

面向软件应用的有限元课程教学改革与探讨

张大英

(郑州航空工业管理学院 土木建筑工程学院,河南 郑州 450015)

摘要:在分析有限元课程传统讲授方法的基础上,将有限元软件引入课程教学。为加强学生的学习主动性,培养创新实践能力,制定了利于本科生学习的新教学目标、计划、方法、内容和考查方式。通过将工程实例制作成ppt,详细讲解已知数据资料的使用方法,及利用有限元软件求解问题的思路、方法和具体步骤。在此基础上通过上机练习和课下练习,加深学生对有限元理论的理解。

关键词:教学改革;软件应用;有限元课程;实践能力

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2014)05-0091-04

由于实际工程的复杂性,如边界条件复杂、几何形状复杂等,利用传统解方程求解问题的精确解答成为难点。随着计算机技术和数值模拟计算理论的快速发展,衍生出了求解复杂问题近似解的新方法。其中,理论基础完备、灵活性及适应性的有限元方法^[1]成为了解决复杂工程问题的一种强有力的分析工具。由此,在各大高校工科类专业(如土木工程专业)的本科生和研究生学习阶段都开设了有限元课程。实践证明,学习有限元课程对学生未来的就业及进一步深造都具有重要的意义。然而,通过笔者作为学生时期学习有限元课程的亲身体会及目前作为一门有限元课程教师的亲身经历,对有限元课程教学提出了一些新的看法和建议。

一、传统方法讲授有限元课程的探讨和解析

传统方法讲授有限元课程注重对有限元基本理论的讲解,而有限元基本理论涉及力学、数学等多个领域,抽象概念较多,如果没有足够的专业知识,理解难度较大,限于本科生所学知识范畴,直接讲解有限元基本理论是枯燥难懂的。而研究生需要培养一定的科研能力,自主发现并解决问题,必须具备扎实的理论基础并灵活运用加以创新,因此,研究生学习有限元基本理论非常必要。鉴于本科生和研究生的差异,学习有限元课程时需要制定不同的学习目标、学习计划和学习内容。为此,利用传统方法给本科生讲授有限元课程存在许多问题,而且教学效果亦不乐观,急需改进和调整。

(一) 课程教学目标有待调整

在本科学习阶段,有限元课程通常为专业选修课,课时量少,通常只有

收稿日期:2014-04-09

作者简介:张大英(1982-),女,郑州航空工业管理学院土木建筑工程学院讲师,博士,主要从事结构有限元软件应用研究,(E-mail) daying803@126.com。

32学时。另一方面,学生力学、数学理论知识的积累量少且灵活运用能力较差。在有限的课时内,教师讲解该课程的传统方法是制定简单的教学目标,仅要求学生简单学习与弹性力学课程相关的一些知识,而且侧重于利用有限元方法求解简单的平面力学问题,与实际工程没有联系,学生的学习积极性欠缺。有限元是一门应用性很强的课程,本科生毕业后其中多数人会上工作岗位,如果将有限元学习与工程实际应用结合,将极大提高学生的学习兴趣。因此,在教学目标中要求学生学会利用有限元方法解决工程实例更具有现实意义。

(二)课程教学方法和内容需要改进

传统有限元教学方法,主要是以教师讲学生听为主,跟其他纯理论课程的讲授无本质区别,而课程中存在大量的公式及推导,方程多数用矩阵表示,学生听课过程显得非常吃力,因此,需要结合本科生的学习特点,加入实例分析的讲解,让学生主动参与课程,激发学生的学习动力。

在上述教学目标中谈到的传统教学方法,教师侧重于要求学生学会利用有限元方法求解平面力学问题,而对有限元中应用更为广泛的空间力学问题、动力问题、温度场及热应力问题、非线性问题等内容,在教学内容中并不涉及。这就导致学生在学习课程时感觉枯燥无味,没有兴趣,学完这门课程后收获甚少,而讲解平面问题以外的复杂问题,学生的领悟能力又达不到。因此,有限元课程教学内容的广度和难度需要调整,这仍然要结合本科生自身特点,变理解有限元基本理论为应用有限元软件解决实际问题,这样学生亲自动手参与到课程学习中,效果更好。

二、有限元理论与实践相结合的教学方法

鉴于目前传统有限元教学方法存在的诸多问题,笔者针对土木工程专业有限元软件应用课程制定了明确的学习目标、教学计划和内容。

(一)改进教学目标和计划

1. 以有限元软件运用为目标指导教学计划的设计

教学目标:该课程要求学生了解有限元法的发展概况,掌握有限元法的基本思路及求解步骤,手算组成单元数目 ≤ 3 的结构有限元求解,灵活运用有限元软件解决简单的实际工程问题。以MIDAS/Civil有限元软件^[2]为例展开说明。

2. 课程教学计划及说明

教学计划包括两大部分:有限元简介和软件应用。有限元简介8课时,讲解内容主要包括:有限元法发展概况,有限元法的基本思路及求解步骤,结合工程常用的有限元软件简述有限元程序的基本结构,利用平面三角形常应变单元求解结构的刚度矩阵,建立刚度方程,求解结构的应力、应变和变形。软件应用24课时,结合6个实例讲解软件的操作过程,教师讲和学生练相结合,实例的安排由易到难,每完成一个实例都要让学生去机房亲自动手练习,一方面熟悉软件的操作,另一方面在训练中发现细节问题并共同解决,学习印象更加深刻。此外,在软件应用的过程中,结合实例引入有限元理论知识,让学生在实践过程中加深对理论知识的理解。举一个简单的例子,如图1所示,一工字型截面为H 440 × 300 × 11/18,长度为12 m的钢悬臂梁,钢材为三级普通钢筋,跨中作用10 kN的集中力。试完成以下3个问题:(1)试用梁单元、板单元和实体单元模拟该梁,并对各类单元类型划分不同的单元数目进行多次模拟,比较计算结果的异同;(2)用板单元模拟该梁,分别划分为三角形单元和四边形单元求解该梁,并对计算结果进行分析;(3)用实体单元模拟该梁,分别划分为四面体单元和六面体单元求解该梁,并对计算结果进行分析。

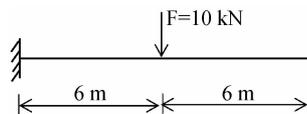


图1 钢悬臂梁

上述只是一个简单的问题,但是学生完成提出的三个问题后,一方面可以熟练软件的常用功能和命令,另一方面熟悉软件中的各种单元类型并用于求解问题,通过分析研究计算结果,找出不同单元类型、不同网格数目对同一问题计算结果的差异,总结各单元类型的特点及各自的适用范围。

(二)建设面向教学目标、结合软件应用的教学资源

1. 合理选用教材

本课程主要包括有限元简介和软件应用两部分,有限元简介部分的教材选用梁醒培、王辉编著的《应用有限元分析》^[3],此书的作者参与了有限元ADINA程序^[4]的引进和推广,编写、编译了有限元学习班讲义,在全国举办过多次有限元学习班,对如

何学习应用有限元有切身体会和丰富经验。书的内容选取、结构和形式的安排、叙述的方式有很强的实用性和针对性,以简单的方式阐明有限元基本原理,易于学生理解。软件应用部分教材不唯一,主要是因为应用离不开实例分析,而实例又变化无穷,所以有关讲述实例的有限元教材都可作为参考。但在给本科生讲课过程中,应以教师所摘列的实例为主要学习内容,参考教材作为学生课下练习的参考书。

2. 围绕教学目标制作 ppt 演示文稿

根据课程的主要内容制作 ppt 演示文稿,分为第一章绪论、第二章有限元简介和第三章至第八章的六个实例分析共八章内容。绪论部分主要介绍课程的内容分配、学习目的、学习方法、学习要求和主要参考书目。有限元简介部分的内容按照教学计划所列内容依次讲述。第三章至第八章实例分析部分的 ppt 不同于前两章,传统教学方法中对实例应用部分通常不制作 ppt 演示文稿,而是直接利用软件给学生讲解,根据笔者的经验,这种方法对于 CAD 这类画图软件是可行的而且效果良好,但是有限元软件是一种计算软件,它的求解器中应用了有限元的基本理论,虽然在应用软件时不需要操作求解器,但是前处理和后处理中需要用到专业知识和有限元基本理论所需参数的输入,因此,在利用软件之前,先将实例做成 ppt 演示文稿,给学生分析讲解,然后再利用软件给学生演示操作过程,最后学生自己上机练习。

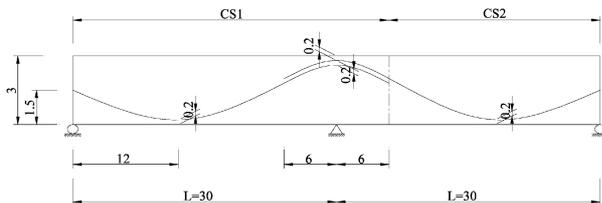


图2 预应力混凝土梁(单位:m)

(三) 面向教学目标的基于软件应用能力的课程考查

上述教学目标、计划和内容中都强调了有限元软件的应用,因此对该课程的考查也不再采用传统的闭卷或开卷考试的方式,而是紧扣教学目标从以下方面考查学生对课程的掌握情况:(1)在规定时间内(约 50 分钟)灵活运用软件完成简单结构构件的计算分析,提交计算文件;(2)将学生分组,在约一周的时间内,每组完成一个简单工程实例的计算分析,提交计算文件。通过第(1)方面的测试,考查了学生对有限元软件基本应用的掌握情况。第(2)方面的

实践证明,采用这一方法效果较好。下面以预应力混凝土梁的施工阶段分析来说明 ppt 演示文稿的制作。

实例的结构模型如图 2 所示,截面宽度为 2 m,钢束沿截面宽度方向布置在正中间位置。演示文稿中的内容主要有以下几部分。

1. 计算所需的已知数据

包括桥梁概况及截面数据,使用的混凝土和预应力钢筋的材料特性及容许应力,计算应考虑荷载情况等。利用 ppt 将已知数据在软件中的作用及如何使用给学生做清晰的分析,避免了学生看到众多的数据资料无从下手,更不知道如何使用的问题。

2. 有限元建模及分析步骤

根据程序结构,将预应力混凝土梁的施工阶段分成 7 个主要步骤:(1)定义材料和截面;(2)建立结构模型;(3)输入荷载;(4)定义施工阶段;(5)输入移动荷载数据;(6)运行结构分析;(7)查看结果。这 7 个步骤的难易程度不同,需要针对各个难点仔细讲解,如(1)中时间依存性材料的定义和连接,(2)中结构组、边界组和荷载组的应用,(3)中钢束的布置及钢束特性值的输入,(5)中车辆荷载的选用及布置等。上述采用首先由教师对问题进行分解,并针对每个分解步骤中出现的新内容和不易理解的部分作出剖析,然后再给学生演示如何利用软件对问题进行计算分析的方法,思路清晰,学生易于理解和掌握。

测试方式,给学生创造了查阅资料、互相讨论问题的时间和空间,全面考查了学生灵活运用有限元软件解决实际问题的能力。

三、教学效果分析

针对本科生学习特点,提出了学生学习有限元课程新的思路、教学方法、目标和内容,并紧扣教学目标结合实例分析讲述了如何制作适于本科生教学的 ppt 演示文稿。此外,根据新的教学方法制定了考查学生掌握该课程的新方式。通过笔者的教学经验,取得了良好的效果。

(1)激发了学生的学习主动性和学习兴趣。每

讲完一个实例,都留有学生上机练习的时间,学生不再一味听教师讲,而是参与课程教学,变被动为主动。

(2)培养和锻炼了学生发现问题和解决问题的能力。在学生课上参与上机练习和课下自主练习的学习过程中,会不断发现新问题,通过与师生的相互交流和讨论,不断解决新问题,提高自身水平,培养和锻炼了学习能力。

(3)实现了有限元理论和工程实践的密切结合。通过学习有限元理论指导有限元软件的灵活运用,反过来,在利用有限元软件解决问题的过程中加深了对有限元理论的深刻理解。

(4)教学相长。学生在主动学习过程中,不断发

现新问题,有些可能是较难解决的问题,学生的学习能力不断提高,对教师必然提出更高的要求,因此,教师需要不断地学习新知识,充实自己,提高自身水平。

参考文献:

- [1] 王勖成,邵敏.有限单元法基本原理和数值方法[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [2] 邱顺东.桥梁工程软件 midas Civil 应用工程实例[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [3] 梁醒培,王辉.应用有限元分析[M].北京:清华大学出版社,2010.
- [4] 赵兴华,徐福娣.ADINA/ADINAT 使用手册[M].梁醒培,译.北京:机械工业出版社,1986.

The reform and discussion of finite element teaching for software application

ZHANG Daying

(School of Civil Engineering, Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, Zhengzhou 450015, P. R. China)

Abstract: On the basis of analysis on existing problems of the traditional finite element teaching method to undergraduates, the finite element software is introduced to course teaching. In order to enhance the activity of students in their study, cultivate their creativity and practical ability, teaching objectives, program, method, contents and investigations are formulated. Engineering examples are explained in detail for the usage of the given data by power point, simultaneously, the finite element method and steps are expounded detailedly. And then students participate in computer practice and exercises after class to reach deeper understanding of finite element theory in the process of discovering and solving problems constantly.

Keywords: teaching reform; software application; finite element course; practice ability

(编辑 周沫)