump. The condition of stable work with jump vibration is that the ratio is between 1.3 and 7.5. This roller can have smaller frequency and larger amplitude, so it can make sure that the work is stable and cannot affect compaction quality. 1 tab, 10 figs, 6 refs.

Key words: road machinery; impact-like vibration; vibratory frequency; amplitude; stable working condition

0 引言

仿冲击振动压实机是自主研制的能产生不同振

动能量和冲击能量的压实装置,采用特殊结构的滚轮,综合了冲击压实影响深度大及普通振动压实表面质量高的特点。试验表明,该装置在垂直及水平

收稿日期:2007-12-15

基金项目:国家 863 计划重大项目(2001AA422012)

作者简介:刘晓婷(1962-),女,山西神池人,教授,工学博士,E-mail:xtlingliu@chd.edu.cn。

方向均有冲击作用,能产生冲击压实效应,且当压实遍数增多,土壤刚度增加时,大部分工况在压实过程中有跳振现象。试验结果显示,机器工作稳定,压实均匀性及平整度良好^[1],说明在本文试验条件下,该压实装置始终在稳定的条件下工作。本文以仿冲击振动压实试验为背景,通过对频率与振幅两个重要参数的选取及匹配,探讨仿冲击振动压实机的稳定工作条件,以便合理使用机器,保证压实效果。

1 试验研究

1.1 试验方案

试验在长安大学工程机械学院动力学实验室的大型土槽(长 110 m,宽 7.8 m,深 2.7 m)内进行,试验土壤虚铺层厚度为 35 cm。仿冲击振动压实样机的总质量为 249 kg,滚轮的振动频率为 9~23 Hz,振幅为 2~6 mm,滚轮行进速度为 0.6~1.5 km/h。振动频率的改变借助于变频器,振幅的改变靠试验装置内的特殊机构的调整来实现。试验工况取 21 种,每一工况是静压 2 遍,然后依次对应压实 2、4、6、8、12 遍,测量压实度和沉降量数据。各工况试验参数见表 1(振幅 $A_3 > A_1 > A_2$)。

表 1 试验工况对应参数

参数	试验工况									
	1~5	6~10	11~15	16	17	18	19	20	21	
振幅/mm	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁						
频率/Hz	9.00~23.00			16.00			12.32		14.80	
行进速度/ (km·h ⁻¹)	1.5			0.6~1.8						

为了分析压实机在压实过程中,自身的动态性能和对土壤的作用情况,试验中分别有针对性地采集了加速度信号和土壤应力信号。数据采集系统见图 1,传感器安装位置见图 2。

1.2 试验结果

某工况仿冲击振动压实的加速度信号如图 3 所示;1#~4# 测点的压力响应信号如图 4(见下页)所示。

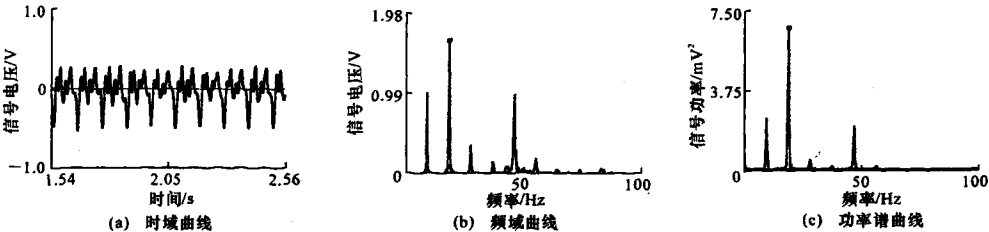


图 3 时域、频域及功率谱曲线(工况 3,压实 6 遍)

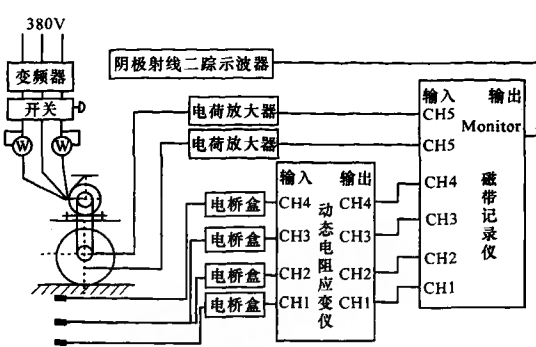
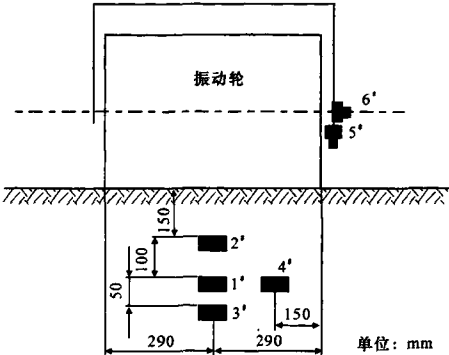


图 1 试验数据采集系统



注:1#,2#,...6# 为传感器测点;压力盒在试验段长度的 2.5 m 处(试验段总长 5 m)

图 2 传感器安装位置

1.3 试验分析

由图 3、图 4 试验结果得知,仿冲击压实信号的能量范围比较宽广,且主频是激振频率的整数倍,样机产生了明显的冲击效果。为进一步说明此冲击压实效果,选取某工况原始数据进行非抽样小波变换^[2],分解到尺度 4,所得结果如图 5(见下页)所示。

对所有工况的时域、频域及功率谱曲线分析得出:除激振频率 f 为 9.6 Hz 的工况外,其余工况均出现了 $f/2$ 、 $3f/2$ 等谐波成分^[3],说明在压实过程中有跳振现象。绝大多数工况主频仍为工作频率,且信号幅值变化平稳,说明压实机工作状态稳定。

目前,中国为提高压实质量和压实效果开展了

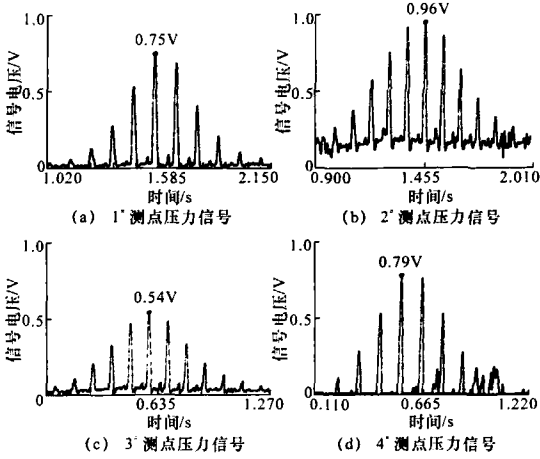


图4 1#~4#测点的压力响应信号(工况3,压实6遍)

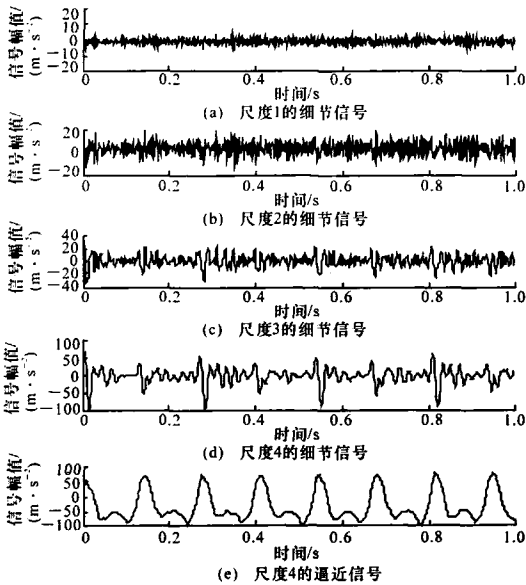


图5 小波 Daubechies 4 分析结果

许多研究工作,包括冲击与振动相结合的压实技术和装置的试验研究^[4],但大部分文献对压实机跳振现象的分析主要针对其弊端和危害。本文试验结果表明,尽管某些工况振动轮发生跳振现象,但此时压实机工作稳定,压实效果很好,土壤表面也未被破坏。跳振是一种非线性分岔现象,而分岔是产生混沌振动^[5]的途径之一,如果能很好地利用这一特性,将对提高压实效果产生积极的影响^[6]。

2 稳定工作条件

2.1 稳定工作定义

本文对压实机稳定工作的定义为:压实机在给定的频率、振幅条件下,工作和行驶稳定性好,总体

信号变化平稳,压实效果良好。

2.2 影响稳定工作的因素

影响仿冲击振动压实装置稳定工作的因素很多,也很复杂,振幅、频率和压实机的结构、质量等参数以及土壤刚度对仿冲击振动都有很大的影响。到目前为止,土壤刚度仅仅是凭经验或类比确定,还没有找到一种较为合理和准确的方法来测量或计算压实机工作过程中的土壤刚度。本文主要探讨振幅、频率这两个参数及其匹配对仿冲击振动压实机工作稳定性的影响。

2.3 影响因素试验分析

理论分析可知,随着振幅和频率的增大,激振力会增大,尽管激振力不是影响压实性能的决定性因素,但其控制着压实轮的振动强度。如果激振力远大于压实轮质量产生的重力时,就可能产生跳振。本文选取了3种振幅、5种工作频率进行试验分析,给出3种振幅(A_1 、 A_2 、 A_3)、5种工作频率($f_1 < f_2 < f_3 < f_4 < f_5$)下垂直方向的激振力随时间的变化曲线,如图6~图8所示(G 为压实轮重力)。图9(见下页)为频率取9.6 Hz、振幅为 $A_1 \sim A_3$ 时的激振力随时间的变化曲线。

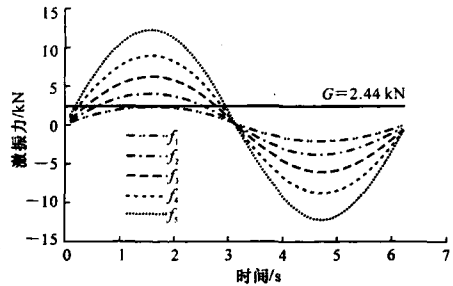


图6 激振力随时间的变化规律(振幅 A_1)

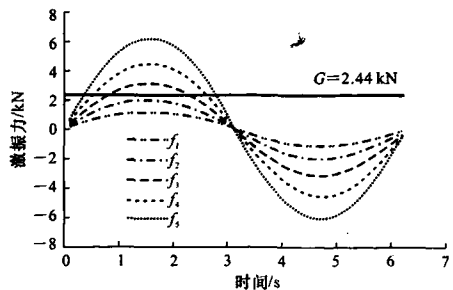


图7 激振力随时间的变化规律(振幅 A_2)

由试验结果可知,有4种工况未发生跳振现象,即图9的3种振幅工况及图6中频率为 f_2 工况,而其他工况均有跳振。可以看出,大部分工况最大激振力值大于压实轮重力值,所以可以通过最大激振力

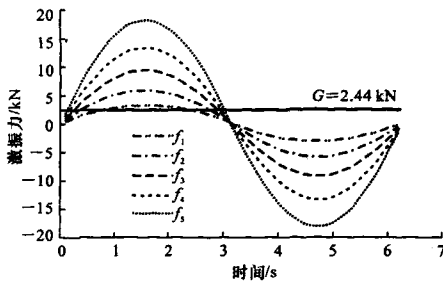
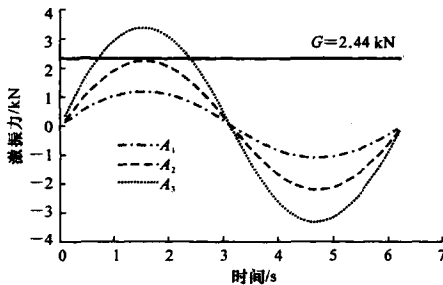
图8 激振力随时间的变化规律(振幅 A_3)

图9 激振力随时间的变化规律(激振频率 9.6 Hz)

与压实轮重力 G 的比值来判断压实轮是否跳起,进而确定压实机的稳定工作条件。

根据上述试验结果,由激振力 F_0 和压实轮重力 $G = 2.44 \text{ kN}$ 计算出未发生跳振的4种工况, F_0 与 G 的比值为 $0.49 \sim 1.3$; 有跳振但机器工作稳定的工况其 F_0 与 G 的比值为 $1.3 \sim 7.5$ 。由此可以得出,本文仿冲击振动压实轮不发生跳振的条件是 $F_0/G \leq 1.3$ 。发生跳振但是保持稳定工作的条件是 $1.3 < F_0/G < 7.5$ 。

设 φ 为压实轮偏心块与水平方向的夹角, φ_0 为压实轮起跳临界角, φ_a 为压实轮落地时的抛离角, $F_0/G = D$ 为振动系数。假设 $D > 1.3$ 时,压实轮将跳离地面,此时 F_0 的垂直分力 $F_0 \sin(\varphi_0) = 1.3G$, 即 $\varphi_0 = \arcsin(\frac{1.3G}{F_0})$ 。当 $0 \leq \varphi \leq \varphi_a$ 时,压实轮在空中的位移曲线如图10所示。随着 D 值的增大,跳起高度也随之增加, φ_a 也在增大。 D 值不同,压实轮在空中的位移路程也不尽相同。

3 结 语

(1) 影响仿冲击振动压实装置稳定工作的因素很多,也很复杂,除了振幅、频率以及压实机的结构、质量等参数外,土壤刚度对仿冲击振动也有很大的影响。但到目前为止,还没有找到一种较为合理和准确的方法,用来测量或计算压实机工作过程中的土壤刚度。

(2) 试验结果及理论分析得出,仿冲击振动压

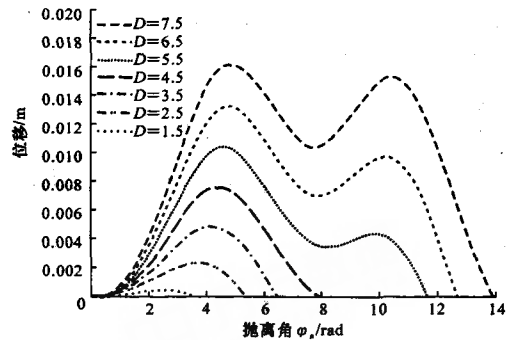


图10 压实轮跳起路程

实轮不发生跳振的条件是最大激振力 F_0 与压实轮重力 G 的比值 $F_0/G \leq 1.3$, 有跳振但保持稳定工作的条件是 $1.3 < F_0/G < 7.5$ 。

(3) 从稳定工作的角度考虑,压实装置可取较小的激振频率,振幅可在 $2 \sim 6 \text{ mm}$ 范围内选取。这样既保证了工作稳定,又不影响压实效果。

参考文献:

References:

- [1] 刘晓婷. 仿冲击振动压实机理的试验研究[D]. 西安: 长安大学, 2005.
- [2] 段展东. 基于第二代小波变换的故障诊断技术研究[D]. 西安: 西安交通大学, 2005.
- [3] 汤炳新, 刘平. 振动压路机振动轮跳振时的次谐波振动现象[J]. 河海大学常州分校学报, 2000, 14(1): 13-17.
TANG Bing-xin, LIU Ping. Subharmonics in the jump vibration of a vib-roller drum[J]. Journal of Hohai University Changzhou, 2000, 14(1): 13-17.
- [4] 杨人凤, 孙祖望, 张永新. 新型复合压实技术和装置的试验研究[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2002, 22(4): 75-77.
YANG Ren-feng, SUN Zu-wang, ZHANG Yong-xin. Test study of a new composite compaction technique[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2002, 22(4): 75-77.
- [5] 龙运佳, 杨勇, 王聪玲. 基于混沌振动动力学的压路机工程[J]. 中国工程科学, 2000, 2(9): 76-79.
LONG Yun-jia, YANG Yong, WANG Cong-ling. Road roller engineering based on chaotic vibration mechanic[J]. Engineering Science, 2000, 2(9): 76-79.
- [6] 贺利乐, 段志善. 自行式振动滚压夯跳振压实的运动稳定性分析[J]. 西安建筑科技大学学报, 1999, 31(1): 58-61.
HE Li-le, DUAN Zhi-shan. Stability analysis of jump vibration rolling condition of auto-walk vibration rolling tamping machine[J]. Journal of Xi'an University of Architecture and Technology, 1999, 31(1): 58-61.