

中美结构类课程教学比较研究

伍云天, 李英民, 杨 溥, 刘立平

(重庆大学 土木工程学院, 重庆 400045)

摘要: 结构类课程是土木工程专业课程的重要组成部分, 因其综合性强、涉及知识面广并与实际密切结合而成为教学的重点和难点。在中国高校土木工程专业本科培养方案中, 该类课程的设置与教学不利于培养应用型和复合型人才, 具体表现在课程设置重合、重构件而轻结构、重理论而轻应用以及重技能而轻人文。文章以美国加利福尼亚州的著名私立大学——南加州大学为例, 从课程体系、教学理念、教学方法和实践环节等多个层面探讨了美国高校该类课程设置的特色与优点, 提出了适合中国国情的教学改革方案。

关键词: 建筑结构; 课程体系; 教学方法; 实践环节; 教学改革

中图分类号: G642.0 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2012)02-0033-04

一、结构类课程概述

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)》指出, 高等教育要进一步优化结构, 办出特色, 重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模^[1]。教育部着手制定的“卓越工程师培养计划”也强调工程人才的综合应用能力培养^[2]。中国高校土木工程专业本科培养方案中明确规定, 该专业学生应在了解结构工程基本理论的基础上掌握结构分析与设计技能, 具有进行工程设计的初步能力, 经过一定环节的训练, 具有研究、应用、开发的创新能力。根据这一培养目标划分, 以结构整体的分析、设计为学习对象的结构类课程主要包括荷载与结构设计方法^[3]、结构抗震设计^[4]、多高层房屋结构设计^[5]、专业认识实习和毕业设计与答辩。该类课程与以结构工程基本理论为学习对象的专业基础类课程(如混凝土结构^[5]、钢结构设计原理^[6]等)的区别在于, 后者侧重建筑结构单个构件的分析与设计, 如柱构件的弯剪扭分析与计算, 而前者则是从结构整体出发, 根据结构受力特点与规范要求, 进行结构选型, 通过概念设计、结构分析计算和构造措施设计出从地基基础到上部结构的完整建筑结构。以结构抗震设计课程为例, 其任务是培养学生具有一定的结构抗震计算的理论基础, 掌握基本的抗震设计原理, 能够从事一般房屋结构的抗震设计工作。该课程以讲述结构抗震设计思想为主线, 结合新抗震规范重点讲授抗震设计基本原则、地震作用和结构抗震设计理论, 并对结构地震反应的时程分析法和抗震构造措施作必要的介绍。

与专业基础类课程比, 结构类课程涉及的知识面更广, 既包含了地质学、地震工程学、概率与统计学等和传统结构工程关系较远的学科, 又涵盖了混凝土结

收稿日期: 2012-02-22

基金项目: 2009年重庆大学大类系列课程建设项目“大土木类结构系列课程建设”

作者简介: 伍云天(1979-), 男, 重庆大学土木工程学院副教授, 博士, 主要从事结构工程和防灾减灾工程研究, (E-mail) yangpu@cqu.edu.cn。

构、钢结构、砌体结构乃至组合结构等传统结构工程科目,还结合了材料力学、结构力学与结构动力学等力学知识。此外,由于该类课程综合性强、知识面广、与工程实际密切相关等特点,该类课程与现行的各类规范、规程与行业标准也有密切关系。学好该类课程对该专业方向的学生今后在设计院或施工单位的职业发展起着关键作用。

二、结构类课程教学改革的必要性

结构类课程是实现土木工程专业本科培养方案中设定的培养规格与目标的重要环节。然而,目前该类课程的教学在系统性与创新性方面存在不足。

(一)课程设置不尽合理

从知识体系的构建来看,荷载与结构设计方法是结构类课程不可或缺的一门课程。任何建筑设计项目都始于确定该结构所受的各类荷载,对其结构的整体性意义不言而喻。然而,按照中国土木工程专业课程的设置,荷载与结构设计方法被划分为专业基础课,使该课程与其他专业基础课程,如混凝土结构等部分内容重复,给该课程的教学带来一定程度的误导:任课教师与学生将重点放在各类荷载取值的数学建模与机理分析上,而不是从结构整体意义上把握各类荷载的确定对结构整体设计的重大影响上。其结果就是令学生分不清荷载与结构设计方法与其他专业基础课程的区别,造成师生双方低估该课程的重要性。

(二)重构件而轻结构

专业基础课程强调对单个构件的受力分析与计算,不重视解释构件受力形式形成的原因,从专业基础课程的教学目标看,这是无可厚非的。因为构件的受力形式取决于不同构件间的相互关系,涉及不同构件之间力的传递,这属于结构体系的传力路径选取问题,是结构设计的重要核心问题之一,理应通过以结构整体的分析设计为学习对象的结构类课程加以解决。以结构抗震设计课程为例,地震作用属于侧向力的一种,地震作用一般发端于楼板,从楼板传递到梁—柱框架、剪力墙或支撑框架,最后通过与基础的连接传递至基础和地基,这样的传力路径决定了不同构件间的相互关系。以多高层房屋结构设计课程为例,多高层房屋既要承担房屋自重带来的竖向荷载,也要抵抗风荷载和地震作用引起的侧向力,这些都是决定结构体系选取的重要问题。但是由于对结构整体的重视度不够,对结构抗震设计和多高层房屋结构设计课程的教学仍然强调构件的计

算,而没有将重点放在结构体系上。

(三)重理论而轻应用

目前结构类课程仍然以教师讲授为主要授课方式,学生缺乏将所学知识加以应用的机会。这是由于与专业基础类课程相比,该类课程所涉及的知识往往更复杂、综合性更强,很难通过作业或考试让学生加以应用,这使该类课程作业很难布置,只能将教学内容零碎化,以满足考核需要。这样使是学生无法将所学的结构体系分析与设计知识消化吸收,只能从理论上得到一定的间接认识,结构设计的创新能力培养无从谈起。

(四)重技能而轻人文

专业认识实习和毕业设计与答辩是目前土木工程专业培养方案课程设置中的集中实践环节。这两门课程都是以具体的结构设计为对象,将所学的专业知识综合应用,可以说,这两门课程是最接近结构工程师实际工作情境的课程,相当于就业前的“实战演练”。然而,这两门课程仅强调学生在分析、设计与绘图等专业技能上的表现,基本忽视了结构工程师人文素养的培养。结构工程师的人文素养对个人职业发展起重要作用。结构设计是团队协作劳动,要求成员具有一定的沟通能力和协作精神,此外,职业操守和对各类建设法规的了解也十分重要。因此,目前专业认识实习和毕业设计与答辩课程没有将工程师人文素养的培养纳入课程目标,不利于学生综合能力的培养。

三、南加州大学结构类课程体系

美国南加州地区处于世界著名的地震带上,抗震设计在该地区房屋建筑的结构设计中起决定性作用。在南加州地区的结构设计实践中,一栋建筑的受力结构体系一般被划分为承重体系与抗侧力体系:承重体系承担建筑自重带来的竖向荷载,包括承重墙、楼板、梁、柱及其连接节点和基础等;抗侧力体系则除了承担自重外,主要用于抵抗风荷载或地震作用引起的侧向力,包括楼盖、抗侧力竖向构件(如剪力墙、框架等)、基础及各部分的连接节点。承重体系与抗侧力体系的结构设计是分开进行的。毫无疑问,抗侧力体系的设计远比承重体系设计复杂、重要。与之相应,南加州大学在土木工程专业的结构工程方向的专业课程设置上,也体现了承重体系设计与抗侧力体系设计的区别。其中,本科生侧重学习结构承重体系的设计,主要课程包括混凝土设计、钢结构设计、木结构与砌体结构设计。而抗侧力体系设计的学习,则主要安排在研究生阶段,主要课

程包括高等混凝土、高等钢结构、地震工程学、结构动力荷载设计。本科生毕业后如果直接进入南加州地区的结构设计公司工作,在其职业生涯的最初几年主要以承重体系设计为主,然后在公司老员工的指导下逐步深入学习抗震设计。还有一定比例的本科毕业生,在工作的同时攻读硕士学位,学习抗震设计理论与方法。学校土木与环境工程系的研究生课程,往往安排在夜间进行,且采用学分制,即只要修完要求的必修课程和选修课程,且修满规定数量的学分(一般是9门课共27个学分),就可以申请硕士学位,并不需要硕士学位论文。这样的硕士学制安排,适应市场需要,使在职结构设计人员在不脱产的情况下能够继续攻读硕士学位。由于美国是市场经济国家,其高等教育也不可避免地受到人才市场需求的影响。以土木工程专业结构工程方向为例,学校的学士与硕士的培养理念,是能适应结构设计公司的需要,培养出既具有扎实的理论功底,又具备实践动手能力,还具备作为一名结构设计人员所应具有的职业操守与社会责任感。因此,除了以学术研究为主的教授外,学校土木系的任课教师中,还有一定数量的来自当地著名结构设计公司的负责人或经验丰富的结构工程师。

由于国情与行业特点不同,南加州大学结构类课程设置与中国不同,更强调结构体系基本概念的灌输和掌握,重视对结构体系设计知识的系统化建构和实际应用。而各结构设计公司也承担了一部分教育和训练的任务。

(一) 结构体系概念的入门课程——木结构与砌体结构设计

木结构与砌体结构在美国是十分常用的结构形式,尤其是木结构。木质材料性能相对简单,木结构房屋一般只有2~3层,便于手算,且木结构构件间的连接直观简单,工业化程度高,因此,本科阶段开设了木结构与砌体结构设计课程。由于构件设计简单明了,该课程的相当大篇幅是介绍木结构和砌体结构的结构体系设计,是学生接触结构体系概念的入门课程。

(二) 顶点课程——结构体系设计与结构设计项目

顶点课程是美国高校为高年级尤其是临近毕业的本科生或硕士生开设的一门综合性课程,类似中国的毕业设计。顶点课程最显著的两个特点:一是为学生提供整合已得的知识、技能和态度等的机会,二是为学生进入真实世界做准备,即通过要求学生

完成一些应用性的项目,如服务性实习等,为他们提供参与真实世界的机会,让学生把先前所学知识和技能应用于解决实际问题,为他们进入职业领域做准备。在顶点课程的学习中,针对的对象就不再是单个的构件而是作为一个整体的结构体系了。南加州大学为结构工程专业本科生和硕士生分别开设了适应各自学力水平的顶点课程,即结构体系设计与结构设计项目。与中国毕业设计课程的最大不同在于,顶点课程的设置最大限度地模拟了结构工程师的真实工作情境,将沟通能力和协作精神的训练也纳入了课程内容。

(三) 建筑结构类课程的课程项目

几乎所有的结构类课程都包含了课程项目,由于该类课程探讨的是完整的结构体系的设计原理,涉及到的知识面、计算量远远大于构件设计,很难布置作业。为了能及时应用所学的结构知识,该类课程一般都设立了课程项目,具体做法是将学生分组,然后每组学生选定一个与课程相关的结构设计项目,项目设计的推进与课程的推进同步,这样就可以及时应用所学的知识,到期末时各分组将项目的情况以报告的形式提交,其成绩占期末总成绩的一定比重。

四、结构类课程教学改革思路

根据上述比较研究,可以得出中美高校在土木工程专业结构类课程设置与教学方面的主要区别:首先,美国的结构设计公司等用人单位以直接参与教学或对在职工程师进行职业培训的形式加入到了学生的培养体系中;其次,美国高校更重视结构体系设计基本概念的灌输和应用;第三,由于木结构在美国的广泛应用,使这一相对简单易懂的结构形式成为本科生接触结构体系设计的入门课程,对学生理解和掌握结构体系设计的基本概念帮助很大;第四,该类课程中以课程项目的形式让学生将综合性复杂结构设计知识及时应用;最后,通过在顶点课程中引入沟通能力和团队协作能力培养的内容,有利于学生综合素质的培养。

中国土木工程专业结构类课程的有效性和全面性不足,表现在课程设置重合、重构件而轻结构、重理论而轻应用以及重技能而轻人文。由于国情和行业特点不同,不能完全照搬他国的经验,只有在充分认识到自己不足的前提下,借鉴并吸收他国有益、可行的并适合中国国情的经验。

(一) 调整结构类课程体系

应尽量避免在不同课程中出现重复性的授课内

容,对一些结构类课程的定位应更明确,如荷载与结构设计方法,减少不实用的数学建模或机理分析,代之以能够与其他结构类设计课程互为补充的内容。

(二)适当减少部分课程内容

由于结构类课程与工程实际关系密切,授课内容中不可避免地会涉及到很多难以用课堂授课方式讲解清楚的知识,如抗震构造措施。应考虑适当减少这部分内容,而将重点放在基本概念的夯实,并给予学生一定的应用所学知识的机会。

(三)将课程项目引入结构抗震设计和多高层房屋结构设计课程

课程项目不仅可以让学生得到及时应用所学知识的机会,而且课程项目一般会贯穿整个授课过程,有利于对学生考核。

(四)具有丰富实际工程经验的结构工程师参与教学

具有丰富实际工程经验的结构工程师可以适当参与教学。他们既可以让接触到最直观的结构

设计经验,又可将用人单位对人才培养的需求直接反馈到课堂中来。

参考文献:

- [1] 规划纲要工作小组办公室. 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)[EB/OL]. (2011-07-29) [2012-01-25]. <http://www.moe.gov.cn>.
- [2] 李黎,张仲先,朱宏平. 土木卓越工程师培养计划研究[J]. 高等建筑教育,2011,20(6):19-24.
- [3] 李国强,黄宏伟,吴迅,等. 工程结构荷载与可靠度设计原理[M]. 3版. 北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [4] 李英民,杨溥. 建筑结构抗震设计[M]. 重庆:重庆大学出版社,2011.
- [5] 方鄂华,钱稼茹,等. 多高层房屋结构设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [6] 东南大学,同济大学,天津大学. 混凝土结构设计原理[M]. 4版. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [7] 陈少蕃. 钢结构设计原理[M]. 3版. 北京:科学出版社,2005.

Comparative study on characteristics of structural system design courses in American universities

WU Yun-tian, LI Ying-min, YANG Pu, LIU Li-ping

(College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: Structural system design courses are important while difficult for both the lecturers and students in the major of civil engineering due to the complexity, wide scope and profound connection with engineering practice of those courses. Unfortunately, the educational objectives of these courses can be hardly fulfilled due to the poor configuration in terms of effectiveness and completion of these courses. Contents of some courses overlap. Emphases of teaching are partially put on structural elements instead of system, theories instead of application and skills instead on professionalism. This paper takes the University of Southern California as the example and introduces several characteristics and merits in the course configuration, teaching philosophy and methods and application practice of structural design courses in American universities. Based on a comparative study, suggestions are made for the improvement of the teaching of the structural system design courses in China.

Keywords: structure; course configuration; practice session; teaching reform

(编辑 詹燕平)