doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.03.016

欢迎按以下格式引用:任玲玲,董园,梁森奥.应用型本科院校工程结构抗震设计课程教学实践探索[J].高等建筑教育,2020,29(3):120-127.

应用型本科院校工程结构抗震设计课程教学实践探索

任玲玲,董　园,梁森奥
(郑州财经学院 土木工程学院,河南 郑州　450000)

摘要:工程结构抗震设计是土木工程专业一门核心课程,通过分析课程特点和教学中存在的问题,并对学生进行问卷调查,深入了解学生对该课程的掌握程度,结合该课程的实际情况,对课程教学改革进行探索。采用专题模块化教学,明确各模块的学习主题,对不同模块的知识点进行精细化讲解,促进学生对相关知识点的快速高质量吸收。教学中借助现代新型教学手段进行线上线下学习,并与其他专业课内容相互渗透,与最新规范相结合。同时,融合工程案例,在案例中让学生体会抗震设计的重要性,强调理论联系实际,分析经典案例,对其进行研究,与课本知识相联系,发散学生思维。运用 BIM 仿真教学,为学生提供多角度的知识视野。通过学生参加全国大学生结构设计竞赛,实现与抗震知识点相结合,使学生掌握基础理论知识的同时,了解抗震行业的最新前沿技术及相关理论。学生产生浓厚的学习兴趣,课堂回答问题和互动讨论积极,进而熟练掌握各章知识点,教学效果良好,对应用型本科院校具有一定借鉴作用。

关键词:工程结构抗震设计;工程案例分析;BIM;震害分析

中图分类号:G642.3;TU973+.2　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-2909(2020)03-0120-08

应用型本科土木工程专业,旨在培养适应现代化建设需要、有扎实理论基础和专业知识、有较强实践能力的高等级应用型工程技术人才。其中,工程结构抗震设计是该专业一门核心课程。中国是一个地震多发的国家,地震发生后给人民的生命及财产安全、经济损害、灾后重建等多方面带来严重的影响,因此,在工程实践中熟悉掌握工程抗震理论方面的知识十分必要[1]。文章根据土木工程专业学生的培养目标,针对应用型本科工程结构抗震设计课程进行一系列教学改革与实践,调整课程内容,实施专题模块化教学,融入工程案例的分析以及 BIM 技术的应用等,以激发学生的学习兴趣为主要目标,从而更好地掌握工程抗震所涉及的专业知识。

修回日期:2019-07-11

基金项目:郑州财经学院校级课题"应用型课程工程抗震理论在案例教学中的实践";河南省教育厅 2019 年度人文社会科学研究一般项目资助性计划项目"中心城市周边新型现代城镇体系的构建及均衡发展研究"(2019-ZZJH-183)

作者简介:任玲玲(1983—),女,郑州财经学院土木工程学院副教授,主要从事结构工程研究,(E-mail)769595176@qq.com。

一、课程特点及存在的问题

工程结构抗震设计课程是应用型本科土木工程专业的必修专业课之一,课程在第 7 学期开设,涉及学科多、知识面广,理论性和实践性较强。其先修课程主要是力学和结构,如结构力学、结构动力学、钢筋混凝土结构、砌体结构、基础工程等课程,后续课程主要是高层建筑结构设计、钢结构、毕业设计等。对于没有工程实践经验的学生来讲,理论知识要求较高,学习起来比较困难。

(1)理论内容多,而课时少。郑州财经学院土木工程专业人才培养方案安排工程结构抗震设计 52 学时,教学内容繁多,涉及结构动力学、混凝土结构、钢结构、砌体结构、基础工程、桥梁工程等课程,教师一般会采用填鸭式满堂灌的教学方法,课堂上面面俱到,而学生学起来枯燥无味,缺乏学习兴趣,学习难度系数很大。

(2)公式较多,理论性较强,理论基础知识要求高。教材中存在很多理论推导计算过程,要想学生学明白,必须要求学生对先修课程进行深入学习,并综合运用前期所学理论知识,这对于应用型本科的学生来说要求更高。其原因是大部分应用型高校学生基础薄弱,所学专业基础知识不扎实,缺乏系统的连贯梳理,很难把深刻的知识理论综合运用起来。

(3)实践性强,涉及的规范内容多,学生又缺乏实际工程经验,学起来比较困难。学生初次接触规范,不知道如何利用规范,更不知道怎么查阅规范。

二、教学改革探讨

结合我校实际情况,从 2016 级、2017 级土木工程专业的本科生中随机抽取 100 名学生进行有关工程结构抗震设计课程的问卷调查。87%的学生认为该课程是否可以学习好,与自己的学习兴趣和学习积极性有着很大关联。63%的学生认为前期所学课程大多已经遗忘,由于前期课程有一定难度,再加上学生基础知识不够扎实,对整块内容不系统、不全面,从课程的连贯性来看,并没有起到一定的铺垫作用。因此,教学改革重点是培养学生的兴趣点和积极性,激发学生的学习兴趣,从而融会贯通前期课程。

问卷调查中,对如何激发学生的学习兴趣进行了调查。47%的学生认为主要在于教师课堂改革,希望课上有更多图片、视频、实际工程案例等多媒体资料展示,并配合深入讲解,其中 23%的学生希望设置更多的课程分组讨论情景,在小组中通过同学间不断地交流,进而发散学生思维,使每个学生都参与互动和交流。28%的学生希望布置一些能够反映实践性的作业。另外,14%的学生希望小班授课,人数控制在 30 人左右,通过减少人数使学生在分组讨论和提问的环节与任课老师有更加频繁地交流。还有 11%的学生认为需要增加课后辅导和答疑的时间。

针对调查问卷的问题,对课程教学的改革进行探索,主要体现在下述 7 个方面。

(一)调整课程内容,实施专题模块化教学

将教学内容进行整合,使学生对所学知识有更细化的理解。以“专题模块”形式展现给学生,并将模块内容进行有机结合,实现知识的“立体化”呈现。课程内容分为 10 个章节、三大教学专题模块,如表 1 所示。根据知识点类型不同,设立不同的类别,分为概念型知识点、逻辑型知识点和应用型知识点 3 类[2-4]。根据不同的知识点,采用不同的教学方法和学习方法。课堂上集中精力对重点知识点内容讲透,可以开展以专题学习知识点的内在联系、知识点的应用等主题讨论,鼓励学生积极思考讨论。课下通过在线课堂、微课等对简单易懂的知识点进行自学,然后通过课堂提问或作业方式,对自学效果进行检查。因此,充分利用课堂时间和课下时间学习,在规定的课时内讲完教学

内容,同时提高学生的学习兴趣,以提高学生专业知识掌握水平和毕业设计质量为首要目标,培养学生解决问题的能力。

表 1 专题模块教学

专题模块	教学内容	学时分配	知识点类型	教学方法
模块一	绪论(震级与地震烈度、抗震设防标准)	2	概念型知识点为主	通过在线课堂、微课、慕课等方式,以课下自学课上讨论为主
	场地、地基及基础、地基土的液化	6	概念型知识点为主	重点讲解,结合希腊里永·安蒂里永大桥的地基处理案例
	单自由度、多自由度结构体系地震反应分析与抗震计算	14	逻辑型知识点	重点讲解,结合实际工程的数值仿真模拟分析计算
	建筑结构抗震概念设计(场地选择、建筑结构规则性、体系选择)	2	概念型知识点为主	通过在线课堂、微课、慕课等方式,以课下自学课上讨论为主
模块二	钢筋混凝土结构抗震设计	8	应用型知识点	重点讲解,结合工程案例分析,结合实际工程的数值仿真模拟分析计算
	多层砌体结构抗震设计	2	应用型知识点	通过在线课堂、微课、慕课等方式,以课下自学课上讨论为主
	钢结构抗震设计	6	应用型知识点	通过在线课堂、微课、慕课等方式,以课下自学课上讨论为主
	单层厂房抗震设计	2	应用型知识点	通过在线课堂、微课、慕课等方式,以课下自学课上讨论为主
	桥梁结构抗震设计	6	应用型知识点	通过在线课堂、微课、慕课等方式,以课下自学课上讨论为主
模块三	隔震与消能减震设计	4	应用型知识点	结合最新研究成果重点讲解,结合工程案例分析

总之,教师在教学过程中根据实际情况,采用多种教学形式、教学方法和教学手段,使学生变被动学习为主动学习,以浓厚的兴趣、极大的热情主动地不断学习。

(二)与其他专业课内容相互渗透

工程结构抗震设计课程涉及结构力学、土力学与地基基础、混凝土结构、钢结构、砌体结构、高层建筑结构设计等多门课程的相关知识,且联系紧密,在教学内容上相互渗透,综合性很强。同时,强化学生课前学习和预习,内容不仅包括本课程内容,还包括涉及相关学科的先修知识,把课堂内容向课下延伸,让学生积极参与到教学活动中来。

例如,在教学过程中,可以将混凝土结构设计课程融入到抗震设计知识授课过程,通过抗震与非抗震设计之间进行对比分析,加深学生对抗震基本知识的理解,进而避免抗震与结构设计脱节[5-6]。在进行楼盖结构、工业厂房、多层建筑的学习时,根据每学期不同的课程设计实例或者工地参观等相关形式,在分析混凝土结构设计的同时,与抗震设计相结合,从而进行整块知识的融合[7]。通过以上教学方式,学生可以不断发现自身知识体系的空缺,从而完善自身关于建筑、结构相应的知识体系。

综上所述,在学生学习工程结构抗震设计的同时,要注意拓宽学生的知识面,提升学生将教学案例运用到实际生活的能力,使学生在步入职业岗位之前具有本身专业的基本理论以及从事其他

相关专业的能力。同时,将本专业课与其他课程融会贯通,形成一套互通的知识框架,有利于帮助学生理解所学知识,并不断引进新思想、发散教学思维,使学生愿意学、容易学。

(三)借助现代新型教学手段

课堂教学的方式和资源尽可能多样化,可以充分利用多媒体、PPT、图片、视频等手段进行教学。多媒体、PPT 使教师的课程变得丰富多彩,可以向学生充分展示震后图片或者工程实例的视频资料。例如,结合中国几次大的地震震害进行讲解分析各个章节知识点[8-9]。

同时,充分利用在线课堂、微课和慕课资源。学生可以通过“中国大学慕课”“爱课程”等网络在线课程提前预习或者课后复习巩固,针对一些基本概念,如地震的基本知识等较浅显易懂的知识点,学生可以通过在线课程自学,教师课堂就不用花很多时间讲解,可以把更多时间用于难理解的知识点讲解。同时,通过在线课程,学生也可以复习巩固其它相关专业课程中已经学过的知识点,从而形成知识连贯性,以便更好地学习本课程。

(四)与规范相融合

工程结构抗震设计课程的讲解离不开对规范的深刻理解,尤其是《建筑抗震设计规范》《建筑工程抗震设防分类标准》《建筑结构荷载规范》《混凝土结构设计规范》《高层建筑混凝土结构设计规程》《公路桥梁抗震设计细则》等。学生毕业后查阅的是规范,故该课程要结合规范进行讲解,告诉学生每个知识点来自规范的哪个位置,为什么这样规定等[10]。中国的规范一般在 10 年左右会修订一次,尤其是在经历一场地震后会根据结构震害情况对规范进行调整,因此,在授课过程中也要采用最新的规范、最新的理念。

(五)工程震害与教学相融合

该课程的讲授离不开实际的工程案例,每个章节、每个知识点都要在工程案例上下功夫,通过工程案例分析,掌握所学理论知识。例如,在讲解地震基本知识时,结合唐山大地震和汶川地震的资料、图片、视频、新闻报道等资源,讲解地震特性、基本术语等概念。如唐山地震发生在人类聚居区,带来了巨大的损失,以本次地震为案例,在教学过程中可以有力体现减轻地震灾害的必要性,并且工程结构的抗震分析和设计也显得尤为重要;在课堂上结合汶川地震中的灾害具体讲解“小震不坏、中震可修、大震不倒”的设计基本原则,贯穿概念设计理念,积极引导学生从案例中激发学习兴趣。教学内容中加入人文、地理、历史知识,从而降低学生对抗震本身的畏难情绪。结合 2019 年 6—7 月四川宜宾市的地震频发情况,探究地震预警系统的前沿技术。在理论与实践中体现抗震设计在土木专业的重要性。

地震之后,国内大量科研专家及专业人士针对灾害进行了调查研究,为中国抗震新规范的制定积累了宝贵资料。工程震害分析是后期概念设计、抗震计算和抗震构造措施的基础资料,因此,震害分析也是学生学习的着手点。在教学过程中,工程震害分析是结构抗震技术中一个重要的组成成分,学生需要学会综合运用结构知识去解决土木工程问题。因此,在教学中应引导学生充分理解每种震害发生的原因,知晓在以后的设计、施工中如何避免不利因素,进而让学生更加容易地去理解后期所学的概念设计、抗震计算、抗震构造中大量的定量条文规定。

由此可见,在教学中通过工程案例的运用可有效培养学生的震害分析能力。在进行分析的同时,对不同结构体系当中的震害特征进行对比,为总结经验奠定了基础。结合工程实例学习的同时,对学生震害分析能力的培养有较高提升。

又如,在讲解桥梁的场地和地基、隔震消能减震技术时,可以结合著名的希腊 Rion-Antirion(里永·安蒂里永)大桥实例,见图 1。该桥位于发震断裂区且海底为深厚的软土,要求该桥要能承受 2 000 年一遇的强震(最大加速度 1.2 g),并且要求能适应水平及竖向各自 2 m 的位移。索塔底部并没有采用常用的桩基础,而是应用了地基处理。采用直径 2 m、长度 25~30 m、间距 7~8 m 的钢管桩进行加固处理,每个索塔底部约 250 根桩,上面铺设 3m 厚的砂砾层。砂砾层作为上部索塔的竖向荷载过渡,同时也是基底隔震的材料。实际上,用砂垫层隔震的思想在中国古代早有应用,只是将此思想用于大型工程的比较罕见。

该桥桥身通过拉索完全悬挂在索塔顶部,未设其余装置,就像荡秋千一样。为防风及防震,桥身在索塔处共设置了 5 个阻尼器。其中,中间阻尼器主要用于控制风荷载及小震时的舒适度。大震时中间阻尼器失去作用,由其余的 4 个粘滞阻尼器耗能,最大出力约为 3 500 KN,最大速度约为 1.6 m/s。极端地震时桥身与索塔的相对位移将达到 3.5 m。

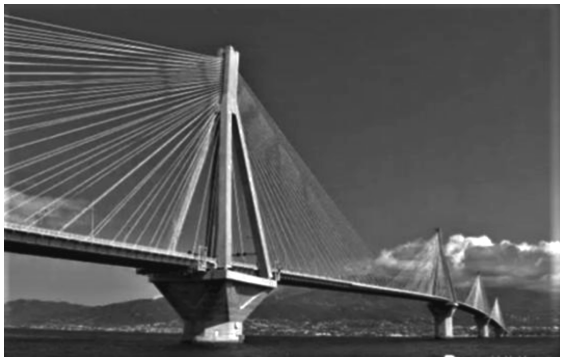


图 1 Rion-Antirion(里永·安蒂里永)大桥(图片来源:网络)

在讲解模块三时,结合最新规范及最新研究成果,引入隔震和消能减震技术基本原理,同时查阅资料,结合采用新技术的工程案例分析。

(六) BIM 仿真与数值模拟技术的应用

BIM 技术越来越多地运用于工程实践,成为未来建筑产业化发展的方向。因此,教师在教学过程中要更多地将 BIM 技术入课。结合工程抗震结构设计,应鼓励学生课下学习更多相关的程序软件,如 Revit、PKPM、SAP2000、广厦结构、探索者等。利用这些仿真模拟分析软件,建立模型、输入参数、结构计算,利用平法施工图检查抗震措施及构造措施等。学生学习软件的同时,可以结合课上讲解的知识点,在课下联系实际应用[11-12]。

讲解模块一“结构地震反应分析与抗震计算”时,除了底部剪力法手算外,可以让学生用 SAP2000、PKPM 或广厦结构建立两层(或三层)框架结构模型,输入地震信息、风荷载信息及调整参数、各种构件的材料信息,选取地震波进行弹性时程分析法补充计算等,学生通过不断调整参数及查阅相关书籍、专业资料中的数据,进一步理解相关的理论原理[13-14],从而将课堂所学知识与实践相结合,深化对课上所学知识的理解。上述信息都需要结合课上学习的知识点进行,如图 2~图 4 所示。

讲解模块二“结构抗震设计”时,根据不同的结构类型,选取不同的数值仿真软件进行模拟分析,如建筑结构可以用 PKPM、SAP2000、广厦结构等,桥梁结构可以用桥梁博士、MIDAS、ANSYS 等,分别进行水平地震作用和竖向荷载计算,选取单个构件为例,讲解内力调整系数、抗震措施及构造措施等知识点。

图 2　计算总体信息

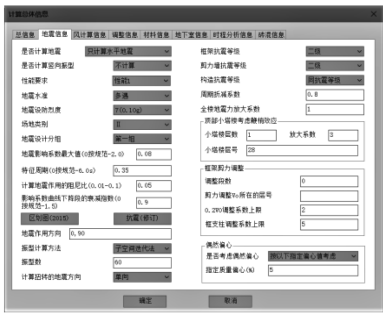


图 3　地震信息

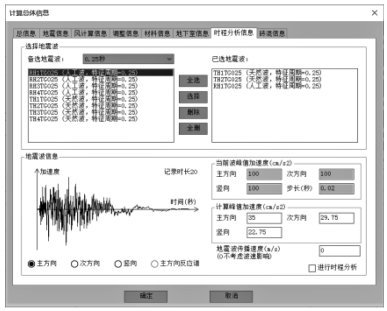
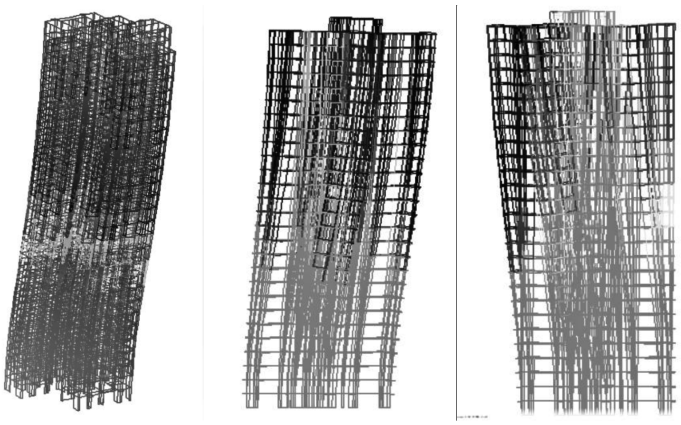


图 4　地震波信息

BIM 数值仿真模拟软件计算完成后,可以让学生利用所学知识对计算结果进行分析,讨论如何调整模型达到最优设计。如构件超筋、轴压比过小、振型数不足、剪重比小于标准值、位移比大于 1.2、平动系数与扭转系数不满足要求等问题。在建立模型的过程中,不断调整结构的布置位置和尺寸,修正各种参数和计算结果,学生能够更加清楚地了解到什么样的建筑结构可以更好地满足抗震要求,并在修改模型中加深自己对抗震知识的理解。

(七) 结构设计竞赛对课程的促进作用

为提高学生掌握工程结构抗震设计课程基本理论知识的水平,在工程实践中理解水平地震力的计算方法、振型分解反应谱法和时程分析法等知识,我校组织学生参加了 2019 年全国大学生结构设计信息技术大赛。大赛要求学生利用广厦结构 BIM 软件建立高层装配式剪力墙结构设计三维结构图,学生对其进行模态分析,通过通用 GSSAP 计算得到结构在每个振型下的平动和扭转系数、自振频率和振型。利用广厦 BIM 软件模拟地震荷载计算,得到前 10 阶振型的周期、平动系数和扭转系数。通过广厦 BIM 软件的仿真技术,可以查看各振型的三维变形图,如图 5 所示。上述结果和三维图使得该课程的知识点变得生动有趣,从而激发了学生的学习兴趣, 开拓了学生思维, 加深了学生对有关抗震知识的理解,同时,使学生理论水平和实践技能大幅度提高。学生通过结构设计大赛巩固课上所学知识,深入理解教材中知识点,从而受益匪浅。



(a) 第一振型三维图 (X方向平动)　(b) 第二振型三维图 (Y方向平动)　(c) 第三振型三维图 (XY平面扭转)

图 5　振型三维图

三、教学效果

通过采取上述实践性教学改革,课程学习后随机抽取 100 位同学进行教学评教,部分结

果如表 2。

表 2 部分教学评教结果

评价项目	完全同意/%	同意/%	基本同意/%	不同意/%	完全不同意/%
老师教学认真负责,态度严谨	91	6	3	0	0
教学内容合理,重点突出	86	9	5	0	0
善于师生互动,良好交流	78	13	5	3	1
授课方式,教学方法得当	81	9	4	3	3
老师乐于答疑解惑,提供丰富的学习资源	85	10	4	1	0
学生能较好理解、掌握、运用课程相关知识	74	14	6	4	2
通过该课程学习,学生觉得很有收获	90	8	2	0	0

对教学评教结果分析可以看出:通过专题模块化教学、工程实际案例、BIM 数值模拟仿真分析等,了解到学生更喜欢接受新兴事物,从而投入其中,对工程结构抗震设计课程产生了浓厚的兴趣,出勤率接近 100%。同时,学生听课率高,上课回答问题和讨论积极,使得教学效果更好。另外,通过 BIM 技术工程案例分析和研究,使学生最大限度地掌握本门课程的理论知识和目前最前沿的科技,有利于促进学生学习创新能力的提高。例如,学生通过理解和掌握抗震基础知识、工程结构的抗震设计原理与方法以及掌握广厦、PKPM 等专业软件使用,了解实际工程结构的抗震构造及抗震措施,为以后的毕业设计和实际工作做好准备。

四、结语

工程结构抗震设计课程课时少、内容多,对理论知识要求比较高,并且具有较强的综合性和实践性,因此,学生学习起来比较困难。通过对学生问卷调查分析可知,学习的兴趣和主动性不高成为学习比较困难的主要因素。在教学改革中实施专题模块化教学,可以通过与其他专业课内容相结合,借助多媒体、慕课及微课等新型教学手段,在授课过程中与相关规范深度融合,通过工程案例分析及软件数值仿真模拟教学等,使学生在学习 BIM 软件的同时,能够掌握实际工程中各种抗震相关的知识点,从而培养学生的学习兴趣,让学生更能够容易地理解和掌握该课程的重要知识点,进而使教学效果显著提升。

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,2005.

[2]白国良. 工程结构抗震设计[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2012.

[3]高立人,方鄂华,钱稼茹. 高层建筑结构概念设计(第 1 版)[M]. 北京:中国计划出版社,2005.

[4]李艳飞,江锐. 案例教学法在法学实践教学中的创新研究 [J]. 山西煤炭管理干部学院学报,2016,29(4):145-146.

[5]周清, 包华, 於昌荣, 等. 建筑抗震设计教学探索与实践[J]. 中国现代教育装备, 2014(3): 50-52.

[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]罗学东, 王晓梅. 工程案例教学法在工科课堂中的应用探讨[J]. 湖北成人教育学院学报, 2007, 13(5): 98-99, 105.

[8]王连坤, 宋章树. 建筑结构抗震概念设计的教学实践和探讨[J]. 中国电力教育, 2009(20): 121-123.

[9]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.

[10]梁栋. 土木工程结构设计中的抗震设计要点[J]. 建材与装饰, 2016(36): 55-56.
[11]孙广俊, 李鸿晶. "多媒体-工程案例-数值仿真"模式结构抗震原理教学探讨[J]. 高等建筑教育, 2015, 24(6): 74-78.
[12]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.
[13]曹磊. 建筑结构工程在抗震设计中的研究[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2017, 33(23): 59-60.
[14]聂肃非, 李黎, 郑俊杰. 基于工程实践能力培养的教学环境构建[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(5): 121-126.

Teaching practice exploration on the course of seismic design of engineering in applied undergraduate colleges

REN Lingling, DONG Yuan, LIANG Sen'ao
(*Department of Civil Engineering, Zhengzhou Institute of Finance and Economics, Zhengzhou 450000, P. R. China*)

Abstract: The course of seismic design of engineering is a core course of civil engineering. By analyzing the characteristics and problems in the course teaching, and by a questionnaire survey of students, we can deeply understand the students' mastery of this course and explore the teaching reform of the course combing with its actual situation. Subject modular teaching is adopted to clarify the learning topics of each module, and the knowledge points of different modules are explained in detail to promote the rapid and high-quality absorption of students. With the help of modern new teaching methods, online and offline learning is carried out, the contents of other professional courses are infiltrated, and the latest norms are integrated. At the same time, engineering cases allow students to understand the importance of seismic design, and combination of theory with practice is emphasized, classic cases are analyzed, deeply researched and connected with textbook knowledge, to diverge students' thinking. It provides students with multi-angle knowledge vision and uses BIM numerical simulation to teach. Through students' participating in the national college student structure design competition, combining with seismic knowledge points, students can master the knowledge of basic theory and understand the latest frontier technology and related theories of the earthquake-resistant industry. Students have a strong interest in learning, answer questions and discuss actively in class, so that they can deeply understand the knowledge points of each chapter and the teaching effect is good, and it can provide certain references for application-oriented undergraduate colleges.

Key words: seismic design of engineering; engineering case analysis; BIM; seismic damage analysis

(责任编辑　胡　玥)