

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2014.04.031

# ANSYS 软件在工程结构课程教学中的应用

李海涛, 杨平, 黄新, 黄东升, 郑晓燕

(南京林业大学 土木工程学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:**为了激发学生对工程结构相关课程的学习兴趣,提高教学效果,文章提出将 ANSYS 软件应用到工程结构课程教学中,并对其方法进行了探讨。在教学活动中,通过 ANSYS 有限元软件的仿真分析,让学生能直接了解到工程结构构件的应力、应变、位移云图及构件的各种力学破坏过程和特征,加深学生对基本知识、基本概念的理解。将仿真分析应用到教学中还可以活跃课堂气氛,增强学生对工程结构的学习兴趣,同时也加深学生对国际主流结构设计软件 ANSYS 的了解。

**关键词:**ANSYS;工程结构;土木工程;教学改革

**中图分类号:**TU318;G642.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2014)04-0137-03

工程结构系列课程是土木工程专业非常重要的技术专业课,集理论性和实践性于一体。教学中常见的结构形式有钢结构、混凝土结构、砌体结构和木结构等,根据这些结构的种类,形成了一系列土木工程专业课程。工程结构相关课程的教学质量对培养能力强、素质高的土木工程师人才起着举足轻重的作用。土木工程领域计算机技术的广泛应用,拓宽了工程结构的设计分析思路,同时也对工程结构课程的教学提出了更新、更高的要求。从现代科学研究的角度看,工程结构课程应包括理论教学和实验教学。但在长期的工程结构教学实践中,往往实验教学很少,并且由于方方面面条件的限制,很多结构类型的实验也根本无法开展。使得工程结构课程教学仅仅专注于课堂理论,以致土木工程专业的学生很难理解工程结构的很多基本概念,这对学生掌握相关知识,乃至进一步的深造以及今后的工作实践都将产生较大的负面影响。

将有限元分析软件 ANSYS<sup>[1]</sup>应用到教学中,可以弥补上述弊端。计算机科学技术的飞速发展,为有限元方法直接应用到结构分析等多个领域提供了方便的操作平台与实施方式,促进了有限元方法与结构分析等领域的紧密结合。目前,ANSYS 已是土木建筑行业仿真分析的主流,在钢结构和钢筋混凝土房屋建筑、体育场馆、桥梁、大坝、隧道及地下建筑物等工程中得到了广泛的应用。在工程结构课程教学活动中,也可以通过 ANSYS 有限元软件的仿真分析,让学生直接了解构件的应力、应变、位移云图及构件的各种力学破坏过程和特征,以弥补结构试验<sup>[2]</sup>的不足。

收稿日期:2014-02-20

基金项目:江苏省优势学科建设工程项目;南京林业大学高等教育研究项目;全国工程专业学位研究生教育项目

作者简介:李海涛(1982-),男,南京林业大学土木工程学院副教授,主要从事结构工程的研究,(E-mail)lhaitao1982@126.com。

## 一、ANSYS 结构分析

### (一) ANSYS 工程结构分析功能

ANSYS 结构分析功能强大,单元库和材料库非常丰富,几乎可以模拟任何形式的工程结构。可以较精确地反映结构的变形、应力分布、内力、自振频率、振型、荷载耦合、时程响应等特性。其常用的工程结构分析功能有如下几种:

**结构静力分析:**用来求解多种载荷引起的内力和变形。静力分析很适合求解惯性和阻尼对结构的影响并不显著的问题。ANSYS 程序中的静力分析不仅可以进行线性分析,而且也可以进行非线性分析,如塑性、蠕变、膨胀、大变形、大应变及接触分析。

**结构动力学分析:**结构动力学分析用来求解随时间变化的载荷对结构或部件的影响。与静力分析不同,动力分析要考虑随时间变化的力载荷以及它对阻尼和惯性的影响。ANSYS 可进行的结构动力学分析类型包括瞬态动力学分析、模态分析、谐波响应分析及随机振动响应分析。

**结构非线性分析:**结构非线性导致结构或部件的响应随外载荷不成比例变化。ANSYS 程序可求解静态和瞬态非线性问题,包括材料非线性、几何非线性和单元非线性三种。

### (二) ANSYS 工程结构分析模块

ANSYS 结构分析软件主要包括三个模块:前处理模块、分析计算模块和后处理模块。前处理模块又包括实体建模、网格划分和施加荷载。后处理是将计算所得的结果可视化。ANSYS 有两个后处理器:一是通用后处理器,它只能观看整个模型在某一时刻的结果,常用于静态分析、模态分析、屈曲分析的结果显示;二是时间历程后处理器,它可观看模型在不同时间的结果,一般用于动力分析。

## 二、ANSYS 仿真在工程结构课程教学中的应用价值

哈佛学者斯腾恩伯格<sup>[3]</sup>认为,就知识而言,包括三个层面,即原理性知识、特殊案例知识以及把原理和规则应用到特殊案例中的知识。著名教育家杜威<sup>[4]</sup>也曾说过:最好的一种教学,就是牢牢记住学校教材和实际经验二者相互联系的必要性,使学生养成一种态度,习惯于寻找这两方面的接触点和相互的联系。从这个角度看,案例教学不失为一种获得理论与实践有效结合的教学模式<sup>[5]</sup>。而通过 ANSYS 仿真软件可以模拟多种工程结构案例,多种工程构件的受力和变形。借助 ANSYS 仿真组织课堂教学,可以在一个案例中既展现工程场景,又引导多角度的启发,帮助学生有效解决工程问题,加深其对专业知识的理解和掌握。

ANSYS 仿真分析可以逼真地呈现结构体系或结构构件的受力和变形,便于学生对基本知识和基本概念的理解。将 ANSYS 仿真应用到教学中,可改变

以教师和教材为中心的传统教学方式,增强对学生学习的启发性。通过引导学生分析和讨论工程结构案例,运用专业知识和创造性思维解决工程问题,帮助学生拓展思维,更好地理解抽象概念,引导学生追本溯源,积累知识,并做到举一反三,把知识真正学到手。

## 三、ANSYS 软件在工程结构课程教学中的应用

作为重要的专业基础课,工程结构课程特点是知识面广,公式符号多,经验性强,实践性强。教学过程中教师必须提纲挈领,紧抓知识结构主线,将分析思路和知识线索贯穿其中,为学生传授相对完整的专业知识。根据本科学生的学习特点和接受能力,结合工程案例和教学经验,以多媒体信息技术为手段,将 ANSYS 软件仿真分析应用到教学中。

教师在用 ANSYS 软件进行相关教学之前,应对相关基本概念进行回顾或讲解,让学生掌握 ANSYS 计算分析的基本原理;通过将结构力学中的一些简单结构内力和变形的 ANSYS 计算结果同手算结果作对比,或者以实际工程中用有限元软件进行分析设计的成功案例,证明有限元分析的准确性和实用性,使学生对 ANSYS 计算分析有初步的认识。随着有限元软件在工程结构分析中的广泛应用,新时代的土木工程专业学生非常有必要掌握一种有限元分析软件。国内部分高校在本科的高年级中开设了 ANSYS 选修课;未开设这类课程的高校,建议有选择地开设相关课程,这样不仅有利于学生以后自身的发展,也有利于 ANSYS 软件在工程结构课程教学中的应用。

运用 ANSYS 仿真展现工程案例,从背景知识和工程问题出发,思考和阐释工程案例,寻求支撑理论和分析方法,训练学生的专业技能,提高学生分析和解决问题的能力,激发学生的学习兴趣,引导学生创新思维,培养其良好的工程意识。在 ANSYS 仿真分析讲解过程中,教师应启发和引导学生思考和探究问题,强化师生之间的互动。ANSYS 仿真分析示例是基础,问题的创设是关键,理论的阐释是重点,知识的掌握是核心,技能的培养是目标。

ANSYS 软件的强大分析功能均可以运用到工程结构的教学活动中。工程结构教学中常见的结构形式有钢结构、混凝土结构、砌体结构和木结构等,常见的基本结构构件有板、梁、柱、墙、杆、拱、索和基础等。在对基本杆件的教学中,可以通过静力分析功能或非线性分析功能等分析基本杆件在荷载作用下的力学性能,以彩色云图的形式显示基本构件的应力、应变分布情况、变形情况等;另外,还可以列出反力、反力矩、节点力和力矩等等。ANSYS 软件还可以表示出构件的主应力迹线,模拟一些构件的破坏过程,使学生对结构基本构件的破坏现象、破坏机理、破坏过程有直观清晰的印象,增强他们对工程结构

的学习兴趣,同时也增强学生对 ANSYS 有限元分析软件的了解。

在工程结构体系的教学中,可以运用 ANSYS 软件对整个结构体系进行建模分析和计算,既可以进行静力荷载分析,也可以进行结构动力学分析,如瞬态动力学分析、模态分析、谐波响应分析等。同基本构件分析类似,对结构体系的分析也可以彩色云图的形式显示出结构的应力、应变分布情况、变形情况等。ANSYS 软件还可以计算出结构的固有频率和振型,可使学生通过观察结构在固有频率下的振动状态,直观地了解结构振型的定义。另外,在工程结构抗震相关课程中,ANSYS 可以通过谐波分析、瞬态动力学分析,计算结构在不同种类动力荷载作用下的结构响应,让学生能够直观地了解结构的薄弱层或软弱层的位置,掌握结构平立面规则布置对地震作用的意义,通过观察建筑物顶部突出部位的鞭梢效应,理解地震作用放大的意义等。

#### 四、ANSYS 软件在工程结构课程教学中的应用思考

将 ANSYS 仿真分析有效地应用到工程结构课程教学中,需要注意的是:首先对教师提出了更高的要求,这就是教师必须熟练操作 ANSYS 软件;此外,教师还要积极创造有利于培养学生工程结构问题求解意识和知识创新能力的课堂氛围。随着工程结构理论和相关科学技术的进步,许多新问题也相继出现。这些问题常常牵涉多个知识点的综合应用,这就要求教师在教学过程中,与时俱进,不断学习新知识,了解最新的工程案例,以阐释工程结构教学中的理论体系,拓展学生的知识面。教学内容应力求去粗存精,突出主旨,步步推进;教师在备课过程中,要精心设计教学结构和案例,简洁明了而又准确地展现工程结构案例的求解过程,引导学生发散思维,提高学生识别、分析和解决工程结构问题的能力。教师在教学过程中不仅要传递课程理论知识,更要传授工程问题求解的思维方法,正确处理好教师的主

导作用和学生的主体地位的关系,实现教师引导和学生研讨的有机结合。另外,在教学过程中,应充分挖掘每位学生的学习潜能,开发学生的主体意识,调动学生主动参与课堂教学的积极性,激发学生的学习兴趣和学习内驱力。在传授学生工程结构理论知识的同时,帮助学生学会使用 ANSYS 软件,以模拟工程实例,加深对相关知识的掌握和理解。事实上,很多学生对这个神奇的软件充满了兴趣。教师可以针对这种情况,成立 ANSYS 软件学习兴趣小组,让学生利用业余时间去学习和掌握这个软件,达到学习软件掌握结构知识的目的。有条件的高校应尽早开设有限元分析相关课程。

#### 五、结语

目前,大部分工程结构课程相关教材都比较抽象,以公式和示意图为主,缺少工程实例。学生在学习中感到枯燥乏味,难以激发学习热情和兴趣。为此,在工程结构教学活动中,教师可尝试通过 ANSYS 有限元软件的仿真分析,逼真再现结构的变形、应力分布、内力、自振频率、振型、荷载耦合、时程响应等特性,让学生能直接了解各种力学破坏的过程和特征,加深学生对基本知识、基本概念的理解。将 ANSYS 仿真分析应用到教学中还可以活跃课堂气氛,增强学生对工程结构的学习兴趣,切实提高教学效果和教学质量。

#### 参考文献:

- [1] 王新敏. ANSYS 工程结构数值分析[M]. 北京:人民交通出版社, 2007.
- [2] 孙旭峰,等. 土木工程专业结构力学课程实验教学实践探讨[J]. 高等建筑教育, 2013, 22(61): 133-136.
- [3] 孙雍君. 斯滕伯格创造力理论述评[J]. 自然辩证法通讯, 2001, 22(1): 29-38.
- [4] 单中惠. 杜威的反思性思维与教学理论浅析[J]. 清华大学教育研究, 2002(1): 55-62.
- [5] 夏雄,等. 案例教学法在土力学课程教学中的实践与思考[J]. 高等建筑教育, 2013, 22(61): 56-59.

## ANSYS application in the engineering structure teaching

LI Haitao, YANG Ping, HUANG Xin, HUANG Dongsheng, ZHENG Xiaoyan

(College of Civil Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, P. R. China)

**Abstract:** In order to inspire the learning interest of students for courses related to engineer structures, ANSYS software has been used during the teaching process to improve the teaching effect. Simulation analysis by ANSYS can make the students know the strain, stress and displacement distribution of the engineering structure components, including the failure process and characteristics of the components and it can also deepen the students' understanding of basic knowledge and concepts. This method can make up for the inadequacy of tests and make the teaching atmosphere actively as well, enhancing the learning interest of the students for engineering structures. Meanwhile, the students could learn the international mainstream structure design software ANSYS.

**Keywords:** ANSYS; engineering structure; civil engineering; teaching reform

(编辑 王 宣)