

# “多媒体－工程案例－数值仿真” 模式结构抗震原理教学探讨

孙广俊, 李鸿晶

(南京工业大学 土木工程学院, 江苏 南京 210009)

**摘要:**采用基于“多媒体－工程案例－数值仿真”的教学模式,依据知识模块划分,以实际工程案例为背景素材,借助有限元软件等数值仿真实验和多媒体演示手段,将学生引入到真实的地震工程情境中,实现教学内容的形象化和直观化,创造师生、学生之间的双向和多向互动氛围,开展工程结构抗震原理的课程教学,从而强化学生对工程结构抗震基本概念的理解和实际应用能力的培养。

**关键词:**多媒体;工程案例;数值仿真;抗震;教学

中图分类号:TU3-4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2015)06-0074-05

中国是世界上地震灾害最为严重的国家之一,地震活动分布广、频度高、强度大,全国1/3以上的国土、半数以上的大中城市位于地震基本烈度Ⅶ度和Ⅷ度以上地区。地震一旦发生,很可能产生严重的后果,造成生命和财产的巨大损失。从本质上讲,地震灾害的属性是土木工程灾害,其元凶是不合格的土木工程。工程结构抗震原理(简称“抗震课程”)作为土木工程专业的主干课程,则为解决工程结构的抗震安全性提供了理论基础和设计参考。对该课程进行积极有效的教学改革可以提高教学质量,保证教学效果,强化学生对工程结构抗震基本概念的理解和实际应用能力的培养。

长期以来的教学实践表明,仅通过传统的授课方式使学生完全掌握工程结构的抗震设计是不容易的,也不利于教学过程中学生工程实践意识和应用能力的培养。随着科学的发展,教学理念和教学方法也要不断地变化,这样才能适应科学发展和社会进步的需要。教学改革及其实践表明,基于“多媒体－工程案例－数值仿真”的教学模式是抗震课程教学中一种行之有效的方法和手段。

## 一、抗震课程特点及教学改革现状

抗震课程是一门理论难度大、综合性和实践性强的课程<sup>[1-3]</sup>,其主要特征表现如下。

(1)涉及的学科广泛,综合性强。

(2)包含的概念、公式和规范条文众多,内容抽象。

(3)工程实践性强,但实际教学中缺乏学生实践环节。

(4)学时不足,且授课学期(一般安排在第7学期)学生以求职或考研为主,学习积极性不高。

收稿日期:2015-04-07

作者简介:孙广俊(1979-),男,南京工业大学土木工程学院博士、副教授,主要从事工程结构抗震设计、工程结构荷载与可靠度设计等研究,(E-mail) gjsun2004@163.com。

(5)知识更新快,与行业规范结合紧密。

(6)课程授课效果直接影响毕业设计和研究生阶段学习。

面对上述特点,长期以来很多高校对于抗震课程的教学模式还是采取灌输式的传统讲授法,这种教学模式的针对性不强,教学方法和手段相对落后,理论与实践衔接不好,学生对授课内容缺乏兴趣,已不能满足当前形势的需要。

目前,国外在抗震课程的教学上主要是大量使用工程案例和结构抗震仿真软件,并通过多媒体技术的途径强化学生对基本概念的理解和实际应用能力的培养。国内,为了改善抗震课程教学效果不如人意的现状,很多高校开展了积极有效的教学改革,在教学理念和教学手段上已经逐步呈现出与国外相一致的趋势。这些教学改革措施主要集中在以下几个方面。

(1)通过教学内容的调整和优化,合理安排教学内容,突出重点,抓住核心,解决抗震课程教学内容多而课时少的矛盾。

(2)通过利用网络资源,构建一个崭新的教学环境,使网络教学成为课堂教学的有力补充。

(3)通过发挥多媒体辅助教学优势,充分调动学生的视觉和听觉功能,提高教学质量和效率,是对传统课堂教学时间不足的弥补。

(4)通过在教学中加强工程案例分析,激励学生的学习主动性,增强其综合运用知识的能力,同时体现以学生为主体、教师为主导的教育理念。

(5)通过加强实践性教学环节,强化学生的素质培养。

## 二、“多媒体-工程案例-数值仿真”的教学模式在抗震课程教学中的运用

多媒体教学是现代化教学的一个重要手段,它可以将教学性、集成性、可演示性及可重复性融为一体,能给教学带来丰富的信息量。案例教学是一种有效的将理论与实践相结合的教学方法,通过案例启发学生思考,营造思维环境,是现代高校教育中不可缺少的教学方法之一。由于地震的抽象性和复杂性,学生对复杂的地震工程动力分析难以理解,而基于有限元理论的数值模拟技术及其软件具有模式直观、运算简捷的优点,有助于减轻学生的学习难度,帮助其认识和理解工程结构抗震的理论和方法,提高其结构分析能力。

因此,将基于有限元软件的数值仿真教学手段与工程案例教学方法相融合,不但可以扩展教学模式,提高教学效果,激发学生学习的主动性,深化其对工程结构抗震设计原理和方法的理解,而且可以

为其毕业以后从事工程结构领域的设计和科研工作打下基础。此外,数值仿真实验的一个优势在于可以克服实验室实验观测难、重复难和费用高的不足,还可以得到实验室无法真实再现的物理现象。通过引入数值仿真实验,可以从很大程度上改善抗震课程缺少实验教学环节的不足。

教学研究和实践表明,工程案例、数值仿真实验及计算机多媒体技术在抗震课程教学上的应用,可以使得学生亲身参与到教学过程中,深化对抗震原理和方法的理解,增强解决实际工程问题的能力,真正实现教与学的互动。

“多媒体-工程案例-数值仿真”教学模式的目标为:采用多媒体、工程案例与数值仿真实验相结合的教学模式,依据知识模块划分,以实际工程案例为背景素材,借助有限元数值仿真实验和多媒体演示手段,将学生引入到真实的地震工程情境中,实现教学内容的形象化和直观化,创造师生、学生之间的双向和多向互动氛围,以达到激发其学习兴趣、深化其对工程结构抗震原理的理解,增强其综合运用知识和解决实际问题的能力之目的。

针对上述的教学目标,结合课程的特点,“多媒体-工程案例-数值仿真”教学模式需要重点解决以下几个关键问题。

(1)典型工程案例在教学中的组织。好的案例是成功进行案例教学的前提和基础,如何根据教学内容选择具有代表性的案例,把工程抗震的理论寓于案例之中,再以案例的形式引导和展现出来,是教学中需要解决的一个主要问题。

(2)数值仿真实验在教学中的组织。如何根据教学内容,或结合代表性案例,通过数值仿真实验将抽象、枯燥的抗震概念和数据转化为形象、生动的图形和动态过程,是教学中需要解决的另一个主要问题。

(3)主导性与交互性的协调统一。案例教学法是一种促动式教学方法,如何改变传统举例教学的单向性,在充分发挥教师主导性的同时,促使学生通过工程案例与数值仿真教学在交互中认识相关抗震设计原理和方法,也是教学中需要解决的一个主要问题。

(4)教学与科研的协调统一。课程教学如能充分吸收已有的科研成果,不但可以促进课程质量的提高,而且能够有效地实现科研成果向教学的转化,同时对于今后从事科研工作的学生较早地参与科学研究也有一定的激励和促进作用。在科研推动行业发展的同时,将科研成果融入到课程教学内容中,使教学内容与行业发展相同步,也是教学中需要解决

的一个主要问题。

### 三、“多媒体-工程案例-数值仿真实验”教学资源库的建立

针对目前抗震课程存在的问题,需要根据教学内容重新调整和优化知识模块,在此基础上建立与知识模块相对应的工程案例资源库。基于有限元软件建立与工程案例相融合的数值仿真实验,在此基础上开发新的多媒体课件,构建“多媒体-工程案例-数值仿真”教学资源,并通过教学实践建立信息反馈和动态修正制度。教学数据库的建立主要包括以下三类。

(1)建立与教学内容相对应的代表性工程案例资源库。代表性案例所涉及的往往可能不是一、两个知识点,而是“知识群”。案例的内容应包括图像资料(视频、图片)、文字资料、学生学习过程所需要的综合分析题等。案例的选取应符合针对性、真实性、典型性、生动性及难度适中等标准,并且要兼顾教学时限的要求。

(2)建立基于有限元软件的数值仿真实验数据库。数值仿真实验不只是相关教学内容的简单演示,而应与工程案例相融合,形成理论与实践的无缝对接。数值仿真的结果应根据工程问题和物理问题的不同特点选择相适应的表现方式,如图表、图形、云图或动画等呈现给学生。数值仿真实验还需要更多地展现实验室无法真实再现的物理现象,如复杂结构的地震损伤、倒塌的动力演变过程等。

(3)建立与“多媒体-工程案例-数值仿真”模式相一致的多媒体课件。为了适应和体现“多媒体-工程案例-数值仿真”教学模式,需要建立新的多媒体课件。课件的制作在注重逻辑关系、突出重点的基础上,应避免文字、公式的简单堆砌,尽可能多地采用框架图、流程图等形式阐释知识结构的逻辑关系,采用图像、照片等形式形象、直观地展示工程案例,采用数值模拟的动态结果演示抽象的课程内容,加大信息量,扩展知识面,增强可读性。在此基础上,引入《工程抗震三字经》<sup>[4]</sup>对每一讲课件的重点和难点进行总结,以促进学生对知识点的理解和记忆。

此外,工程案例和数值仿真实验还需要考虑将最新的震害、研究进展和研究成果纳入教学,通过关注相关事件的发生,随时收集教学素材,为学生提供符合时代需要的课程体系和教学内容,让学生理解目前抗震规范有关规定的不足之处,这对于提高学生的创新能力具有重要作用。

### 四、教学案例

地震反应谱是工程结构抗震原理中的一个非常

重要概念,其定义抽象、理解难度大,采用传统的单向灌输式讲授模式不能取得令人满意的教学效果。下面以“地震反应谱”一讲简要展示“多媒体-工程案例-数值仿真”教学模式在抗震课程教学中的应用。

依据教学要求和关键知识点,将“地震反应谱”一讲划分为4个部分内容,分别是:(1)反应谱的定义与建立;(2)反应谱的性质;(3)反应谱的本质;(4)反应谱与抗震设计。其中,反应谱的本质为十分关键而以往教学中容易忽视的内容。各部分教学内容具体论述如下。

#### (一)反应谱的定义与建立

通过2个工程案例视频(意大利地震教堂屋盖坠落视频、日本地震房屋整体倒塌视频)和2组工程案例照片(汶川地震严重破坏的结构照片、汶川地震基本完好的结构照片),给学生以强烈震撼和冲击,充分调动其视觉和听觉功能,激发其对本讲的学习兴趣,并以此说明“结构地震反应差别如此显著”这一现象。

基于“结构地震反应差别如此显著”这一现象,提出“结构在地震中的反应取决于什么”这一问题,变单向式教学为交互性教学。在启发学生的基础上,给出“结构的地震反应取决于结构特性和地震地面运动特性两个因素”这一结论,并进一步说明“结构特性是可以设计、调整的,而地震地面运动特性是不能改变而只能被认识的”,从而引出“描述地震地面运动特性的手段——反应谱”这一概念,如图1所示。

给出反应谱的具体定义和建立原理,并对关键点进行阐释,以板书和多媒体流程图的形式(如图2所示)说明反应谱的建立过程,从而使学生能够牢固建立起“反应谱是单自由度弹性体系在给定的地震作用下某个最大反应与体系自振周期的关系曲线”这一重要概念。

#### (二)反应谱的性质

给出相对位移反应谱、相对速度反应谱和绝对加速度反应谱的曲线图,并通过曲线走势的动画演示说明3种反应谱的曲线变化性质和差别,从而使学生在脑海中能够建立起3种反应谱的图像,实现抽象化向直观化的有效转化。

重点说明加速度反应谱曲线随结构自振周期变化的性质及阻尼比对反应谱峰值的削弱性质,通过2个工程案例(基底隔震结构案例、耗能减震结构案例)深化学生对上述性质的理解,使其体会到反应谱与工程实践的紧密联系,同时也将较新的研究进展和研究成果纳入到教学,培养学生的科研能力和创新能力。

结构在地震中的反应如何?



意大利地震教堂屋盖坠落



日本地震房屋整体倒塌



严重破坏(汶川地震) 基本完好(汶川地震)

结构在地震中的反应取决于什么?

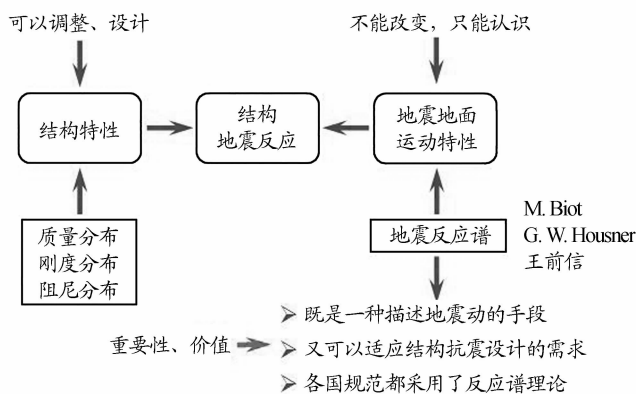


图1 “反应谱”的引入(工程案例)

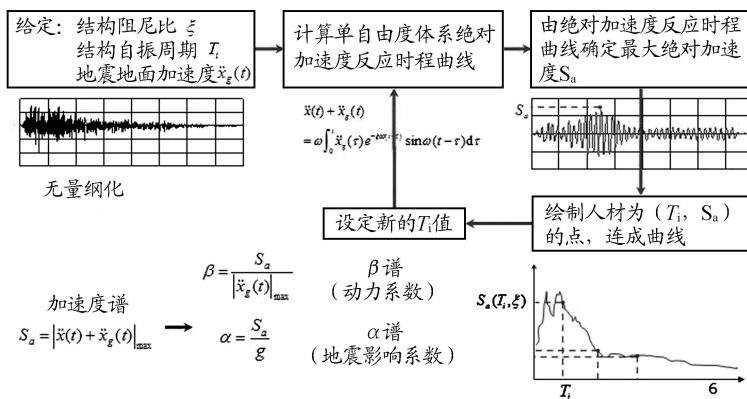


图2 “反应谱的建立”流程(多媒体)

分别给出不同场地条件下加速度反应谱曲线的对比和不同震中距条件下加速度反应谱曲线的对比,说明土质条件和震中距对反应谱形状的影响,同时也通过4个工程案例,即坚硬场地上结构的震害、软弱场地上结构的震害、近震条件下结构的震害、远震条件下结构的震害案例深化学生对上述性质的理解,使其体会到反应谱与工程实践的紧密联系。

### (三)反应谱的本质

这一部分内容在教材和以往的课程教学中强调

得较少<sup>[5-6]</sup>,而关于反应谱本质的认识对于正确理解反应谱的概念和建立原理具有重要的意义,因此本讲中需要重点强调。

提出“反应谱到底反映的是什么的特性”这一问题,再次开展交互性讨论。

采用“单/多自由度体系动力分析软件 Nonlin”分别对3条不同地震波下的单自由度体系地震反应进行数值模拟,分别绘制相应的反应谱曲线。通过反应谱曲线的对比,诱导学生得出“只有改变地震动

才能改变反应谱的形状”这一结论,从而使其能够牢固建立起“反应谱反映的是地震地面运动的特性,不反映具体结构特性”,“结构只是量测工具”等关于反应谱本质的重要概念。

要求学生课后学习操作 Nonlin 软件,该软件的主要功能可以用于线性单自由度体系的结构振动特性分析、单自由度体系的地震反应分析、阻尼对结构反应的影响分析以及绘制地震反应谱等,可以为抗震课程的理论学习和简单应用提供一个可视化的平台。

#### (四) 反应谱与抗震设计

基于上述对反应谱本质的认识(通过“结构”这一量测工具反映地震地面运动的特性)说明反应谱的价值所在,建立反应谱与抗震设计的联系。

提出“由反应谱如何得到结构的地震作用”这一问题,开展交互性讨论,启发学生给出结构在地震过程中经受的最大惯性力的计算公式,以此说明通过反应谱可以把动力问题简化为静力问题。

提出“设计中采用的反应谱是什么”“多自由度体系如何运用”等问题,供学生课后思考,为下一讲内容做准备。

#### (五) 小结

引述王前信教授《工程抗震三字经》中的相关内容,“二阶段,反应谱,豪与比,功卓著,单振子,拟结构,震作用,反应求,远近震,场地土,与阻尼,作参数,峰反应,自振周,纵横标,绘谱图”,对本讲内容进行总结和提炼。

本讲的内容进行了多次教学实践,并不断调整。

教学实践结果表明,通过扩展教学手段,优化教学方法,在抗震课程中采用“多媒体-工程案例-数值仿真”相结合的教学模式,可以实现抽象化向直观化的有效转化,深化学生对抗震课程的理解,使其体会到专业课与工程实践的紧密联系,取得良好的教学效果。

#### 五、结语

依据抗震课程特点,以实际工程案例为背景素材,借助有限元软件的数值仿真实验和多媒体演示手段,建立基于“多媒体-工程案例-数值仿真”的教学模式,可以有效解决该课程概念抽象、理论难度大、理论与实践脱节及学生学习难度大、兴趣低的问题,增强学生综合运用知识的能力和解决实际问题能力,同时提高教师的业务水平,在教学上具有重要的实践意义和推广价值。

#### 参考文献:

- [1] 翟长海,李爽,徐龙军,等. 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.
- [2] 李英民,伍云天,杨溥,等. 项目教学法在建筑结构抗震设计课程中的应用[J]. 高等建筑教育, 2012, 21(4): 94-96.
- [3] 郝妮娜,杨溥,刘立平,等. 结构抗震设计课程教学问题调研[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(3): 75-77.
- [4] 王前信. 工程抗震三字经[M]. 北京:地震出版社, 1997.
- [5] 陈国兴,柳春光,邵永健,等. 工程结构抗震设计原理[M]. 2版. 北京:中国水利水电出版社, 2009.
- [6] 李爱群,丁幼亮,高振世. 工程结构抗震设计[M]. 2版. 北京:中国建筑工业出版社, 2010.

## “Multi-media, engineering case studies, and numerical simulations” model in teaching of seismic principles of structures

SUN Guangjun, LI Hongjing

(College of Civil Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing 210009, P. R. China)

**Abstract:** According to the “multi-media, engineering case studies and numerical simulations” teaching model and knowledge modules, actual engineering cases were selected as teaching subjects, and numerical simulation experiments based on finite element software and multimedia technology were applied in teaching of earthquake-resistant of structure. In this sense, students were attracted into a real seismic engineering situation and the visualization of course contents was realized. Meanwhile, teachers and students were interacted. By using the teaching model, students’ ability to understand basic conceptions of earthquake-resistant of structure and their practical application ability were improved.

**Keywords:** multi-media; engineering case; numerical simulation; earthquake-resistant; teaching

(编辑 欧阳雪梅)