

结构力学课程教学应重视工程直觉的培养

郑玉国

(湖南科技大学 土木工程学院,湖南 湘潭 411201)

摘要:文章在分析结构力学课程的重要性,以及当前结构力学课程教学所面临的挑战的基础上,论述了结构力学课程教学中培养工程直觉的重要性,从强化直观感觉、加强结构力学实验教学、重视工程案例教学等三个方面,阐述了在结构力学课程教学中培养学生工程直觉的路径和方法,为结构力学课程教学的改革提供一些新思路,为创新型土木工程人才的培养提出一些思考。

关键词:结构力学;土木工程;工程直觉;教学改革

中图分类号:G642.0;TU311

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2016)01-0100-05

一、结构力学课程的重要性

作为土木工程专业承接基础课和专业课的重要课程,结构力学课程历来受到各高校、教学管理部门及专业协会、学会的重视^[1]。结构力学是固体力学的一个分支,主要研究结构在外力和其他外界因素作用下的内力和变形,结构的强度、刚度、稳定性和动力响应,以及结构的组成规律等问题。

结构力学课程是大学本科土木工程专业一门非常重要的专业基础课,是联系基础理论课程和专业课程的重要纽带和桥梁^[2]。通过结构力学的学习,一方面为学生学习诸如桥梁工程、结构设计原理、建筑结构设计等专业课程提供力学基础和结构分析的基本方法,另一方面为学生在将来从事与土木工程相关的工作中解决实际工程问题提供思路和方法。因此,结构力学课程的教学直接影响大学本科土木工程专业后续专业课程的学习效果。此外,学生通过结构力学课程学习而获得的结构力学素养,对学生综合能力的提高和综合素质的培养至关重要。

二、结构力学课程教学面临的挑战与压力

近些年来,结构力学课程教学现状不容乐观,例如课程本身难度较大导致学生学习兴趣低落、课程内容多而讲授时间压缩严重、教学内容与后续课程和工程实际脱节等^[3]。在当今急剧变化的新时代下,结构力学课程教学所面临的各方面的挑战与压力越来越大。

收稿日期:2015-06-30

基金项目:国家级地方高校土木工程专业高素质应用人才培养模式创新实验区项目;湖南省土木工程专业校企合作人才培养示范基地项目(145811)

作者简介:郑玉国(1978-),男,湖南科技大学土木工程学院副教授,博士,主要从事桥梁工程及结构优化设计研究,(E-mail)666zyg@tongji.edu.cn。

首先在个人计算机和个人网络终端非常普及的大环境和互联网+的新背景下,网络信息的获取非常便捷,网络信息非常丰富,对大学生充满吸引力,诸多网络新、奇、特等信息急剧冲击课堂教学,网络信息本身的快餐性、易消化性、视觉性等特点^[4]极大地吸引和消耗了学生的注意力和精力,也迎合了某些大学生不愿动脑、不愿动手、不劳而获、急功近利、以最小的“网络付出”换取最大现实成果等各种潜在心理。而所有这些都与结构力学课程本身所具有的理性、深奥性、抽象性等特点形成了鲜明的对比,与结构力学课程学习必须经过理性思索、过程推导、步骤分析,以及必须经过艰苦探索才能获得一定结果的常规模式形成了鲜明对照。显而易见,结构力学课程教学要激发学生的兴趣难度不小。

其次,大学生的心理本质决定了在丰富多变的大学生活中,大学生具有各方面素质综合提高和全面完善的强烈需要,而大学生活本身也充满了诸多的兴趣点和分散点,从而导致大学生什么都想学、什么都想去尝试,这必然大量分散大学生的精力,必定导致大学生在课程学习中所投入的精力十分有限。

最后,当今社会的一些负面思潮^[5]对某些大学生的心理影响较大,某些大学生探索知识、科学的热情在削减。对理性知识、抽象理论以及充满逻辑的力学推理、需要动手实践的学习兴趣不大。很显然,这些与结构力学课程学习需要付出大量精力才能取得较好效果的特性是矛盾的。

当然也应该看到,包括土木工程专业本科生在内的当代大学生普遍具有积极向上、乐观进取的精神,具有强烈的独立自主意识、社会参与意识与创新求变意识等优良品质^[6]。如何在结构力学课程教学中充分发挥当代大学生的优良品质,扬长避短,锐意革新,是目前结构力学课程教学需要解决的问题。

三、工程直觉的重要性

土木工程专业学生普遍认为,结构力学课程知识是理性的、抽象的、深奥的。一直以来,结构力学课程教学也非常重视和强调从理性的角度侧重客观和抽象知识的教学,片面强调理性思维和抽象思维的培养,却大大忽视了感性思维和工程直觉的重要作用。可是从认知和创新的本质与源泉来讲,感性和直觉是非常重要的,在很多情况下它们甚至比理性思维和抽象思维更重要。

所谓直觉,是指对一个问题未经逐步分析,没有

完整的分析过程与逻辑程序,仅依据内因的感知、灵感或顿悟就能迅速地理解,并对问题的答案做出判断和结论的一种思维活动。直觉具有直接性、敏捷性、简缩性、跳跃性等特点,它是逻辑思维和逻辑过程最大程度的凝聚或简缩^[7]。很显然,直觉的特性非常契合当代社会的特点和当代大学生的需求,可以跨越过程直接得到结果,而这个结果正好符合问题的性质和对研究对象的正确结论。因此,在结构力学课程教学中强调工程直觉的培养是必要的。

结构力学课程内容非常丰富,从大的方面来讲主要包括结构的几何组成分析、静定结构受力分析、虚功原理及结构位移计算、影响线、超静定结构受力分析、结构动力计算、结构稳定计算、结构的塑性分析及极限荷载等八大部分,除最后一部分结构的塑性分析及极限荷载通常作为选修内容之外,其他均为必修内容,是土木工程专业大学本科必须了解、认知或者掌握的。而每个部分通常又包含诸多不同的研究对象及其不同的求解和分析方法。很显然,要在有限的课时之内(通常为72学时或80学时)要求学生把所有的知识点、基本原理和基本方法都能深刻、透彻地掌握,且能融会贯通运用自如,这是难以做到的。所以必须对结构力学课程教学内容“剥皮抽筋露骨”,通过有限的“骨点”进行“连线”然后“带面”。让学生通过抓住关键的知识点再延伸、联想或者扩展直至掌握结构力学所有重要的知识点。

众所周知,从本质上来看,科学来源于经验与实践,但又高于经验与实践,而直觉是经经验与实践到达科学的重要桥梁,是创新的重要源泉。土木工程专业学生只有深入掌握了结构力学课程的重要知识点,才能在后续专业课程的学习中触类旁通,在以后的工程实践中如虎添翼。

当前,计算机和有限元的结合已经广泛渗透到土木工程的各个角落,而且一台非常普通的计算机其计算能力已经非常强大,几乎可以解决大多数土木工程的常规计算问题。当几乎所有土木工程的计算问题都交给计算机、交给有限元解决的时候,土木工程师或者人的作用在哪里?土木工程师的能动性和创造性在哪里?答案就是工程直觉和力学素养。没有良好的工程直觉和力学素养,就没办法从根本上掌握结构的荷载特性、约束特性和结构特点,从而无法从本质上判断计算模型或者有限元模型的合理性。当计算机或者有限元分析完成后,只有借助良

好的工程直觉和力学素养,才能判断分析结果和计算结果的合理性及有效性。

四、工程直觉的培养

(一) 强化直观感觉

工程直觉的培养是一个漫长的过程,需要不断地去感受、顿悟和强化,不能一蹴而就。从根本上来讲,人从自身身体上获得的或者通过肉眼获得的感觉和认识是根深蒂固的,也是最深刻的,最容易向外扩展、演绎和衍伸。这些感觉和认识通常也是结果性的,一旦这些跨越逻辑分析过程的感觉和认识被不断地加强,工程的直觉就会慢慢地被培养起来。

人的身体本身就是结构力学课程教学培养工程直觉的最好教具,也是结构力学中非常抽象的各类结构的最直观的“工程”背景。例如双脚紧缚于地的整体的人(将双脚紧缚于地看作固定支座约束,将整体的人看作一直杆)就是一个“几何不变体”,两只握紧的手(不能平动、不能转动)就是一个“刚结点”,平伸的紧绷手臂(手臂看作一直杆,手臂根部与身体看作固结)就是一个“悬臂梁”,双脚紧缚于地的两个人各平伸一只手臂且手紧握在一起(将双脚紧缚于地看作固定支座约束,两个人的身体看作柱式直杆,两个手臂看作梁式直杆,手臂根部与身体看作固结,紧握的两手看作刚结点)就是一个“平面刚架”,等等。通过这种最直观最直接的感觉、认识和体验,一方面培养了结构力学课程学习中学生必须具有的形象思维和空间想象能力,另一方面学生对相关基本概念物理含义的理解将会非常深刻,对结构特点、约束特性和荷载特性的认识将非常到位。然后再进行抽象理论知识、逻辑分析、求解思路和求解步骤的学习,学生将非常乐于认同和接受结构力学^[8]。

在结构力学课程教学中,虽然逻辑过程是获取知识的一座桥梁,非常重要,但同时也应重视工程直觉的培养,特别是与直观感觉、直观认识血肉联系的抽象理论知识、逻辑分析过程的结果和结论,它才是结构力学课程学习的根本目的,也是学生后续专业课程学习的基础和从事工程实践工作的基石。不断进行“直观感觉→逻辑过程→工程直觉”的训练和强化,目的只有一个:跨越“逻辑过程”直接由“直观感觉”达到“工程直觉”,即“直观感觉→工程直觉”。近些年来,在结构力学课程教学中反复强调的不经逻辑分析和步骤求解而快速判断结构的变形形状、

快速绘制结构的弯矩图等应用能力的培养^[9],本质上都是工程直觉的直接体现。

(二) 开展和加强结构力学实验教学

一直以来,在结构力学课程教学中,结构力学课程实验教学问题常常被忽视,但是对于结构力学这种工程实践性非常强的专业基础课程而言,课堂理论教学和实验教学是相辅相成的,二者缺一不可。结构力学课堂理论教学可以为实验教学提供理论指导和理论方法,这是毫无疑问的。开展结构力学实验教学,可以使学生认识到实验可以创造理论、实验可以验证理论、实验可为实践提供经验,帮助学生认识结构力学实验是保证工程结构的正确设计和安全运行必不可少的重要环节,能培养学生使用多种实验仪器的能力,帮助学生掌握结构力学实验的基本功,提高学生对结构力学综合试验的设计、组织和创新能力^[10]。

在学生课堂理论学习的基础上,通过学生亲自动手开展结构力学实验,能够给学生以亲身的体验,以进一步明确和强化课堂教学的基本理论和基本概念,更能对课堂教学产生促进作用。

学生自己动手进行结构力学实验设计、实验仪器设备操作,并观察实验现象,这些都是直观的、感性的;学生亲自进行实验数据的处理、实验规律的整理、实验结果和结论的推导,这些都是抽象的、理性的。当感性和理性紧密结合、当实验的结果和结论与课堂教学的理论结果和结论对应起来,随着切身体验的不断加强,结构力学实验的实例到相关结果和结论的工程直觉就会被不断强化。

在结构力学课程教学中,土木工程专业学生最开始接触的两个重要概念是“几何不变体系”和“几何可变体系”。教材通常对“几何不变体系”的定义为:在不考虑材料应变的条件下,体系的几何形状和位置是不能改变的;对“几何可变体系”的定义为:在不考虑材料应变的条件下,体系的几何形状和位置是可以改变的^[11]。这两个概念看似简单,但对于刚接触结构力学课程的土木工程专业学生而言却非常抽象和难以理解,即使辅助于如图1和图2所示的两个经典示例,学生仍会感到疑惑。

然而,如果预先设计好如图3所示的带圆孔杆件和螺栓^[10],在理论课程教学结束之后紧接着进行体验试验,由学生采用杆件和螺栓拼装出与图1和图2对应的试验体系(如图4和图5所示),情况就

会有所不同。

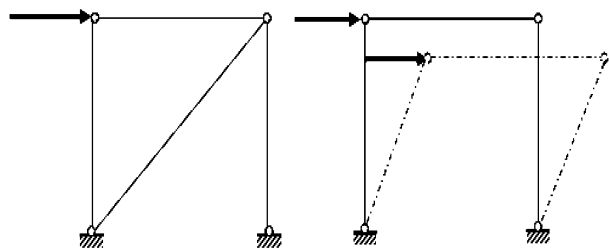


图1 几何不变体系

图2 几何可变体系



图3 预先设计专用杆件

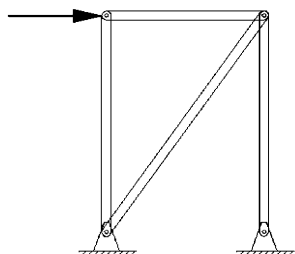


图4 几何不变体系体验试验

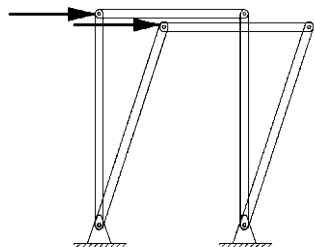


图5 几何可变体系体验试验

根据拼装完成的试验体系的反应,学生就能理解“几何不变体系”和“几何可变体系”的基本概念,而且这种理解会非常直观和深刻,课堂理论学习中的疑惑也将随之烟消云散。

针对结构力学课程的重要概念和关键的典型实例,或者开展体验试验,或者开展力学试验,这在当前的教学实践中均是可以实现的。在结构力学试验中逐渐获得的工程直觉将会慢慢深入学生的骨髓,并对学生今后的工程实践产生重要影响。

(三)加强工程案例教学

当前我国正处于土木工程大建设的新时期,各种不同的新材料、新结构、新建筑及其相关的各种问题如雨后春笋般层出不穷,这对从事土木工程行业的专业人员而言是最好的时代,也是机遇与挑战并存的年代,有利于土木工程专业结构力学课程教学工作。

一直以来,土木工程“巨人”的腾飞得益于两只强有力的“翅膀”,一只“翅膀”是数学,一只“翅膀”

是力学。各种不同土木工程的建设及相关的各种问题,为结构力学课程的教学提供了最具营养的土壤,它们是结构力学课程教学的最好案例。工程案例对土木工程专业本科生结构力学课程学习提供了活生生的视觉冲击和最直观的结果。这些结果是能够与工程直觉一一对应的,从而使得学生能够发现结构力学的巨大魅力,提高对结构力学的学习兴趣,使学生对结构力学基本原理、基本概念的理解更直接、更深刻,以进一步深化和强化学生的工程直觉。

工程案例教学和工程直觉的培养是相辅相成的。在工程直觉的指引下,土木工程专业学生会有意无意、情不自禁地关注相关工程案例,例如在车辆通行的条件下位于大跨度斜拉桥的跨中感受到的振动会非常明显而且强烈;普通钢筋混凝土简支梁桥在长期超载条件下跨中截面下缘通常会出现横桥向的水平裂缝等。运用结构力学基本理论、基本方法去分析这些工程案例相关问题,寻求问题产生的原因和结果。在此过程中,既加深了对结构力学课程知识的理解,也培养了工程直觉。

五、结语

结构力学课程作为土木工程专业最重要的专业基础课,其重要性是毋庸置疑的。本文在分析当前结构力学课程教学所面临的挑战的基础上,论述了结构力学课程教学中工程直觉的重要性,并从强化直观感觉、开展和加强结构力学实验教学、加强工程案例教学等三个方面,阐述了结构力学课程教学中工程直觉的培养路径和方法,为结构力学课程教学的改革提供了新思路。应该指出的是,结构力学课程教学改革是一项极具复杂性、系统性的工程,必须要聚集更多的力量和智慧,在实际教学活动中不断探索,才能进一步加快结构力学课程教学改革的步伐,切实提高结构力学课程教学质量。

参考文献:

- [1] 蔡东升,刘荣桂. 土木工程大类专业结构力学教学探讨[J]. 高等建筑教育,2012,21(4):62-65.
- [2] 刘京红,祝捷,何洪明,杜光乾. 改进结构力学教学方法提高学生实践创新能力[J]. 河北农业大学学报:农林教育版,2011,13(3):339-341.
- [3] 郭延华,巩伟平,周书敬. 结构力学多媒体双语教学改革的探索与实践[J]. 河北工程大学学报:社会科学版,2008,25(2):90-91.
- [4] 陈佳. 网络文化对当代大学生价值观的影响及教育引导

- 对策研究[D]. 重庆:西南大学硕士学位论文,2013.
- [5]薛林军. 论加强大学生人文素质教育的迫切性[J]. 山西财经大学学报:高等教育版,2006,9(2):8-9.
- [6]吕鹏,王振. 当代大学生的特点与思想政治教育策略[J]. 教育与职业,2014,3:52-53.
- [7]王敏嘉. 试论科学发现中的直觉思维[D]. 长春:吉林大学硕士学位论文,2009.
- [8]教育部全国高校教师网络培训中心. 朱慈勉主讲在线培训课程结构力学[Z/OL]. <http://www.enetedu.com/index.php/Course2/detail?id=182>.
- [9]严跃成,申继红. 结构力学定性分析的研究与实践[J]. 高等建筑教育,2008,17(4):79-81.
- [10]刘礼华,欧珠光. 结构力学实验[M]. 武汉大学出版社,2006.
- [11]包世华,辛克贵. 结构力学(上册)[M]. 武汉理工大学出版社,2012.

Engineering intuition cultivation in structural mechanics teaching

ZHENG Yuguo

(School of Civil Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, P. R. China)

Abstract: Based on the analysis and discussion of the importance of the structural mechanics course, and the pressure and challenge in its teaching in recent years, the importance of the engineering intuition in teaching of structural mechanics was discussed in detail. The training paths and methods of engineering intuition were presented in teaching of structural mechanics from three aspects, strengthening the intuitive feeling, developing and strengthening structural mechanics experiment teaching, and strengthening the case education. It provided some new ideas for the teaching reform of structural mechanics and some references for the cultivation of innovative talents in civil engineering.

Keywords: structural mechanics; civil engineering; engineering intuition; teaching reform

(编辑 王 宣)