

# 数值仿真技术在建筑力学教学中的应用

卢玉林, 卢滔, 王振宇, 赵培培

(防灾科技学院 防灾工程系, 北京 101601)

**摘要:**在建筑力学教学改革实践中,引入数值仿真技术为力学教学提供多样化的手段。通过力学授课过程中将数值仿真技术与传统教学方式相结合,有效激发学生学习兴趣,提高教学效果。实践结果表明:数值仿真技术可以为学生提供理论联系工程实践的平台,为从事专业工作打下基础。

**关键词:**建筑力学;教学;数值仿真

**中图分类号:**TU4;G642.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2012)02-0137-03

建筑力学是土木工程专业的一门技术基础课程,在土木工程教学中的地位尤为重要。如何让学生理解建筑结构中的力学体系,灵活运用基础知识分析结构的组成、受力及变形特点是当前教学中的难点。传统的教学方式主要以板书讲解和力学实验演示为主,并配以相应的习题,这造成教学方式单一,教学内容枯燥,学生易产生视觉疲劳感,失去学习兴趣,降低学习效率<sup>[1]</sup>。

建筑力学包括理论力学、材料力学和结构力学,三种力学知识点衔接密切。通过固有课时虽然能够讲解基本原理和计算方法,但学生在工程中却不能灵活运用所学解决实际问题,造成理论与实践脱节,形成应用间隙。为此,在教学过程中要不断改革教学方法,引入数值仿真(Numerical Simulation)技术,通过对典型建筑结构的数值模拟,将结构的受力、变形通过图表、图形、动画等方式直观地呈现给学生,以此激发学生学习兴趣,促进教学进步<sup>[2-3]</sup>。

数值仿真技术是现阶段发展较为完整的计算力学方法,它以计算机为手段,通过对实际问题的抽象化模型建立,结合数值计算来获取结构内力和变形,并采用图像显示的方法,以云图和图表的方式展现计算结果,达到对工程问题和物理问题科学研究的目的。土木工程领域数值计算方法包括有限单元法、有限差分法、边界元法和有限体积法等,以这些数值方法为基础开发的数值模拟软件主要有 ANSYS、ADINA、SAP2000、ABAQUS、FPEG 和 FLAC 等<sup>[4-6]</sup>。数值模拟软件的应用对于丰富建筑力学教学手段,提高教学效果,开拓思维,激发学生学习兴趣有着积极的作用,为学生毕业后从事工程结构领域相关工作打下了基础。

## 一、数值仿真实践应用

### (一)在结构动力学中的应用

结构动力学是结构力学教学的难点,因此,在讲解结构动力分析时可引入数值仿真环节,为学生提供直观的结构动力反应分析。地震的作用往往使结构出现强度破坏,因此介绍地震作用下结构的受力状态以及不同场地条件下结

收稿日期:2011-10-10

基金项目:防灾科技学院教学研究与教学改革项目(201105)

作者简介:卢玉林(1983-),男,防灾科技学院讲师,主要从事结构工程数值模拟研究,(E-mail)yllu@

cidp.edu.cn。

构的受力分析,有利于学生掌握结构动力学的实际应用,是与当前结构工程中抗震领域研究相结合的典范实例。

选取土木工程中以钢结构为主要形式的输电铁塔,通过有限元分析软件 ANSYS 分析结构的应力分布、振型特点以及最大变形量。首先,建立结构的数值模型,将铁塔简化为桁架结构和刚架结构形式如图 1 所示。通过映射网格技术对模型进行网络剖分,从图 1 可以看出模型与实际结构基本相似。通过结构动力学中的时程分析法离散地震波,以瞬时荷载施加在结构上,计算结构的地震动力反应,计算结果如图 2 所示。数值结果通过直观的变形云图显示,学生可以了解到以钢结构为主要形式的输电铁塔在简化为桁架体系和刚架体系时所获得的结构内力、变形的特点和区别。结构力学中桁架和刚架的动力反应分析难点就可实际工程问题中得以解决。



图 1 钢铁塔模型

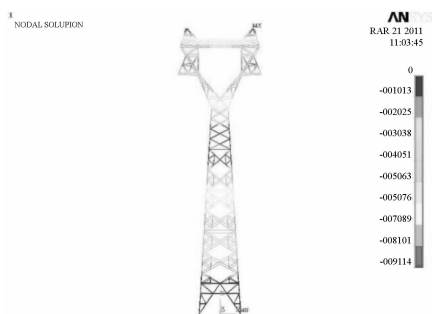


图 2 铁塔变形图

(二)在材料静力学中的应用

材料力学主要研究杆件的强度、刚度和稳定性,其中横力弯曲及变形挠度是学习的难点。利用数值仿真技术,考虑典型荷载分布因素的影响,通过数值模拟可以得到简支梁横力弯曲时挠度的变形图。以常见的简支梁为例,一种是由钢筋和混凝土两种材料组成的矩形截面梁;一种是工业厂房中常见的工字型钢梁。引入这样截面类型的梁不仅与材料力学教材中单杆弯曲变形相似,而且与工程实际梁的变形相统一。这样学生可以更好地理解专业知识,增强实用性,为今后从事结构设计打下基础。

建立钢筋混凝土简支梁的计算模型并在两端施

加约束,有限元网格划分和钢筋骨架如图 3、图 4 所示。混凝土以实体单元建立,受力钢筋和周向箍筋以杆单元建立,通过静力分析得到梁的应力分布和挠曲线形状。工字型钢受力变形分析如图 5 所示。通过改变梁的受力方式和约束形式,分别施加分布荷载和集中荷载计算梁的应力,并将梁的变形过程以动画形式展现给学生,吸引学生注意,激发学生自主学习自主性。

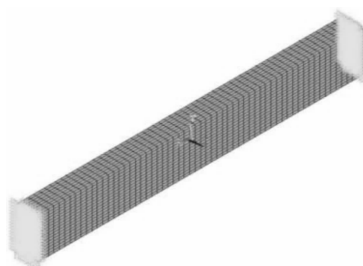


图 3 钢筋混凝土简支梁模型

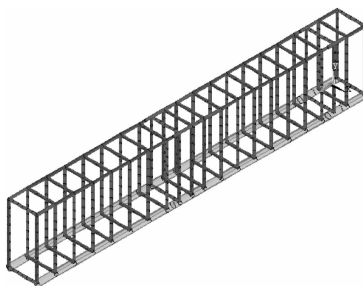


图 4 钢筋骨架模型

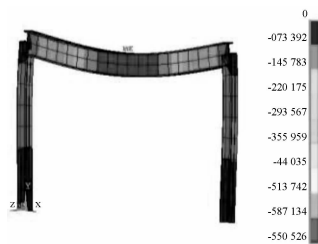


图 5 工字型钢变形图

二、教学效果检验

以调查问卷的形式,从学习兴趣性、学习有效性、概念理解性和专业知识掌握程度等方面对引入数值仿真实践环节授课效果进行检验,调查结果统计分析如表 1 所示。

表 1 调查结果

	对学习有帮助	对学习比较有帮助	对学习基本没帮助	其他
土木工程二年级人数(人)	37	27	9	8
百分比(%)	45.7	33.3	11.1	9.9
土木工程三年级人数(人)	54	30	6	9
百分比(%)	54.5	30.3	6.1	9.1

从统计结果看,不同年级学生对数值仿真环节的引入有不同看法。二年级学生对该环节的认可度达到79%,少数学生存在异议。少数学生对材料力学在土木工程中的作用认识不清晰,不知道学习材料力学的目的是为了什么,如何应用力学原理解决问题。针对此,教师在讲授过程中,特别是在导论课中一定要结合工程实例,从实际出发,让学生对课程和今后从事的工作有全局性的认识和理解。

三年级学生认为该环节对学习有所帮助的比例占84.8%,但仍有15.2%的人持不同意见。究其原因:一是部分学生毕业可能从事其他类工作,对专业课程不感兴趣;二是前期基础薄弱,引发后续课程脱节,学生对结构力学知识点不清晰,尤其是结构动力学部分。总体而言,大部分学生对此持支持态度,特别是准备考研的学生学习兴趣浓厚,比例占学生总数的近50%。

这些反馈的意见为教师在授课过程中及时掌握学生动态,调整授课方案起到了积极的推动作用,有助于教师合理开展后续课程教学。

### 三、教学方案修正

根据学生反馈信息,在前期调研的基础上,我们适当调整了授课方案,开展了有利于提高教学效果的教学改革,并在实践中加以论证。将数值仿真环节和传统教学方法相融合,合理穿插工程实例,完善教学方案,实现授课过程中教案的动态变化,以期有良好的教学发展服务,方案各环节调整流程如图6所示。

### 四、结语

如何激发学生学习兴趣、引导学生自我思考,让学生在有限的学时内掌握力学基本原理是专业教师长期困惑的问题。数值仿真模拟是现阶段解开疑惑的一种好的方法。通过数值仿真环节的引入能够推动教学的良性发展。在今后的教学工作中,我们不仅要注重理论的创新更要兼顾实践的创新,让学生在学力的同时,理解力学在土木专业中的作用,

在工程实践中的应用。因此,在完善教学方案的同时,通过构建典型建筑物的结构模型并分析其应力与变形能更好的为学生学习后续相关专业课程提供引导。

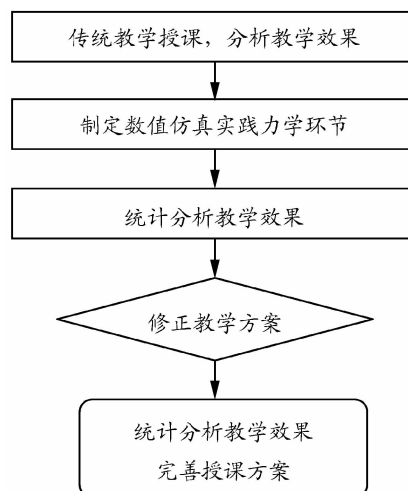


图6 教学方案调整流程图

### 参考文献:

- [1] 黄忠文,陈敏. 面向应用型人才的工程力学系列课程的教学研究[J]. 教育教学论坛, 2011(24):143-145.
- [2] 李丽君,许英姿. CAE 软件在力学教学与实践中的应用[J]. 实验技术与管理, 2010,27(10):113-115.
- [3] 袁健,丁科. 结合专业课程知识的结构力学教学方式探讨[J]. 高等建筑教育,2011,20(2):56-58.
- [4] 常旭,张悦,蔺海晓,张娟霞. 数值模拟技术在建筑结构加固教学中的应用[J]. 现代教育技术, 2010,20(5):118-120.
- [5] 胡留现,刘宗发,杨俊森. 数值模拟技术在本科工程力学课程教学中的应用[J]. 洛阳理工学院学报(自然科学版),2009,19(3):77-79.
- [6] 杨勇,郭子雄. 数值模拟试验在土木工程专业课程教学中的应用[J]. 高等建筑教育,2005,14(3):65-67.

## Application of the numerical simulation in construction mechanics teaching

LU Yu-lin, LU Tao, WANG Zhen-yu, ZHAO Pei-pei

(Department of Disaster Prevention Engineering, Institute of Disaster Prevention, Beijing 101601, P. R. China)

**Abstract:** In the teaching reform of construction mechanics, numerical simulation provides a diversity method for mechanics teaching. Combined numerical simulation with the traditional teaching methods in mechanics teaching, the teaching effectiveness was improved and the students' interesting of self-learning was inspired. The practice results also showed that the numerical simulation technology could provide a platform for students to combine the theory with engineering practice, and lay the foundation of the future professional work.

**Keywords:** construction mechanics; teaching; numerical simulation