

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2013.05.032

# 土木工程专业结构力学课程实验教学实践探讨

孙旭峰, 陶 阳

(扬州大学 建筑科学与工程学院, 江苏 扬州 225127)

**摘要:**结构力学课程是土木工程专业的主要专业基础课。由于结构力学实验介于材料力学和专业结构实验之间,所以长期以来不准确的定位导致多数学校的结构力学课程教学忽视实验课。文章结合结构力学课程实验教学平台的建设实践,探讨了结构力学实验在课程教学中的重要作用。

**关键词:**土木工程专业;结构力学;实验教学;教学改革

**中图分类号:**G642.423

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2013)05-0133-04

结构力学课程是土木工程专业力学系列课程中一门非常重要的专业基础课,该课程的教学质量对于实现土木工程专业的“宽口径”,以及培养能力强、素质高的土木工程师人才起着举足轻重的作用。当前,土木工程领域计算机技术的广泛应用拓宽了结构力学的应用领域,同时也对结构力学课程的教学提出了新的、更高的要求。从课程设置来看,并不能因为计算机技术的应用而降低基础力学概念教学所占的比重。从国内外工科专业力学类课程的设置情况来看<sup>[1]</sup>,国内土木工程专业力学类课程学分比例基本上小于10%,而国外均大于10%,并且目前国际上比较注重学生对“基础知识”的掌握,因此,力学类课程全部为必修课。

从现代科学研究的角度看,应用型基础力学课程应包括理论教学和实验教学两方面,结构力学课程也应如此。但在长期的教学实践中,由于结构力学实验介于材料力学和专业结构实验之间,这一不确定的定位导致其实验教学部分往往被忽视,而仅专注于课堂理论教学。正是这种忽视,造成了土木工程专业的学生很难从对单根构件受力概念的形象理解,过渡到对整个平面结构直至空间结构受力概念的形象理解,对其后续结构课程的学习及工作实践,乃至进一步的深造产生很大的负面影响。

## 一、土木工程专业开设结构力学课程实验的必要性

力学概念是从实践中来的,本科阶段学习的应用力学更是如此。作为一名长期主讲结构力学课程的教师,笔者能够深切地体会到结构力学课程实验在帮助学生理解概念方面的重要意义和作用。以几何组成分析为例,在学习这部分

收稿日期:2013-04-27

作者简介:孙旭峰(1972-),男,扬州大学建筑科学与工程学院副教授,博士,主要从事大跨度空间结构研究,(E-mail)xfsun@yzu.edu.cn。

内容时虽然课堂上已经清楚讲解了二元体的概念,但有一部分学生在遇到具体问题时还是不清楚。如图1a)所示,这些学生会将3-5-6当作二元体来对待。究其原因,是没有把“链杆的约束”这个概念搞清楚,如图1b)所示,他们在作几何组成分析时把2-4-6和3-5-6作为刚片,而将1-2和1-3作为链杆。又如图2所示,三个刚片间以三对平行等长链杆连接而成为几何常变体系的情况,很多学生对此根本没有一点感性认识。诸如此类的问题,还出现在对“定向支座可以约束哪些方向的位移、约束反力如何”等等概念的理解上,这都是由于没有提供实验条件让学生亲自动手去“试一试”造成的。在建筑力学的课堂教学中,教师利用自己动手制作的一部分杆件以及连接件,结合课程内容当场做演示实验,或者让部分学生自己来做实验。从课程测试的结果可以看出,学生在这部分内容的出错率有做实验的与未做实验的相比有大幅下降,这充分说明了“动手”的重要性。类似的情况还出现在诸如弯矩图需画在受拉一侧、刚结点处的弯矩平衡、互等定理、影响线、稳定、动力特性分析等,因此,需要通过实验帮助学生形象而深入理解该课程概念部分的知识。

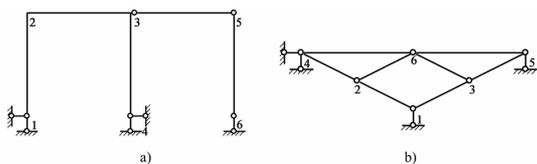


图1

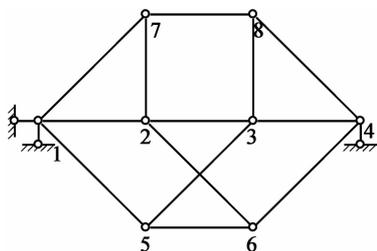


图2

土木工程专业所涉及的主要是房屋建筑、桥梁、隧道等结构体系。在理论讲授及实验中如能紧密结合专业特色,对学生学习专业课知识与增加学习兴趣都将起到事半功倍的效果。比如钢筋混凝土结构设计中“强柱弱梁”的概念,柱端先破坏时会形成几何可变体系,而梁先破坏则还是几何不变体系。这个概念一般在钢筋混凝土专业课中讲解,但如果在几何组成分析部分将其列入实验课内容,则会加强学生对专业知识的形象理解。类似的例子还有:单

层厂房中的纵、横向支撑体系,顶点位移法计算房屋自振频率,结构抗震中的“鞭端效应”等等。但是在实验设计方面,由于学生此时还没有学习专业课程,所以结构力学实验和之后的专业课实验必须有所区别,不应设置过高的难度,否则将适得其反。

结构力学的研究对象是结构体系的受力性能,而结构体系的布置是非常灵活的,所以结构力学实验还应该与材料力学实验有所区别。在实验中应以提高学生的动手能力、设计能力为目标,可以自行设计构件、连接支座装置及结构体系。以结构体系为例,不一定要限定为平面杆件体系,而可以结合高层建筑、空间结构(如网架、网壳、索结构、开合结构、折叠结构等等),通过教师的适当启发,充分发挥学生的自主创新的能力。除完成基本实验外,结构力学实验课程应结合学科竞赛,为学生创造实验条件。

## 二、土木工程专业结构力学课程实验教学实践

2010年,笔者所在的扬州大学对土木工程专业进行了课程实验的教学改革,建立了土木工程专业本科系列开放性实验教学平台,将材料力学、结构力学、土木工程材料、土力学、混凝土基本理论等课程的实验整合为土木工程专业基础实验课程,共1.5个学分,48学时(实验时数为学时数乘以2),分三个学期完成,并统一编写了相应的课程教学大纲。实验课程分为基本型、提高型及创新型三个层次,其中基本型实验要求学生在一个设计完整的实验框架下重新验证结果,让学生通过实验来验证所学相关理论推导结论的正确性,从而加深对知识的理解,培养学生的推理能力、分析能力,训练其实验技能;提高型实验内容涉及该课程的综合知识或与该课程相关的知识,对学生的实验技能进行综合训练,培养学生的综合分析能力、实验动手能力、数据处理以及查阅资料的能力,要求学生综合运用两种以上的基本实验方法完成同一个实验,培养学生运用不同的思维方式和不同的实验原理综合分析问题、解决问题的能力,掌握不同的实验方法和实验技能;创新型实验要求学生根据给定的实验目的要求和实验条件,自己设计实验方案,选择实验器材,制定操作程序,学生必须运用自己掌握的知识进行问题分析和探讨,着重培养学生独立解决实际问题的能力、创新能力以及组织管理能力。

实验平台中的结构力学实验为新增设的模块,按照实验平台建设要求并参考相关文献<sup>[2-4]</sup>将几何组成实验、桁架及刚架静内力测定实验作为基本型实验(实验时数5,必选),将刚架稳定实验、静挠度测量实验、影响线绘制实验、结构优化实验、自振频率测定实验作为提高型实验(实验时数2,5选1),将自行加载的模型实验及其他实验作为创新型实验(实验时数2,结合结构模型创新大赛,如获奖还可取得相应的创新学分)。实验课程各模块按五级记分,其中平时成绩(包括实验理论及预习情况)占50%,实验操作及实验报告占50%,课程总成绩以学期为单位按各模块所得成绩的平均值计分。

根据实验平台建设要求,扬州大学与南京航空航天大学合作研制了 NHLX - G II 型刚架多功能实验装置,如图3所示。该装置由支撑刚架、定位板、支座、加载系统、加载杆等组成,可根据需要很方便地将支座更换为固定支座、铰支座及定向支座等,可自由设置加载点位置,不仅可以完成刚架静内力测定实验,还可完成挠曲线测定、影响线绘制等实验。在实验中由学生自己粘贴应变片以及完成接线,以提高学生的实验技能。在自主编写的实验报告中,除要求分析产生误差的原因,还要求学生将实验结果与结构力学求解器的求解结果进行对比分析,培养其科研思维能力,如:“计算中是否考虑剪切变形及轴向变形有什么影响?”、“考虑支座的实际尺寸时计算简图中计算长度的取值对结果有什么影响?应如何取值?”、“计算中是否考虑支座的实际弹性刚度对结果有什么影响?”等等。对这些问题的分析解答都是课堂理论教学所无法完成的。

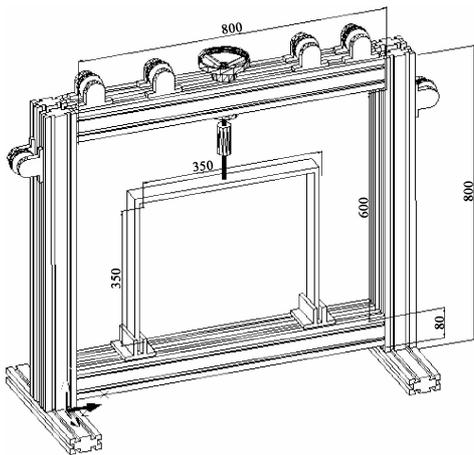


图3 NHLX - G II 型刚架实验装置

在创新型实验部分,学校将结构力学实验与结构创新竞赛(包括校内和校外竞赛活动)相结合,引导学生进行自主学习,如三维空间体系的几何组成分析及内力计算、简单有限元软件的应用(如 sap2000)等等。图4所示为学校举办结构模型制作及加载试验比赛的场景,其中左图为静力加载,右图为单向振动台试验。对于这些实验,学生们参与的热情非常高,达到了在趣味中感受结构力学的魅力,在趣味中提升对结构整体受力的感性认识的教学目的。



图4 结构模型制作加载试验比赛

扬州大学自2010年课程实验改革以来,结构力学实验模块的教学已在两届学生中得以实施。在课堂理论教学中可以明显感到学生对结构力学学习兴趣的增强,如课堂注意力较集中、课间课后提问较活跃等等。此外,与实验改革实施以前的两届学生(以每届两个教学班为单位)相比,几何组成部分的卷面平均出错率从19.3%下降为5.6%,做刚架弯矩图时结点平衡概念的出错率也大为降低,这从一个侧面反映了结构力学课程实验的教学成果。此外,学生还在各类结构创新大赛中屡获佳绩;以“减小支座弯矩”为概念的“抗震楼梯”设计还申报了国家专利,初步展现了创新型结构力学实验教学的成果。

### 三、结语

学校土木工程专业本科系列实验教学平台的专项建设,推动了结构力学实验课程教学质量的提升。结构力学课程实验的教学实践成果主要体现在以下几方面。

(1)实验教学打破了结构力学课程课堂理论教学一统天下的局面,让学生能真正参与课程教学互动,帮助学生学会独立思考,并能灵活应用所学知识,与课堂理论教学形成良性互动。

(2)改革前后学生成绩的对比,客观上显示了基础型和提高型实验在促进学生对课程基本概念的形象理解、基本技能和动手能力的提升方面的重要作用。

(3)创新型实验的设置,激发了学生的创造性和自主学习的能力,增强了学生对专业的感性认识和学习兴趣,取得了较好的实践成果。

#### 参考文献:

- [1] 黄再兴,胡海岩.国内外大学工科专业力学课程设置情况对比[J].力学与实践,2003,1:44-46.
- [2] 刘礼华,等.以基本内容为核心创建结构力学实验体系[J].理工高教研究,2007,26(1):116-117.
- [3] 张乃群,等.分层次开放性实验教学模式探索[J].南阳师范学院学报,2009,8(6):105-108.
- [4] 申静波,等.初探开放性实验对学生能力的培养[J].高校实验室工作研究,2008,95(1):56-57.

## Teaching practice in construction of structural mechanics course for civil engineering

SUN Xufeng, TAO Yang

(Architectural Science and Technology Institute, Yangzhou University, Yangzhou 225127, P. R. China)

**Abstract:** Structural mechanics is the main professional basic course in civil engineering. For a long time, the role of structural mechanics experiment is not so clear because it is something between the material mechanics experiment and the professional structural experiment. Therefore, most universities neglect the experimental teaching in the structural mechanics course. Based on the construction of experimental teaching platform for civil engineering undergraduates, we discussed the important role of experiment during the teaching and learning of structural mechanics.

**Keywords:** civil engineering specialty; structural mechanics; experiment teaching; teaching reform

(编辑 王 宣)