doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2018.02.019

欢迎按以下格式引用:王 建.建筑结构抗震设计课程教学方法探索［J］.高等建筑教育,2018,27(2):80-83.

建筑结构抗震设计课程教学方法探索

王　建

(哈尔滨工业大学 结构工程灾变与控制教育部重点实验室 土木工程智能防灾减灾工业和信息化部重点实验室,黑龙江 哈尔滨　150090)

摘要:针对土木工程专业建筑结构抗震设计课程教学现状和课程特点,结合教学实践经验,探索采用加强课程间联系、震害系统性分析、比较各国抗震设计方法和增强实践环节等措施,推进以基本概念为主导的教学方法,增强学生课程知识的系统性,加深学生对专业知识的理解程度,提升建筑结构抗震设计课程的教学质量。

关键词:结构抗震设计;教学方法;课程联系;震害分析

中图分类号:TU352.1;G642.0　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-2909(2018)02-0080-04

中国属于地震多发国家,减轻地震灾害、保护人民生命安全,对保障社会经济发展和人民生活有着重要的作用,其中建筑结构抗震减震是减轻地震灾害的有效技术手段。建筑结构抗震设计是土木工程学科的专业课之一,是一门建立在震害调查基础上的理论性与实践性很强的课程[1],该课程对培养抗震意识、理解抗震理念、掌握抗震设计的专门人才有重要作用,目前很多学校的建筑结构抗震设计都是必修课程。

地震具有很强的不确定性、结构地震反应的非线性以及地震作用属于动力荷载的特点,因此相对其他土木工程专业课程,结构抗震设计课程理论不够系统、成熟,课程实际教学效果中学生对抗震设计流程不熟练、抗震设计理念掌握得不扎实,不能灵活运用抗震知识。在建筑结构抗震设计课程改革方面,哈尔滨工业大学提出在教学改革中要坚持理论与实际相结合,坚持教学、科研一体化,强化师资队伍建设,注重互动、启发的教学方法,建立长效考核机制的建议[2]。同济大学提出形成以反应谱理论、概念设计为主线的教学理念,并突出结构变形能力的重要性,讨论了地震震害特点、抗震设防原则、地震作用计算和概念设计及构造措施等四个方面的教学要点[3]。湖南大学提出土木工程专业应按照“大土木”的思想,将建筑结构抗震设计课程拓展为结构抗震设计课程,在教材建设、课程教学等方面做出调整和改革建议[4]。武汉大学提出合

收稿日期:2017-02-12

作者简介:王建(1983—),男,哈尔滨工业大学土木工程学院讲师,博士,主要从事结构抗震及振动控制的教学和研究工作,(E-mail)wangjiantx@hit.edu.cn。

理安排教学内容、重视理论推导、教学与规范相结合以及重视实践教学的教学建议[5]。由此可见,突出“教、学、研”一体化,教学和科研紧密结合,课程教学和实践教学相结合是建筑结构抗震设计课程教学的共同认识,同时应充分调动学生的主动性和积极性,以达到培养建筑抗震综合素质型人才的教育目的[6]。

笔者在承担该课程的教学过程中,根据本专业学生思维特点和学习情况,总结了该课程的教学过程应主要强调基本概念、基本理论以及知识体系的宽度,尤其要重视与相关课程知识体系间的衔接,使学生系统性地掌握抗震知识。

一、建筑结构抗震设计课程现状

在土木工程专业四年制本科教学中,建筑结构抗震设计课程通常安排在第六学期或第七学期开展,一般为32学时。该课程不仅要求学生有较好的数学(微分方程、概率论)、力学(材料力学、结构力学)以及动力学(单自由度、多自由度结构动力分析)基础,而且要求学生熟知建筑材料(砌体、混凝土、钢材)、地基基础、砌体结构、混凝土结构以及钢结构等专业课程知识。如何综合运用这些知识,理解掌握抗震设计理论和方法是课程学习的关键。

建筑结构抗震设计课程的教材通常包含了大量中国抗震设计规范[7]的条文、公式以及表格,条文涉及了许多调整系数和抗震构造措施,内容相对乏味且规律性不强。另外,由于建筑结构抗震设计课程与其他课程存在联系,检验教学效果需要涉及很多其他课程的知识,过多的知识重复容易降低学生课堂注意力,且学生对相关知识掌握程度的差异影响课程教学效果。

总的来说,建筑结构抗震设计课程具有以下特点:理论难度较大、知识面广、综合性强、实践教学少。

二、建筑结构抗震设计教学方法探索

(一)加强课程间联系,拓展知识和能力的深度和宽度

结构抗震设计是土木工程专业本科生阶段以结构动力学作为主要理论基础的专业课,其前继专业基础课程有理论力学、材料力学、结构力学、混凝土结构设计原理和钢结构基本原理及设计等,它们主要以结构的静力分析和设计为主,与结构的动力分析有很大差别,而且在工程抗震设计实践中仍主要采用等效静力的设计方法。因此强调结构抗震设计课程与前继专业基础课程之间的联系和区别尤为重要。

结构抗震设计的首要任务是确定地震作用,它与混凝土结构和钢结构的设计流程完全相同,相当于结构设计的最不利荷载。反应谱理论是结构抗震设计中的核心概念,其目的就是确定结构的地震作用,同时反应谱理论又是结构动力分析和等效静力分析的联系纽带(如图1所示),是与其他课程的重要区别。因此,授课老师不仅要讲清楚反应谱理论的基本概念,更要清晰阐述如何通过反应谱理论从结构动力分析转换为等效静力分析。

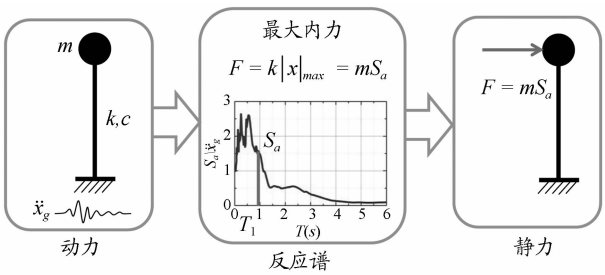

图1　反应谱理论

单条地震动时程记录的反应谱曲线是通过单自由度结构动力时程分析直接得到,规范中的设计谱是通过统计大量地震动时程记录的加速度反应谱曲线,并结合经验进行平滑处理得到。因此通过规范中的设计谱可以近似得到单自由度结构在设计基准期内最大恢复力,将该力作为侧向荷载作用到单自由度结构的质点处进行设计,即完成了结构动力分析转换为等效静力分析的过程。

规范中的设计谱本质上是用来预估结构在设计基准期内可能遭受的地震作用,在前继课程混凝土结构设计原理和钢结构基本原理及设计中,荷载汇集同样是为了确定结构在设计基准期内的最不利荷载,其区别为恒荷载和活荷载是静力荷载,地震作用是动力荷载。因此,荷载汇集可以作为这些课程间的桥梁和纽带,以荷载汇集为课程间知识联系点讲授反应谱理论,一定程度上可拓展学生知识和能力的深度和宽度,加强课程间在培养学生知识、能力和素质等方面的内在联系,将各门课程粘合成一个联系紧密的整体。

(二)重视震害系统性分析,点面结合形成知识体系

地震给人类带来灾难的同时也给人类呈现出宝贵的抗震资料,抗震设计理论是在大量实际经验和

教训的基础上发展的,几乎每经历一次大地震,都将呈现出未曾显现或重视的震害现象,抗震设计理论就会随之得到发展。由于地震的随机性和结构地震反应的滞回非线性,抗震设计理论经过一个世纪的发展,仍未形成系统成熟的理论。结构的震害,尤其是砌体结构和钢筋混凝土结构的震害还不能准确解释。因此,历史上成熟的震害经验就显得尤为宝贵,了解抗震设计理论的发展史将有助于加深学生对抗震理论的认识,拓展学生知识面。

例如,2008 年汶川 8.0 级特大地震和 2010 年玉树7.1级地震中,中小学校舍建筑破坏较为严重,并导致许多中小学生伤亡。根据 2010 年玉树地震震害调查资料,中小学校舍建筑是所有调查建筑物中破坏最严重的建筑类型,严重破坏和倒塌的占 76%,其中倒塌占 21%。汶川地震中钢筋混凝土框架校舍建筑的震害现象为:框架柱震害明显比框架梁严重,不符合一般框架结构“强柱弱梁”原则,而且结构底层柱顶破坏比柱脚严重。通过震害照片、数值模拟分析结果系统阐述这一震害,指出震害的原因和解决方案:必须提高校舍建筑的设防标准,深化落实“强柱弱梁”的抗震措施,对学生产生知识点“爆炸冲击”,让学生从震害分析中获取抗震知识,牢固掌握结构的抗震设计理念。

(三)比较各国抗震设计方法,强化抗震设计思想

中国抗震规范采用两阶段设计方法来实现“小震不坏,中震可修,大震不倒”的三个水准基本设防目标,大部分结构只需要进行第一阶段设计,即采用小震的地震作用进行截面承载力验算和弹性层间位移验算;通过抗震措施来实现第二和第三水准的性能要求。日本建筑基准法规定了两个水准的抗震设计,第一水准相当于中国的中震水平,按照容许应力验算结构的弹性强度;第二水准相当于中国的大震水平,进行结构层间变形、极限层剪力、刚度率和偏心率验算。美国抗震设计规范按照设计地震(相当于中国的中震水平)进行结构的抗震承载力验算和变形验算,通过选择结构的不同延性等级来满足相应设防水准的要求,采用结构反应调整系数 R 来折减弹性地震作用,从而考虑结构的弹塑性变形能力对弹性反应谱进行折减。

通过横向对比中、日、美抗震设计方法的异同,突出抗震设计的核心理念和中国抗震设计方法的特点。中国第二水准和第三水准抗震目标的实现属于定性设计,虽然简化了计算过程,表面上降低了运用设计方法的难度,但要求更深入地理解和掌握,务必强调第二水准和第三水准是结构抗震设计的重中之重,是保护结构抗震安全性的关键手段。通过对比各国抗震设计方法可以有助于学生理解、掌握抗震设计的关键点,更好地理解、运用中国的抗震设计方法。建筑结构的抗震设计应巧妙地顺应自然、适应自然,充分发挥结构体系、关键构件的塑性变形和耗能能力,才是降低地震灾害损失最有效的手段。

(四)加强实践教学,全方位体验抗震知识

学生对地震的认识主要通过教材和教学 PPT,渠道相对单一,教学手段应充分利用网络资源和实验室资源。首先,让学生观看地震视频形成视觉冲击,如观看美国国家地理频道出品的《终极灾难·地震》片段,宏观感受地震对地球、大地、结构、室内物品的影响;观看日本 E-Defense 振动台的足尺结构试验录像,细致观察结构在地震作用下的振动、变形以及破坏情况。然后,利用实验室中模拟地震振动台真实再现地震过程,让学生如身临其境般感受地震,以及让学生观看结构或结构构件的静力推覆试验,了解结构抗震试验的基本情况。通过上述途径让学生全面了解地震、认识结构在地震下破坏情况,增强学生对于抗震知识的兴趣和好奇心,以便带着问题在课堂上学习抗震知识。

三、结语

建筑结构抗震设计目前上没有统一的课程体系和教学大纲,但结构抗震问题受到越来越多的关注,该课程对培养合格的土木工程专业人才显得尤为重要。文章总结了几点教学方法和经验,在今后的教学实践中仍将继续探索完善,总体来说该课程应重视与其他课程的联系,强调震害经验及其与各知识点的联系,了解各国抗震设计方法并能灵活运用。因此,该课程应继续倡导“以基本概念为主”的教学理念,以反应谱理论和构件延性为主线,通过震害分析的点面结合开展课堂教学,多启发学生思考,激发学生学习好奇心,增强学习积极性,达到提高教学质量的目的。

参考文献:

[1] 李国强, 李杰, 苏小卒. 建筑结构抗震设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.

[2] 翟长海，李爽，徐龙军，郑文忠. 建筑结构抗震设计教学改革探索[J]. 高等建筑教育，2011，20(3):88-90.
[3] 任晓崧，郭雪峰，周球尚. 对建筑结构抗震课程教学的思考[J]. 高等建筑教育，2015，24(4):55-58.
[4] 尚守平，李峥. 工程结构抗震课程教学改革研究[J]. 中国建设教育，2006,8(8):46-48.
[5] 胡晓斌，徐礼华. 建筑结构抗震设计课程教学实践的几点思考[J]. 高等建筑教育，2015，24(5):120-122.
[6] 潘毅，李彤梅，黄云德,等. 建筑类建筑结构课程教学改革探讨与尝试[J]. 高等建筑教育，2010，19(6):119-121.
[7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50011-2010 建筑抗震设计规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2010.

Teaching method of seismic design of building course

WANG Jian

(*Key Lab of Structures Dynamic Behavior and Control of the Ministry of Education*;
Key Lab of Smart Prevention and Mitigation of Civil Engineering Disasters of the Ministry of Industry and Information Technology,
Harbin Institute of Technology, *Harbin 150090*, *P. R. China*)

Abstract: Based on the characteristics of the seismic design of building course and teaching experience, several methods are proposed for the colleagues, such as enhancing the integrity of courses, analyzing seismic damage, comparing seismic design methods, and increasing practice. All of trails are aiming to further enhance the teaching of fundamental concepts, develop the systematicness and understanding of seismic knowledge, and improve teaching effectiveness.

Keywords: seismic design of building; teaching method; course integrity; analyzing seismic damage

(编辑　胡　玥)