doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2019.02.018

欢迎按以下格式引用:鲁正,龚依捷,周颖,等.虚拟实验在建筑结构抗震课程教学中的应用[J].高等建筑教育,2019,28(2):106-111.

虚拟实验在建筑结构抗震课程教学中的应用

鲁　正,龚依捷,周　颖,周志光
(同济大学 土木工程学院,上海　200092)

摘要:建筑结构抗震课程是土木工程专业学生本科阶段的一门专业课程。该课程理论内容多,较为枯燥,教学中存在真实实验操作困难、"重理论,轻实践"等问题。对此,将交互性强、可操作性高的虚拟实验引入建筑结构抗震课程教学,并与传统真实实验进行对比分析,阐述虚拟实验的重要性与必要性。以隔震结构为例,提出可供参考、借鉴的虚拟实验设计思路。从问卷调查获取的反馈信息来看,虚拟实验具有良好的教学效果,应合理利用虚拟实验的优势,将其与土木工程专业课程教学融合,注重交互式开发。应注意的是虚拟实验仅作为真实实验的补充,不能忽视传统的真实实验。

关键词:本科教育;虚拟实验;建筑结构抗震;教学研究

中图分类号:G642.0;TU3　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-2909(2019)02-0106-07

随着全球经济和科技的发展与进步,人才竞争日益激烈,国家对高等教育的要求也逐步提高。《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020)》明确指出,应"注重学思结合,倡导启发式、探究式、讨论式、参与式教学,帮助学生学会学习"[1]。教学实验是教育过程的重要组成部分,也是培养学生科研能力和综合素质的必经途径。近年来,教学体制改革不断深化,对实验教学也提出了更高的要求[2]。与此同时,虚拟实验逐渐走进人们的视野,因其高仿真性、开放扩展性、实用性、人机交互性、共享性、重复使用性和安全性等诸多优点,正在实验教学领域掀起一股热潮[3]。将虚拟实验融入课程教学中,既能提高教学效率,也有助于培养符合时代要求的创新型和探究型人才。

本文围绕建筑结构抗震课程教学,探讨虚拟实验在该课程中的应用,并以隔震建筑结构为例,提出基于虚拟建造实验的土木类专业课教育改革思路。

一、建筑结构抗震课程教学现状

建筑结构抗震课程是一门土木工程专业本科生的专业必修课。授课内容包括地震的基础知

修回日期:2018-01-12

基金项目:同济大学教学改革研究与建设项目(11080)

作者简介:鲁正(1982—),男,同济大学土木工程学院结构防灾减灾工程系教授,博士,系主任助理,主要从事建筑结构抗震课程教学,(E-mail)luzheng111@tongji.edu.cn。

识、场地地基基础、结构的抗震设防策略、抗震设计基本原则、地震作用计算方法、混凝土结构抗震设计、砌体结构抗震设计、钢结构抗震设计以及隔震、减震的基本概念等。在现阶段的本科教学中,该课程具有以下特点。

(一)课程学习难度较大

建筑结构抗震课程与结构力学、材料力学等力学类、结构类课程紧密相关,对学生的专业基础有一定要求;与此同时,该课程还涉及各种现行的规范、规程,学习内容多而杂[4]。此外,课程衍生的参考资料也较多,课堂上无法涵盖参考资料的内容,都需要学生课后自行阅读。公式、概念占据课程课本的大部分,这使得课程较为枯燥。许多学生反映"上课听不懂"、难以理解,有些知识点需要投入大量的时间和精力才能掌握。

(二)真实实验操作困难

结构的地震,对于学生来说,最为直观的认识就是构件破坏现象。但单一的构件并不能体现"结构抗震性能"这一教学主旨,如果每次实验都要准备一个建筑结构模型则代价太大。并且,大多数高校的设备体量、资源储备等都不具备开设本科抗震教学真实实验的规模和能力。

(三)课程教学中"重理论,轻实践"

大部分建筑结构抗震课程教学,教师都偏向于理论知识讲解,课后所留的习题也以概念性的思考题为主,计算与实践微乎其微[5]。以同济大学为例,在建筑结构抗震课程教学过程中,并没有安排教学实验,相关的案例也比较少,学生对抗震概念缺乏直观的感性理解。同济大学某学期建筑结构抗震课程安排见表1。

表1　同济大学某学期建筑结构抗震课程安排

周数	课时	方式	内容
1	2	讲课及讨论	第一章 地震及结构抗震的基本知识
2	2	讲课及讨论	第一章 第二章
4	2	讲课及讨论	第二章 场地、地基和基础
5	2	讲课及讨论	第三章 单自由度体系结构的地震反应
6	2	讲课及讨论	第三章 单自由度体系结构的地震反应
7	2	讲课及讨论	第三章 单自由度体系结构的地震反应
8	2	讲课及讨论	第三章 单自由度体系结构的地震反应
9	2	讲课及讨论	第四章 结构抗震设计要点
10	2	考试	期中考试(闭卷)
11	2	讲课及讨论	第五章 多层和高层混凝土结构设计
12	2	讲课及讨论	第五章 多层和高层混凝土结构设计
13	2	讲课及讨论	第六章 砌体结构和底框结构设计
14	2	讲课及讨论	第六章 砌体结构和底框结构设计
15	2	讲课及讨论	第七章 钢结构设计、第八章 单层厂房
16	2	讲课及讨论	第九章 非结构构件抗震设计
17	2	讲课及讨论	第十章 隔震及消能减震复习及答疑
18	2	考试	期末考试(闭卷)

二、虚拟实验在建筑结构抗震课程中的优势

由于上述建筑结构抗震课程特点,虚拟实验在课程教学中显得十分必要。其作用可以归纳如下。

1.丰富教学方式,促进精品课程建设

土木类专业是一门实践性极强的学科。虚拟实验的引入,改变了目前土木工程专业教学中"重

理论轻实践”的通病。虚拟实验围绕土木工程领域的教学、科研试验需求展开,成为实验积累、特色展示的一个良好的交流平台。

2.增强教学互动,改善学生课堂体验

虚拟设计更为人性化、情感化。虚拟实验可以做到交互式实验,在交互式实验中,学生和实验系统有良好的互动关系,学生成为实验的主动者[6]。这样,一改以往课堂中教师为主动者的常态,学生的课堂感受得到重视,学习者的参与度也得到提高。

3.理论联系实际,便于学生掌握知识

现阶段的抗震课程主要教学模式是教师讲、学生听,理论应用实践的机会较少;许多课堂教学接近于照本宣科,教学方式僵化。大多数学校设置的实践课程都是与理论课程分别开设的,并未与理论学习紧密结合[7]。而在建筑结构抗震课程中直接对接虚拟实验,可以使抽象的理论变得具体,让学生直接理解如何将理论应用到实践中,且学生在课前课后都可以自己模拟演练,有利于巩固知识。

4.激发学生对抗震课程,以及土木工程专业的兴趣

在虚拟实验中,学生对专业的感性认知不断积累,对专业的认识也逐步深入。与实践的结合避免了“纸上谈兵”的情况,让学生自己在实验过程中体验问题的发现、思考和解决的全过程[8]。抓住了学生的兴趣,也提高了学生的学习热情。

以建筑结构抗震课程为例,将虚拟实验与传统的真实实验对比如表 2。从表 2 可以看到,在仿真性上,虚拟实验和真实实验一样,存在不可避免的可控制在一定范围内的误差。但在安全性、操作难度、成本、学生参与度上,虚拟实验都具有不可替代的优越性[9]。

表 2 传统真实实验与虚拟实验的对比

对比特征	传统真实实验	虚拟实验
仿真性	与真实情况较好地吻合	简化为理想模型,存在一定误差
安全性	存在安全隐患	几乎不存在安全隐患
操作难度	对空间、操作熟练度等有需求	不受时空限制
成本	设备体量大,资源消耗大,且构件不可重复使用,成本较高	成本主要是虚拟实验平台的开发费用,其可重复使用性高,成本低
学生参与度	主要为演示实验,专业人员做、学生看,学生参与度低	主要为演示实验,但可以创建交互式实验平台,学生参与度较高

三、隔震建筑结构虚拟建造演示实验方案

隔震技术是采用特殊的措施隔离地震对上部结构的影响,使建筑物在地震作用下只产生很小振动的一种抗震技术。这种技术与利用材料强度和构件塑性变形来抵抗地震作用的传统抗震设计不同,它不会造成结构和设施的破坏,还能保证结构物的正常作用功能[10]。以往的实例也显示,传统抗震建筑在地震中破坏严重,而隔震建筑在地震中仅轻微受损。隔震技术的推广与普及应放在与传统抗震手法同等的地位。

对于隔震技术,从课程教学到相关业主,甚至包括建造、监理在内的许多从业人员都不甚了解,这在一定程度上妨碍了隔震技术的发展。因此,用虚拟实验将隔震技术引入抗震课堂,是非常有前瞻性和必要性的。

以下,本文以隔震建筑结构为例,介绍虚拟实验的思路,可供借鉴与学习。

A.方案一

1.形式

在线虚拟仿真实验教学软件。利用一套交互式实验平台软件,让学生自行使用软件功能进行

演示实验。

2.实验设计

实验包含隔震结构基本原理的理论介绍、隔震结构建造施工过程的动画展示、特殊构造设计的介绍和演示三大主要模块,其设计思路如图 1 所示。

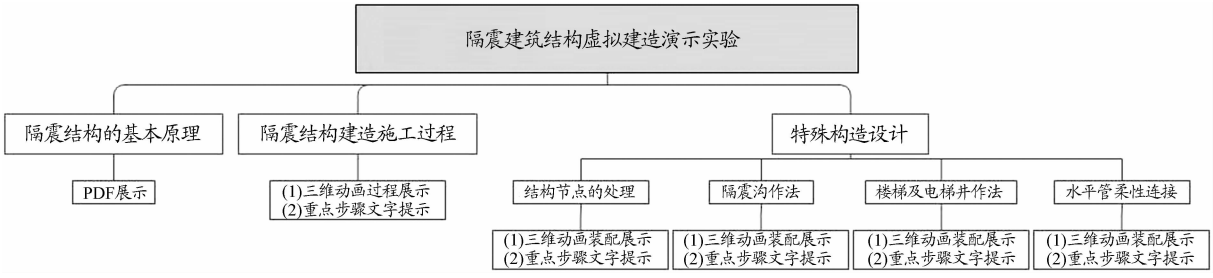

图 1　建造演示实验软件功能图

3.功能实现

所开发软件的主界面如图 2 所示,根据需求选择学习内容,则可跳转进入相应的模块,进行虚拟实验教学。

在隔震结构的基本原理模块中,用户可以自由阅读其中内容。在阅读时,可以调整页面大小,进行关键词搜索。在隔震结构建造施工过程模块,用户可以观看施工过程影片。特殊构造设计模块则给出若干结构节点的模型,并配有相应的文字信息,用户可以旋转、平移、缩放观察各个模型。

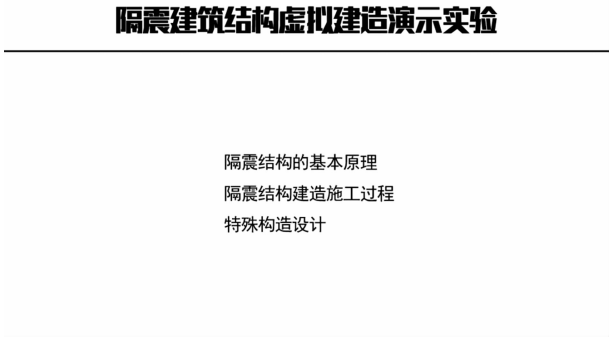

图 2　主界面设计

4.教师提供资料清单

隔震结构的基本原理内容;施工过程影片,包含施工过程介绍、重点展示步骤;构件相关的参数、文字介绍、图片资料、操作方法介绍等。

B.**方案二**

1.形式

演示实验视频。将所需实验教学的内容制作成演示视频,供学生学习。在脚本设计时,应注重实验的条理性、完整性,能吸引学生注意力,并引发学生思考。此方案演示视频的交互性不如方案一,但其更方便操作,思路清晰,便于学生掌握实验原理。

2.实验设计

演示视频脚本如下。

平面标题:隔震建筑结构虚拟建造演示实验(10s)→动画、视频、图片演示:有隔震结构与无隔震结构效果对比(10s)→平面标题:隔震结构建造施工过程演示(5)s→动画演示:下部结构出现(8s)→动画演示:设置隔震层施工过程(30s)→动画演示:设置阻尼器施工过程(20s)→动画演示:房屋模型放置在隔震结构上,模拟震动效果(10s)→平面标题:特殊构造设计(5s)→平面标题:结构节点的处理(5s)→依次通过动画、图片等分别展示铅芯橡胶支座、滑板支座(20s)→图片、动画演示:隔震沟作法(15s)→图片、动画演示:楼梯及电梯井作法(15s)→图片、动画演示:水平管柔性连接(15s)→结束。

3.教师提供资料清单

相关施工过程介绍,重点展示步骤。

四、实践与反馈

笔者在建筑结构抗震课程教学中开展虚拟实验教学改革,为了解实际教学效果,在学期末以调查问卷的形式在班级进行调查。此次调查共发放问卷 52 份,回收 50 份,回收率为 96.2%。据反馈信息来看,学生对虚拟实验的教学效果是肯定的。部分调查问题统计如表 2。

表 2 调查问卷部分结果统计

调研问题	选项(百分比)		
与传统的教学方法相比,你对虚拟实验的接受度	完全能接受(84%)	基本能接受(16%)	不能接受(0%)
虚拟实验是否提高了你对课程知识的掌握	是(72%)	一般(28%)	不是(0%)
虚拟实验是否提高了你对建筑结构抗震课程的兴趣	是(56%)	一般(36%)	不是(8%)
通过虚拟实验,你的收获如何	收获非常大(24%)	收获一般(72%)	效果不明显(4%)

五、结语

课程教学,既是教,也是学。在建筑结构抗震课程教学中引入虚拟演示实验,将以往的理论教学转变为生动的实验教学,有助于克服“重理论,轻实践”的教学弊端。本文以建筑结构抗震课程为出发点,提出建设虚拟实验的思路,旨在重视学生课堂体验,提高学生自主学习能力和实践能力,强化学生的感性认知,使土木工程类专业的教学更符合社会大环境的要求,也有利于创新型人才的培养。需要注意的是,在虚拟实验的应用上,切忌生搬硬套和盲目安排虚拟实验。各学科有其自身的特点,不是所有学科都适合虚拟实验,也不是任何课程、实验都适合采用虚拟实验。建筑结构抗震课程因其理论性强、真实实验实现困难等原因而给了虚拟实验“大显神通”的机会,但在面对不同的情况时,仍应具体问题具体分析。对土木工程类专业的虚拟实验提出以下建议。

一是在教学中更多地寻找可以进行虚拟实验的机会。如前文所述,实践性极强是土木工程类专业的鲜明特征。由于场地、技术等限制,土木工程类专业教学的实践环节略显薄弱。虚拟实验给了教学实验一条新的路径,建议每学期在课程中融入适量的虚拟实验教学。

二是选择合适的教学环节引入虚拟实验。合理的教学实验安排可以使课程教学事半功倍。不同的课程、章节各有各的特点,部分章节可能并不适合采用虚拟实验教学。对各个教学章节应仔细分析,选择合适的知识点采用虚拟实验教学。而且应合理地设计虚拟实验,让其更好地发挥作用。

三是注重交互式平台的开发。交互式平台相比其他虚拟实验方式,效率更高,效果也更好,具有明显的优越性。在虚拟实验设计上,应更多地添加与学习者的互动要素,要能从学习者那里获得反馈,让学习者从“被动学”转变为“主动学”,提高学习者的积极性。在软件开发时,应完善其功能,尽可能地做到人性化,便于学习者从中掌握原理。

四是不应忽视传统的真实实验。虚拟实验并不能完全替代真实实验。前文的对比显示,真实

实验的仿真性更强,其带给学生的感性体验也更好。在有条件的情况下,实验教学应是虚拟与真实二者的结合,虚拟实验宜作为真实实验的补充。

总之,将虚拟实验教学合理引入土木工程类专业教学,助力新时期新工科的人才培养,仍然是一个重要而值得深入探讨的议题,还有很长的路要走。

参考文献:

[1]中华人民共和国中央人民政府.国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020)[EB/OL].[2010-07-29].http://www.gov.cn/jrzg/2010-07/29/content_1667143.htm.

[2]王玉琼.虚拟实验在中学物理教学中的应用研究[D].成都:四川师范大学,2008.

[3] 王济军, 魏雪峰. 虚拟实验的“热”现状与“冷”思考[J]. 中国电化教育, 2011(4): 126-129.

[4] 任晓崧,郭雪峰, 周球尚, 等. 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.

[5]郑妮娜,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.

[6] 杨雪, 吴双, 宋金刚. 虚拟实验的感性设计研究[J]. 中国电化教育, 2012(1): 127-131.

[7] 董倩, 刘东燕, 黄林青. 卓越土木工程师实践教学体系构建[J]. 中国大学教学, 2012(1): 77-80.

[8]蔡东升.浅谈土木工程专业学生学习兴趣的培养[J].泰州职业技术学院学报,2009,9(2):76-78.

[9] 黄荣怀, 郑兰琴, 程薇, 等. 虚拟实验及其学习者可信度认知[J]. 开放教育研究, 2012, 18(6): 9-15.

[10]吕西林. 建筑结构抗震设计理论与实例[M]. 4 版. 上海: 同济大学出版社, 2015.

Application of virtual experiments in seismic design of building structures teaching

LU Zheng, GONG Yijie, ZHOU Ying, ZHOU Zhiguang

(*Department of Disaster Mitigation for Structures*, *College of Civil Engineering*, *Tongji University*, *Shanghai 200092*, *P. R. China*)

Abstract: As one of the courses for civil engineering majors, seismic design of building structures is difficult because of its complicated and uninteresting contents. During the teaching activities, there are some problems, such as the difficulty of real experiments, the neglect of practice and so on. Based on this issue, virtual experiments with high interactivity and maneuverability is applied to seismic design of building structures teaching, compared with the traditional real experiments, the paper analyzes the importance and necessity of virtual experiments in this course. After that, taking seismic isolation technology as an example, design ideas about virtual experiments offering reference for others are put forward. Virtual experiment is favorable, it is necessary to make use of virtual experiments in civil engineering teaching and pay attention to interactivity. It should be realized that real experiments are also important because virtual experiments are just supplement to real experiments.

Key words: undergraduate education; virtual experimentation; seismic design of building structures; teaching research

(责任编辑　王　宣)