

基于 Simulink 的施工车驾驶室振动模拟

沈晨晨¹, 唐 杰¹, 古寒冰¹, 史友进²

(1. 盐城工学院 土木工程学院, 江苏 盐城 224051; 2. 盐城工学院 基础教学部, 江苏 盐城 224051)

摘要:根据施工车作业的实际工况,建立了施工车结构的动力学方程。采用 Simulink 软件对施工车驾驶室的振动进行了模拟与分析,并得出了一些有工程价值的分析结果。其工作可供从事施工车驾驶室减振设计的工程技术人员参考。

关键词:振动模拟;施工车驾驶室;Simulink

中图分类号: TU621

文献标识码: A

文章编号: 1671-5322(2010)02-0023-04

施工车是指在建筑、道桥等工程中进行挖掘、冲击等作业的车辆。由于施工环境地面平整度低、施工作业中冲击作用而引起施工车驾驶室剧烈振动,这对施工作业人员身体及车辆结构本身均会造成一定损伤。因此,研究施工车驾驶室的减振措施不仅体现了以人为本的社会关怀理念,而且还有助于保证机械车辆本身的安全性,具有重要的应用价值和社会价值。

许多研究者对车辆振动进行了研究。对车辆振动及控制进行模拟研究通常采用全车模型^[1]、1/2 车辆模型^[2]及 1/4 车辆模型^[3]等简化模型,常用的模拟软件有 ADAMS^[4]、Simpack^[5]及 Matlab/Simulink^[6]等等。

本文首先分析了施工车结构的动力学特征,然后采用 Simulink 对施工车进行建模,并对施工车驾驶室的振动特性进行了模拟,最后对施工车驾驶室的振动模拟研究结果进行了总结。

1 施工车结构的动力学方程

一种典型施工车是如图 1 所示的挖土车,主体结构由履带式车轮、底盘、驾驶室和施工作业机构等组成。施工车简化模型如图 2 所示,图中 m_1 为底盘质量, m_2 为驾驶室质量。取 y 轴竖直向上,地面坐标为 y_0 ,底盘坐标为 y_1 ,驾驶室质量坐标为 y_2 (只考虑相对运动量,不计固定常数部分)。底盘上部弹性力 $F_{UK} = -k_2(y_2 - y_1)$,上部阻尼力 $F_{UD} = -C_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1)$,下部弹性力 $F_{LK} =$



图 1 挖土车

Fig. 1 Excavator

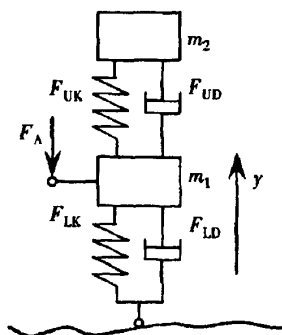


图 2 施工车简化模型

Fig. 2 Simplified model of truck

收稿日期: 2010-04-02

作者简介: 沈晨晨(1990-),男,江苏如皋人,主要研究方向为建筑给排水设计与施工。

$-k_2(y_1 - y_0)$, 下部阻尼力 $F_{LD} = -C_1(\dot{y}_1 - \dot{y}_0)$, 施工作业机构对底盘作用力为 $F_A = F_A(t)$ 。弹性和阻尼力的规律, 即以上公式中的弹性系数 k_1, k_2 及阻尼系数 C_1, C_2 由实验确定。所有力都是压力为正, 拉力为负。根据图 2, 列出系统的动力学方程为

$$m_1 \ddot{y}_1 = -k_1(y_1 - y_0) - C_1(\dot{y}_1 - \dot{y}_0) - k_2(y_2 - y_1) - C_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - F_A(t) - m_1 g \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 = k_2(y_2 - y_1) + C_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - m_2 g \quad (2)$$

2 施工车结构的 Simulink 模型

Simulink 是一个用于对动态系统进行多域建模和模型设计的平台。它提供了一个交互式图形环境, 以及一个自定义模块库, 并可针对特定应用加以扩展。创建一个 Simulink 的步骤是: (1) 从模

块库中选择模块添加到模型窗口; (2) 连接模型窗口中的各模块; (3) 设置仿真参数; (4) 运行模型。

根据式(1)和式(2)创建的施工车驾驶室振动模拟的 Simulink 模型如图 3 所示。图中 4 个积分模块分别是由 \ddot{y}_1 求 \dot{y}_1 、由 \dot{y}_1 求 y_1 、由 \ddot{y}_2 求 \dot{y}_2 及由 \dot{y}_2 求 y_2 ; 4 个积分模块分别输入 $m_1 g$ (底盘重量)、 $m_2 g$ (驾驶室重量)、 \dot{y}_0 及 y_0 ; 4 个函数模块分别计算 F_{UK} 、 F_{UD} 、 F_{LK} 及 F_{LK} ; 9 个求和模块作为节点实现求和计算; 1 个信号模块作为施工车动作臂引起的振动激励输入; 6 个显示模块分别以图形输出振动激励信号 $F_A(t)$ 、底盘位置 y_1 、底盘速度 \dot{y}_1 、驾驶室位置 y_2 、驾驶室速度 \dot{y}_2 及驾驶室加速度 \ddot{y}_2 。为了方便模拟, 模型参数由 Matlab 程序 parameters 在 Matlab 工作空间设置。

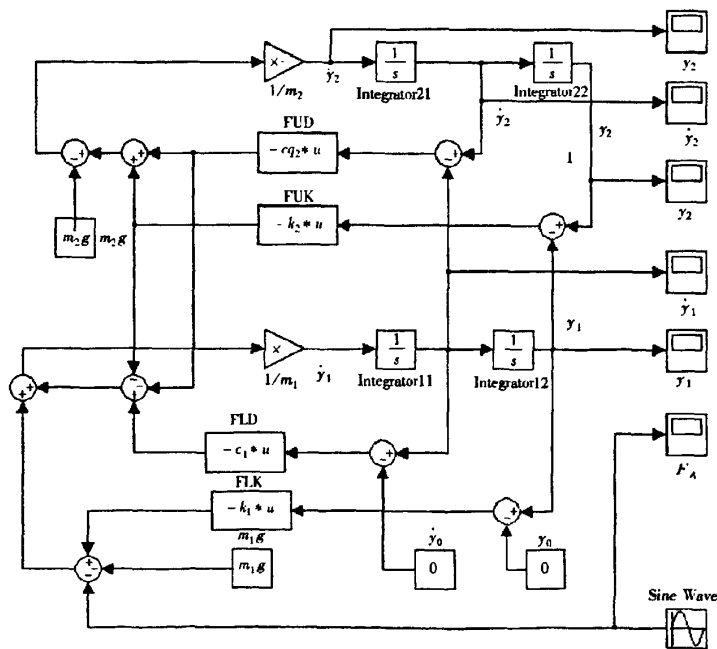


图 3 施工车 Simulink 模型

Fig. 3 Simulink model of truck

3 施工车驾驶室振动模拟

施工车驾驶室振动模拟步骤为: (1) 运行程序 parameters 设定模型参数; (2) 设振动激励信号 $F(t)$ 幅值为 0, 运行施工车驾驶室振动模拟的 Simulink 模型, 观察底盘位置 y_1 、驾驶室位置 y_2

趋于平衡时的显示值, 设置模拟初始条件 y_{10}, y_{20} ; (3) 设振动激励信号 $F(t)$ 幅值为 13 000 N, 调整激励信号 $F(t)$ 频率, 运行施工车驾驶室振动模拟的 Simulink 模型, 记录驾驶室加速度 \ddot{y}_2 的幅值。 (4) 改变参数, 重复步骤(1)~(3)。

施工车驾驶室振动模拟质量参数参考小松

PC220 系列挖掘机,取 $m_1 = 1\,750\text{ kg}$ 、 $m_2 = 280\text{ kg}$ 。采用线性弹性力和线性阻尼力模型的施工车驾驶室振动模拟结果如图4所示。图4a是取 $k_1 = 1.989\,4 \times 10^6\text{ N/m}$ 、 $C_1 = 8.261\,4 \times 10^4\text{ kg/s}$ 、 $C_2 = 6.198\,1 \times 10^3\text{ kg/s}$ 、 k_2 取不同值时驾驶室加速度 \ddot{y}_2 的幅值随激励信号频率变化曲线。图4b是取 $k_1 = 1.989\,4 \times 10^6\text{ N/m}$ 、 $C_1 = 8.261\,4 \times 10^4\text{ kg/s}$ 、 $k_2 = 1.372\,0 \times 10^5\text{ N/m}$ 、 C_2 取不同值时驾驶室加

速度 \dot{y}_2 的幅值随激励信号频率变化曲线。图4c是取 $C_1 = 8.261\,4 \times 10^4\text{ kg/s}$ 、 $C_2 = 6.198\,1 \times 10^3\text{ kg/s}$ 、 $k_2 = 1.372\,0 \times 10^5\text{ N/m}$ 、 k_1 取不同值时驾驶室加速度 \ddot{y}_2 的幅值随激励信号频率变化曲线。图4d是取 $k_1 = 1.989\,4 \times 10^6\text{ N/m}$ 、 $k_2 = 1.372\,0 \times 10^5\text{ N/m}$ 、 $C_1 = 8.261\,4 \times 10^4\text{ kg/s}$ 、 C_2 取不同值时驾驶室加速度 \ddot{y}_2 的幅值随激励信号频率变化曲线。

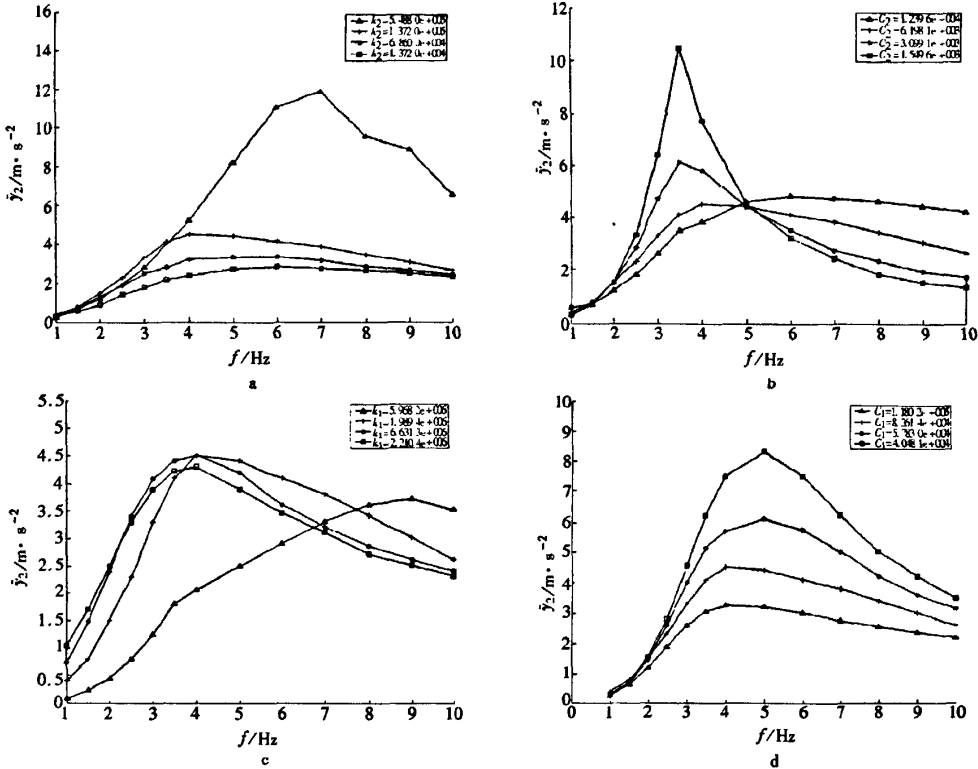


图4 施工车驾驶室振动模拟结果
Fig.4 Vibration simulation results of truck cab

模拟结果表明,驾驶室加速度 \ddot{y}_2 的幅值随参数 k_1 、 k_2 、 C_1 、 C_2 及激励信号频率变化而变化,研究其影响规律可以指导施工车驾驶室减振设计,也可以为施工车驾驶室减振控制提供依据。

4 结论

建立了施工车驾驶室振动模拟的动力学模型,反映了施工车驾驶室振动主要特征。进一步可考虑动作臂的运动,将底盘质量块细化为底盘质量块-弹性/阻尼支撑质量块,使模型更符合实际。

建立了通用的施工车驾驶室振动模拟的 Simulink 模型,能够模拟非线性弹力和阻尼力施工车驾驶室振动,为进一步深入研究施工车驾驶室振动奠定了虚拟实验环境基础。

以小松 PC220 系列挖掘机为例,模拟了施工车驾驶室振动加速度随 \ddot{y}_2 的幅值随参数 k_1 、 k_2 、 C_1 、 C_2 及激励信号频率变化的规律。结果表明根据设计需要合理选择 k_1 、 k_2 、 C_1 、 C_2 可减小施工车驾驶室振动加速度 \ddot{y}_2 的幅值,使施工车驾驶员柱骨受到较小的损伤,可供从事施工车驾驶室减振设计的工程技术人员参考。

参考文献:

- [1] 刘震,祝晓才,罗成,等. 基于 Backstepping 方法的全车液压主动悬挂最优控制设计[J]. 控制理论与应用,2008(1): 1-8.
- [2] 刘少军,李艳. 基于 1/2 车辆模型的主动悬架预见控制方法研究[J]. 信息与控制,2000(1): 6-13.
- [3] 刘新亮,张建武,林忠钦. 主动汽车悬架的非线性控制[J]. 汽车工程,1997(3):175-179.
- [4] 何炎权,刘少军,朱浩,等. 基于磁流变阻尼器的半主动车辆座椅悬架模糊控制研究[J]. 汽车工程,2006(7):667-670.
- [5] 董仲美,王自力,蒋海波. 基于最优控制的半主动悬挂机车非线性稳定性分析[J]. 内燃机车,2007(3):13-16.
- [6] 杨小刚. 基于 Matlab 的车辆主动悬挂控制研究[J]. 机械设计与制造,2007(7):32-34.

Vibration Simulations of Truck Cab by Using Simulink

SHEN Chen-chen¹, TANG Jie¹, GU Han-bing¹, SHI You-jin²

(1. School of Civil Engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China;
2. Department of Fundamental Science, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: According to the practice case, the dynamical equals of the construction vehicle cab are built; the software Simulink is used to simulate the vibration of the vehicle cab, and some valuable results are obtained. It can give references for the engineers who deal with vibration decrease of truck cab.

Keywords: vibration simulation; truck cab; Simulink

(责任编辑:张英健;校对:沈建新)

(上接第 6 页)

The Technology and its Evolution of Direct - Driven Wind Power Generation System

CHEN Rong

(School of Information Engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: The direct - driven wind power is a sort of wind power generation technology which possess a great potential for utilization and development currently. After reviewing the progress of internal and overseas wind power system, wind power generation technology, especially direct - driven wind power generation technology is analyzed, and its power regulation methods are discussed. The structure and control of direct - driven permanent magnet synchronous wind power generation system are analyzed, and the development direction of variable speed wind power generation is introduced.

Keywords: Direct - Driven; Variable Speed Constant Frequency; Wind Power Generation; Permanent Magnet Synchronous Machines

(责任编辑:张英健;校对:沈建新)