

基于 LabVIEW 的桥梁健康监测数据采集系统

余 岭^{1,2}, 朱军华¹, CHAN T H T^{2,3}

(暨南大学 1. 力学与土木工程系; 2. 重大工程灾害与控制教育部重点实验室, 广东 广州 510632;
3. Faculty of Built Environment & Engineering, Queensland University of Technology, GPO Box 2434, Q4001, Australia)

[摘 要] 桥梁健康监测的第一步是如何实现现场桥梁结构输入输出数据和环境音像资料的精确采集和存储。针对香港新界西青衣南桥的特点, 基于 LabVIEW 软件平台, 开发桥梁健康监测数据采集系统, 采集并存储桥面运行重车车型、轴数、车速和车辆视频音像资料以及运行重车作用下桥梁的应变和加速度响应时程数据, 为桥梁健康监测提供高精度实时原始数据。五昼夜的现场监测结果表明该系统运行正常、桥梁响应数据采集精度高、运行车辆音像资料全面, 不失为大型桥梁健康监测采集系统的有益尝试。

[关键词] 桥梁健康监测; LabVIEW; 数据采集系统; 重车; 响应测量

[中图分类号] O327; TU311 [文献标识码] A [文章编号] 1000-9965(2009)05-0465-04

A LabVIEW-based data acquisition system for bridge health monitoring

YU Ling^{1,2}, ZHU Jun-hua¹, CHAN T H T^{2,3}

(1. Department of Mechanics and Civil Engineering, Jinan University;
2. The Key Lab of Disaster and Control in Engineering of Ministry of Education of the People's Republic of China, Jinan University, Guangzhou 510632, China;
3. Faculty of Built Environment & Engineering, Queensland University of Technology, GPO Box 2434, Q4001, Australia)

[Abstract] Higher accuracy of data acquisition should be the first step for the bridge health monitoring. According to the characteristics of Tsing Yi South bridge in the New Territories West in Hong Kong and based on the LabVIEW software platform, the data acquisition system for the particular bridge health monitoring is developed. It can acquire the responses of the bridge under the moving heavy trucks by using different kinds of sensors, namely strain gauges and accelerometers. Meanwhile, it can record the video information about the motion of vehicles on the bridge, such as vehicles types, axle numbers of vehicles, speeds of vehicles, and so on. The data recorded through five consecutive days and nights show that the bridge health monitoring system is effective, reliable and with a higher accuracy, which may be a useful try for designing large bridge health monitoring system in the future.

[Key words] bridge health monitoring; LabVIEW; data acquisition system; heavy truck; response measurement

[收稿日期] 2008-12-19

[基金项目] 国家自然科学基金项目(50978123);教育部科学技术研究重点资助项目(208172);暨南大学引进优秀人才科研启动基金资助项目(51207052)

[作者简介] 余 岭(1963-),男,博士(后),教授,博士生导师。研究方向:桥梁移动荷载识别,结构损伤检测与健康监测

桥梁健康监测需要大量的硬件和软件支持^[1]. 传统硬件/仪器虽然有很多优点,但因其价格昂贵、利用率不高、可重构性较差等诸多不足已被虚拟仪器部分或全部取代的新趋势^[2]. 虚拟仪器作为现代仪器发展的一个全新方向已越来越受到人们的关注. 尤其是采用虚拟仪器方案可以大大缩短开发周期,降低开发成本,故其成为人们构建现代监测与遥控系统的首选. 其中最具竞争力的就是美国NI公司的LabVIEW的图形化编程平台,它在数据采集(DAQ)、虚拟仪器软件框架(VISA)、通用接口总线(GPIB)及串口仪器控制、图像处理、数据分析和图表显示方面都具有强大的优势. 基于LabVIEW的虚拟仪器技术在航空航天、机械工程、交通工程、测控工程等诸领域已获得广泛的应用^[3].

为了实现香港新界西青衣南桥的结构健康监测,基于LabVIEW软件开发平台,组建了桥梁健康监测数据采集系统,对桥面运行重车型、轴数、车速和车辆视频音像资料以及运行重车作用下桥梁的应变和加速度响应数据进行了采集和储存,为桥梁健康监测提供了高精度的实时原始数据. 五昼夜的现场监测结果表明该系统运行正常,桥梁响应数据采集精度高、运行车辆音像资料全面,不失为大型桥梁健康监测数据采集系统的有益尝试.

1 软硬件开发平台简介

与传统仪器相比,虚拟仪器在智能化程度、处理能力、性价比和可操作性方面均具有明显的技术优势. 其中最重要、最核心的技术是虚拟技术的软件开发平台.

LabVIEW是目前国际上应用最广的虚拟仪器开发环境之一,主要应用于仪器控制、数据采集、数据分析、数据显示等领域. 与传统程序语言不同,LabVIEW采用强大的图形化语言编程,面向测试工程师而非专业程序员,编程简单方便,界面形象直观,具有强大的数据可视化分析和仪器控制能力等特点.

NI的DAQ卡是虚拟仪器应用必不可少的硬件之一. 它是外界信号与计算机中软件实现通信的桥梁. 通常一块DAQ卡可以完成多种功能,如A/D、D/A转换、数字I/O、定时器/计数器等. 在设计时采取了相应措施来降低各种因素产生的误差,例如,在降低温度漂移方面,采用温度稳定性优良的元器件;对温度引起的变化进行了补偿;板上有温度传感

器,软件利用它所测量的温度进行补偿. DAQ卡的输入阻抗高达1 G Ω 至100 G Ω ,因而传感器的内阻不会引入误差. 它们都经过准确的标定,而且板上装有精确的电压源,可以定期地自行进行标定.

2 数据采集系统组成

通过虚拟仪器硬件设备实现对桥梁响应信号的实时监测,经调理后的信号输入到计算机中,使用LabVIEW中的信号分析处理库函数实现对信号的采集、分析、显示和存储.

本系统由传感系统、信号采集的硬件部分和信号处理的软件等两部分组成.

2.1 传感系统

它由光电传感器、应变片和加速度计、数码摄像机等组成. 光电传感器用于触发数据采集系统并测量车速;应变片和加速度计主要实测桥梁响应,用于桥梁结构的健康监测和安全评估,前者采集桥梁应变响应信息,用于桥面移动车载识别和动载评估,后者采集桥梁加速度响应信息,用于分析桥梁自振频率、振型及阻尼比系数;数码摄像机用于记录桥上交通状况,如:车型、车辆数及车辆位置等.

2.2 硬件系统

该系统主要包括:SCXI-1000信号调理箱和调理模块SCXI-1314、BNC接头、PCI DAQ数据采集卡、计算机等部分.

SCXI-1000信号调理箱具有4个信号调理模块插槽,能够为其提供电能并且包含有控制电路,工作时噪音小且具有很强的抗噪声干扰能力,适合于条件恶劣的户外检测环境. SCXI-1314型信号调理模块具有8个独立的模拟量输入通道,每个通道具有可编程增益和滤波设置,输入电压范围为: ± 2.5 mV到 ± 5 V.

2.3 软件系统

桥梁动、静响应通过不同的传感器测量,为了完成现场测试任务,采用了两套采集系统:一套是基于LabVIEW平台针对具体工况设计开发的数据采集系统,用来显示并记录桥梁应变、加速度响应及车辆上下桥信息,系统程序图如图1所示. 另一套是DEWETRON公司的DEWEsoft软件,通过安装在桥上的两台数码摄像机记录桥上交通状况.

2.4 系统组建

测试系统结构组成如图2所示,桥梁应变响应

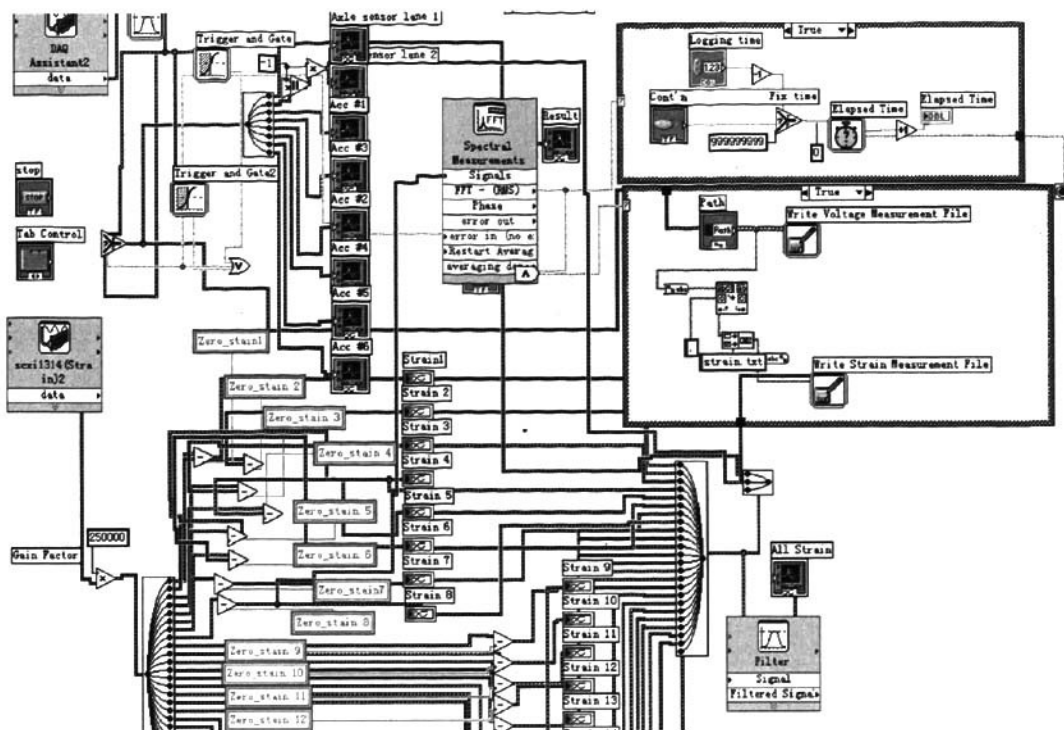


图1 桥梁结构健康监测数据采集系统程序图

信号经过 SCXI 信号调理系统,直接连接到 PAQ 卡上;加速度信号经过信号调理器,由 BNC 接头连接到 PAQ 卡上;光电传感器将触发信号由 BNC 接头直接连接到计算机 1 和 2 上;数码摄像机直接连接到计算机 2 上;计算机 1 上采用基于 LabVIEW 开发的数据采集系统,在接收到光电传感器的触发信号后,对应变信号、加速度信号进行采集、显示、存储等处理。计算机 2 采用 DEWEsoft,在接收到触发信号后,开始记录桥面上交通信息并存储。

3 桥梁数据采集

3.1 结构特点及测点布置

香港新界青衣南桥,为 3 跨连续斜交桥,与水平面夹角 27 度,有单方向两车道,总长 73 m,宽

10.58 m。1998 年通车,该路段多为重型货车。根据其特点,测点主要布置在第一跨,同时在第二跨跨中位置也布置了测点,如图 3 所示,共 24 个应变测点,6 个加速度测点。

3.2 系统数据结果及评价

利用本系统进行桥梁状态监测,监测系统界面如图 4 所示,经过连续 5 昼夜的数据采集,获得了大量的桥梁响应数据及车辆视频信息数据。如图 5 所示,为实测应变响应时程曲线,图 6 为实测桥梁加速度、应变响应的频谱图,图 7 为有限元计算的桥梁第 1 阶模态($f_1 = 4.54 \text{ Hz}$),通过对实测响应进行频谱分析,并与有限元计算结果对比,理论计算与实测结果第 1 阶自振频率吻合较好。这说明该系统采集的数据质量高、可靠性好。

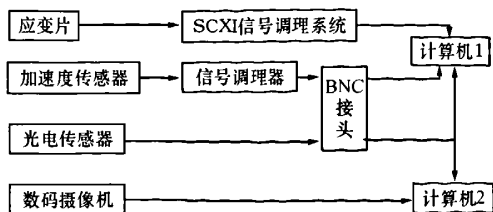


图2 测试系统硬件组成框图

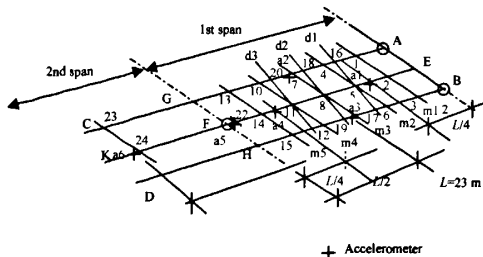


图3 测点布置



图4 监测系统显示界面

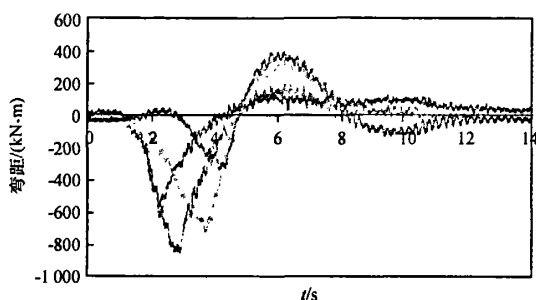


图5 实测弯矩(应变)响应时程

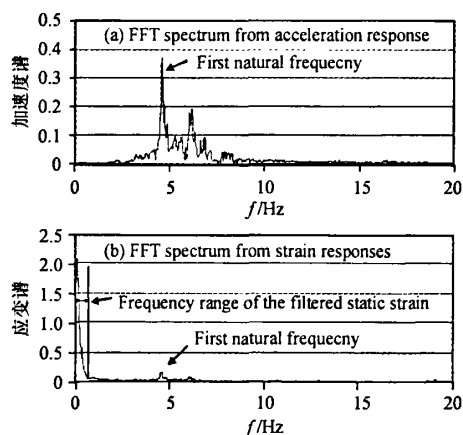


图6 实测加速度、应变响应频谱分析

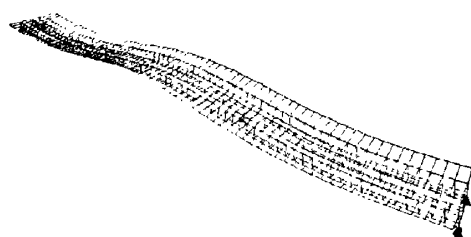


图7 有限元计算桥梁第1阶模态

4 结语

基于 LabVIEW 软件平台并结合 NI 公司的硬件系统,开发了桥梁健康监测数据采集系统。5 昼夜的运行结果表明:本系统运行稳定可靠、数据采集质量较高,为后续的桥面移动车载识别、动载评估、桥梁结构健康监测以及安全评估采集并储存了大量的实测数据和音像资料,是传统仪器和虚拟仪器结合的成功实例。

本文部分工作是第一和第三作者在香港理工大学土木与结构工程系工作期间完成,现场试验还得到香港路政署的大力支持和帮助,在此一并致谢!

【参考文献】

- [1] CHAN T H T, YU L, TAM H Y, et al. Fiber bragg grating sensors for structural health monitoring of Tsing Ma Bridge: Background and experimental observation [J]. *Engineering Structures*, 2006, 28(5): 648 - 659.
- [2] 高占凤, 杜彦良, 刘玉红, 等. 基于 LabVIEW 的远程数据采集与传输系统[J]. *微电子学与计算机*, 2007, 24(3): 102 - 104.
- [3] 周求湛, 钱志鸿, 刘萍萍, 等. 虚拟仪器与 LabVIEW 7 Express 程序设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2004: 6.

[责任编辑:王景周]