

基于虚拟仪器的工程结构设计原理 实验教学演示系统设计

徐明,李红兵,肖士者,宗周红

(东南大学 土木工程学院,江苏 南京 210096)

摘要:针对工程结构设计原理实验教学特点及现状,将计算机技术与测试技术紧密融合,自主设计基于虚拟仪器的实验教学演示系统。以实验教学演示为目的,设计数据处理与界面显示程序,实现实验类别选择、参数设置、图形实时显示、数据存储再现等功能。实践表明,该演示系统为开展工程结构设计原理实验教学提供了友好而开放的平台,具有广阔的应用前景。

关键词:工程结构设计原理;虚拟仪器;演示系统;实验教学

中图分类号:G642.423;TU318

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2015)06-0141-05

工程结构设计原理课程是土木工程专业的重要专业基础课,是一门理论性、经验性和实践性都很强的课程。它的概念原理及理论发展很多都是建立在实验基础上的,因此,工程结构设计原理实验是工程结构设计原理课程教学的一个重要组成部分。实验教学对激发学生的创新意识、拓展学生的创新思维、增长学生的创新技能、涵养学生的创新品格方面的作用,是其他任何教学形式所不能替代的^[1]。通过工程结构设计原理实验,不仅能够加强学生对工程结构设计基本原理的理解,对建筑工程结构的受力过程及破坏形态有更加直观的认识,而且能够提高学生的实践动手能力,培养学生对土木工程专业的兴趣及研究热情^[2-3]。

由于该课程实践性强,实验教学成为影响教学质量的重要环节。随着本科教学实验投入的日益加大,传统的工程结构设计原理实验教学方法已不能满足知识、能力、素质并重的新型工程设计人才的培养要求,工程结构设计原理实验教学改革迫在眉睫。

一、工程结构设计原理实验教学现状

东南大学工程结构设计原理实验经过2008年的教学改革,已经独立于工程结构设计原理课程而成为土木工程基础实验课程的一个重要组成部分。该实验课包括钢筋混凝土超筋梁和少筋梁的正截面受弯性能实验、钢筋混凝土斜截面斜压和斜拉破坏实验等4个演示实验,及钢筋混凝土适筋梁正截面受弯性能

收稿日期:2015-06-26

基金项目:东南大学虚拟仿真实验教学项目(201427);东南大学实验室建设与管理重点项目(2010-L005)

作者简介:徐明(1972-),男,东南大学土木工程学院高级工程师,实验中心副主任,博士,主要从事土木工程实验室技术与管理研究,(E-mail)xuming@seu.edu.cn。

实验、钢筋混凝土梁斜截面抗剪性能实验、钢筋混凝土柱大偏心受压性能实验、钢筋混凝土柱小偏心受压性能实验、钢柱轴心受压失稳实验和砖砌体受压性能实验等6个实际操作实验。

以往工程结构设计原理实验中不管是演示实验,还是实际操作实验,所有的实验数据均未采用自动采集,这主要是为了锻炼学生的实际动手能力,学习各种仪器仪表的测量方法。经过长期的教学实践,发现这种方式虽然对学生动手能力的锻炼是有益的,但是对于演示实验却存在一定的缺陷。这主要表现为:(1)演示实验的主要目的是向学生展示基本构件的受力过程及破坏形态,让他们对超筋梁和少筋梁的受弯破坏及斜截面斜压和斜拉破坏有直观的认识,动手能力的锻炼不是主要目的。(2)传统实验数据采集方式在演示实验中向学生展示的仅是直观的实验数据(荷载、位移、应变等),但是没有建立起这些数据之间的联系,如:实验构件的荷载—位移关系、实验构件中钢筋的荷载—应变关系、实验构件的整体变形曲线、沿截面高度混凝土应变的分布情况等。这些实验数据的关系曲线需要学生在实验完成后,通过实验数据的整理和分析才能得到。(3)在演示实验中,需要建立的是实验试件的表观现象(裂缝、压碎等)与内在受力(拉应力、压应力等)之间的直接联系,如实验构件出现裂缝对应着荷载—位移曲线出现转折,液压千斤顶加载缓慢对应着实验构件荷载—位移曲线上的屈服段及钢筋荷载—应变曲线的屈服段等。只有这样,才能让学生将实验过程中的实验现象与构件内在的受力状态紧密地联系起来,加深对实验构件受力机理的认识。

基于虚拟仪器技术的实验教学内容和方法的改革,把计算机技术与测试技术紧密融合,是课程实验内容和教学方法改革的新途径^[4]。自主研发的虚拟仪器综合实验平台具有多功能、多用途、成本低廉等特点,在投资很少的情况下实现实验环境现代化、规模化建设,同时为学生开展自主创新实验提供友好而开放的平台,具有广阔的应用前景。

二、系统硬件配置方案

根据该演示系统目标设定,需要采集的信号有位移信号、力信号和应变信号。位移信号的采集设备选择YHD-50型位移传感器,其量程 ± 50 mm,灵敏度系数 $K=2.0$;力信号的采集设备选用应变式压力传感器,以全桥电路接入;应变信号的采集设备为

应变片,以1/4桥电路接入。所有传感器都接入TST3826静态应变测试分析仪,该分析仪可实现40路单端模拟输入的信号采集,接入方式可选择1/4桥(公共补偿、三线制)、半桥、全桥等方式,最高分辨率 $1\mu\varepsilon$,供桥电压2V,采用USB接口,即插即用,方便可靠,其内置的Q-FAN温度控制系统,能够进一步减少温度对测量结果的影响。

三、基于LabVIEW的实验教学演示系统设计

(一) LabVIEW 软件简介

LabVIEW是一种业界领先的工业标准图形化编程工具,主要用于开发测试、测量与控制系统。它是专门为工程师和科学家设计的直观图形化编程语言。它将软件和各种不同的测量仪器硬件及计算机集成在一起,建立虚拟仪器系统,以形成用户自定义的解决方案^[5-7]。

(二) 程序总体设计方案

工程结构设计原理实验教学演示系统的程序设计采用模块化设计,以方便程序的调试和扩展修改,同时需要程序具有良好的操作性能,以降低学生运行程序时对虚拟仪器专业知识的要求;需要采用图标控件或菜单实现人机对话,以增强程序的操作简便性;需要具有一定的试验状态检测与程序诊断功能,便于提示学生程序非正常运行状态的原因。

基于上述原则,制定工程结构设计原理实验教学演示系统的程序功能流程图,如图1所示。该程序能够进行虚拟实验和实测实验,虚拟实验是为实测实验做铺垫,其所有实验数据均是根据理论计算公式计算得到。该实验主要作用是让学生在实操实验前,对真实实验的整个过程有充分的了解,虚拟实验也可以作为理论课教师课堂授课时演示使用。实测实验的所有实验数据均是通过压力传感器、位移传感器及应变片等传感器在真实实验过程中实时采集的,其主要作用是为了能够在实验过程中,实时处理数据,绘制图形,使学生可以实时掌握实验构件表面现象与内在受力状态之间的关系。

(三) 用户界面设计

软件界面主要分为演示系统主界面、实验参数设置区、实时实验数据显示区、实时实验结果图形显示区、数据存储再现区。

系统主界面用于根据本次实验目的选择相应的实验类别,该演示系统可以进行下列虚拟或实测实验:钢筋混凝土梁受弯性能实验(包括超筋、少筋、适

筋)、钢筋混凝土梁受剪性能实验(斜拉、斜压、剪压)、钢筋混凝土柱偏心受压性能实验(大偏压与小偏压)、钢柱轴心受压性能实验及砌体抗压性能实验,如图2所示。同时用户可以在已有程序框架基础上,很容易开发出其它类别实验的演示系统。

实时实验数据显示区以直观的仪表形式,显示实验过程中通过各种传感器采集到的荷载、位移、应变等实验数据,如图4所示。

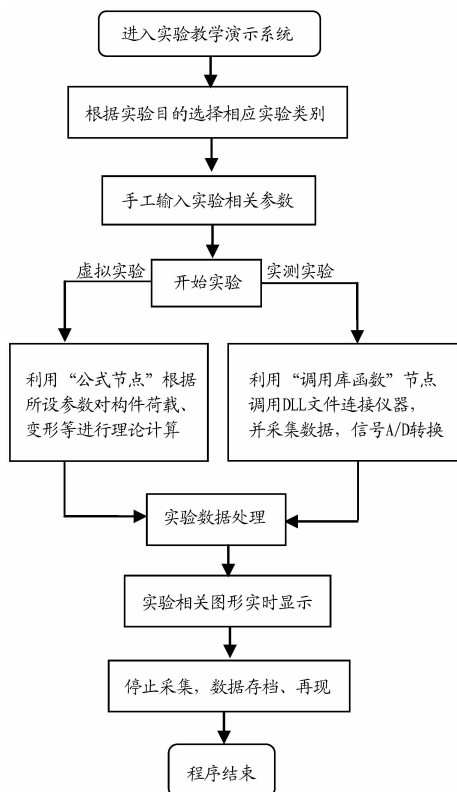


图1 实验教学演示系统程序功能流程图

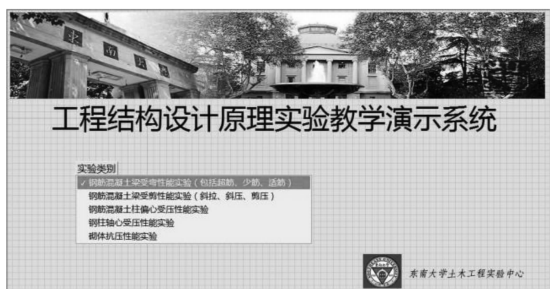


图2 程序主界面

实验参数设置区用于手工输入相应的实验构件尺寸、材料力学性能、配筋以及相关仪器参数等,以受弯梁实验为例,如图3所示。

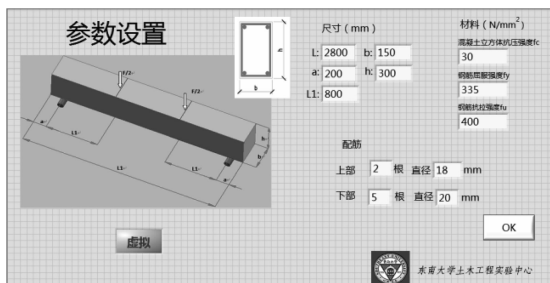


图3 参数设置界面



图4 实时实验数据显示界面

实时实验结果图形显示区用于根据虚拟或实测实验结果,将实验过程中重点关注的荷载、位移及应变等的关系曲线(梁变形图、沿截面高度混凝土应变分布、荷载—跨中位移、荷载—混凝土应变、荷载—钢筋应变等)实时显示出来,如图5所示。以钢筋混凝土受弯构件为例,学生可以根据沿截面高度混凝土应变分布图实时了解实验构件在受力过程中中和轴的变化情况,通过荷载—钢筋应变图实时了解梁内受拉主筋的屈服情况,通过荷载—跨中位移曲线实时了解实验构件开裂及屈服情况,从而与学生在演示实验中观察到的受弯构件的表观形态对应起来,加深对钢筋混凝土受弯构件受力机理的认识。

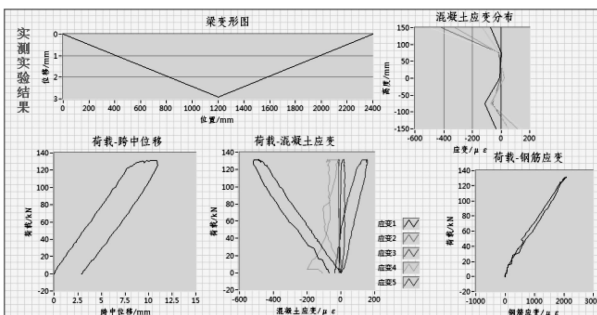


图5 实验结果图形显示界面

数据存储再现区用于将实验数据存档,并能根据历史文档重新绘制图形,方便学生课后自行整理实验报告。

(四) 后台程序设计

系统后台程序设计包括数据采集模块、数据处理模块和图形显示模块。借助 DAQ 数据采集模式,快速实现了多路混合信号的同步采集,经分解后得到随时间变化的数据阵列。后台采用“条件结构”和“事件结构”调用实验类别所对应的子 VI,开始实验

部分的程序采用“平铺式顺序结构”设计整个框架,事件按帧排列,使用“条件结构”判断虚拟实验或实测实验。针对虚拟实验,程序调用“公式节点”根据所设参数对构件的荷载、变形、应变、受压区高度等进行理论计算,同时将计算结果输至实验结果图形实时显示界面;针对实测实验,使用“调用库函数”节点对静态应变测试分析仪的动态链接库(.dll文件)进行调用,“.dll”文件提供了 stdcall(WINAPI)格式的接口,使用“条件结构”判断“查找仪器”,找到则进行“真”的操作,否则继续等待下次查找,如图6所示。找到仪器后设置各传感器的灵敏度系数,然后

开始采样,如图7所示。将采样结果按加载次序累加到一系列数组,而前面的数据保持不变,并传至实验结果图形显示界面实时显示,呈现随加载进程变化的曲线图,如图5。最后,后台程序采用条件结构判断是否导出数据,如果选择是,程序根据所选文本文件位置打开文件,并采用“写入文本文件”子VI将本次所有参数以及所有实验结果写入该文本。写入完毕后,当点击“读取文件”命令时,后台程序采用“读取文本文件”子VI将该文件数据读入一系列数组中,并输至实时显示图形窗口,文件读写操作如图8所示。

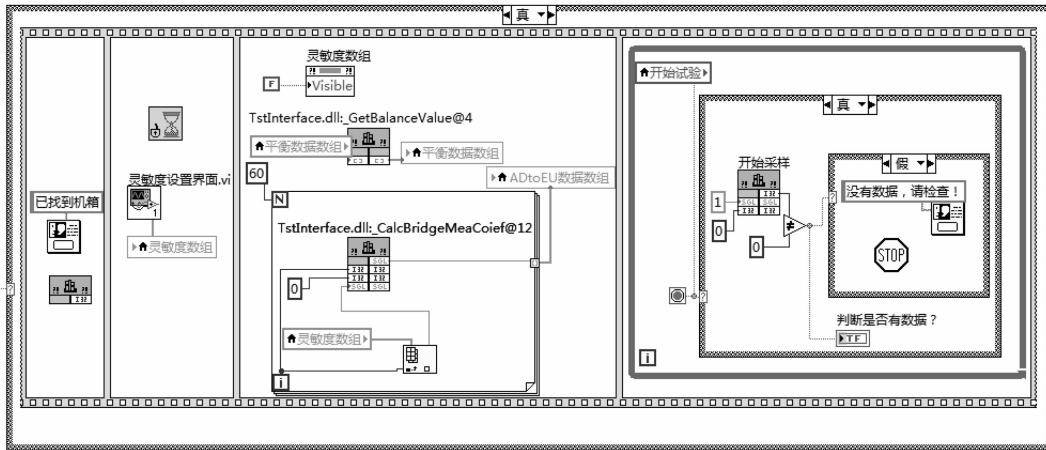


图6 LabVIEW程序与TST3826的接口程序

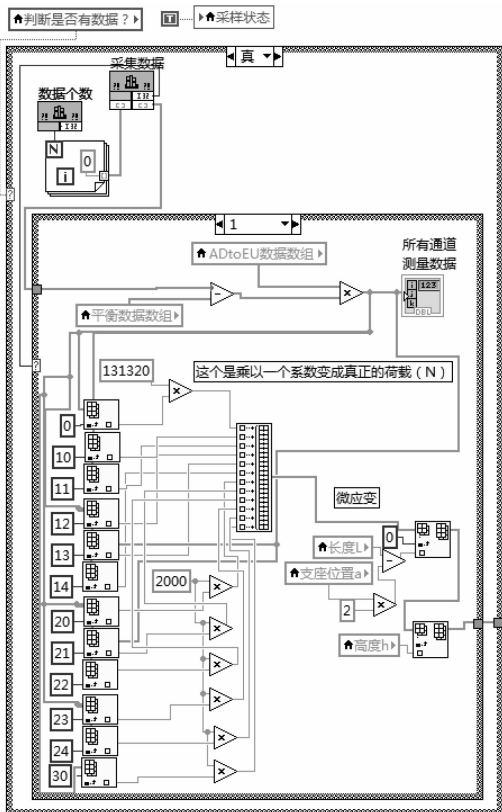


图7 实测实验数据采集

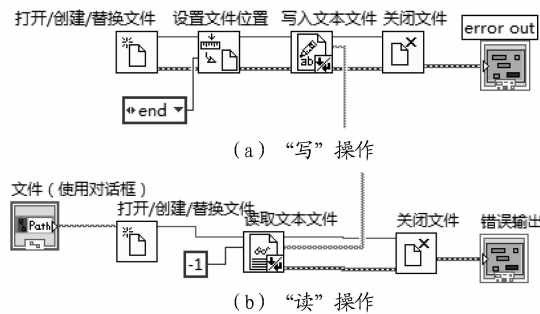


图8 后台程序文本文件操作

四、结语

根据理论课教师和学生的信息反馈来看,上述方法和措施在工程结构设计原理实验课程教学改革中的应用,使学生对各项知识点的理解和应用能力有了很大的提高。通过教改切实提高了学生实验学习的兴趣,激发了学生学习工程结构设计原理课程的积极性、主动性和创造性,不仅使学生深入理解和掌握了工程结构设计原理的基本理论知识,而且着力培养了学生通过实验研究的方法解决实际工程问题及开展科学研究的能力。

- 参考文献:
- [1] 郑家茂,熊宏齐,等. 开放创新——实验教学新模式[M]. 北京:高等教育出版社,2009.
 - [2] 徐明,宗周红,肖士者,邱洪兴,吴京. 土木工程本科实验教学创新平台建设[J]. 高等建筑教育, 2013(2):114-116.
 - [3] 徐明,宗周红. 中美土木工程本科创新实验教学体系对比分析[J]. 实验室研究与探索,2011(11):73-76.
 - [4] 左虹,殷艳树,马丽霞. 基于LabVIEW的综合实验教学平台研制[J]. 教学研究,2008,31(1):75-77.
 - [5] 尤丽华,周洋. 基于虚拟仪器的测试技术实验教学系统建立[J]. 实验技术与管理,2011,28(2):83-86.
 - [6] 申彦春,周浩森,姚明林. 虚拟仪器在实验教学中的应用[J]. 仪器仪表与分析监测,2008(1):22-24.
 - [7] 洪焕凤,林明星. 基于虚拟仪器的实验教学[J]. 实验室研究与探索,2005,24(12):84-86.

Design of experimental teaching demonstration system for the principle of engineering structural design based on the virtual instrument

XU Ming, LI Hongbing, XIAO Shizhe, ZONG Zhouhong

(College of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, P. R. China)

Abstract: According to the characteristics and situation of the principle of engineering structure design, experimental teaching demonstration system was designed independently based on the virtual instrument, which combined computer technology with testing technology closely. The data processing and interface display program for the experimental teaching demonstration had functions of experiment types selection, parameter setting, graphics real-time display, and data storage and reproduction. Practice result shows that the demo system provides a friendly and open platform for students to carry out the engineering structure experiments, which has a broad application prospect.

Keywords: principle of engineering structure design; virtual instrument; demonstration system; experimental teaching

(编辑 王 宣)