

弹性力学教学中的归纳对比法实践

刘章军

(三峡大学 土木水电学院,湖北 宜昌 443002)

摘要:结合弹性力学课程的教学实践,从4个不同层次(即本课程与其他课程、本课程的同一章节、不同章节、多个章节)和5个典型实例来阐述归纳对比法在弹性力学课程教学中的具体应用。

关键词:弹性力学;归纳对比法;教学实践

中图分类号: O343-4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2009)06-0049-04

弹性力学是一门理论性和实用性都很强的专业基础课程。其课程特点是理论性强、逻辑严谨、直观性差、抽象、难理解。此外,学生普遍反映这门课程内容深涩、解题过程复杂、学习难度大。在这种情况下,如何充分调动学生对本课程学习的兴趣和积极性,使他们能在教学过程中掌握更多的知识,需要在教学思想与教学方法上加以改进,提高教学效果和教学质量。归纳对比法是学习弹性力学的一个重要方法,通过归纳对比法的综合运用,可以指导学生将零散的、不成系统的知识系统化,通过比较找出其相同点与不同点,从而增强学生对知识的理解和记忆,提高学生的学习兴趣。在教学实践中,教师应从不同层次对本课程内容进行归纳对比分析,从而使本课程的相关内容形成知识链,帮助学生将各知识点串通起来,找到知识点之间的区别与联系,便于学生理解与掌握。

一、以弹性力学课程与其他力学课程进行归纳对比

弹性力学与先修的其他力学课程之间有着一定的联系和区别,学生在学完先修力学课程后没有作过多的归纳与比较,往往不甚了解学习弹性力学课程的目的和意义。在讲授弹性力学课程的过程中,要引导学生从本课程与其他力学课程在研究对象、研究内容以及研究方法等方面进行归纳对比分析,使学生明确本课程的地位和作用,从而激发学生的学习兴趣。例如,在讲授弹性力学应力的符号规定时,可以与材料力学进行对比分析^[1]:弹性力学与材料力学相比,正应力的符号规定两者一致,即作用于正坐标面上的正应力以正向为正,作用于负坐标面上的正应力以负向为正,反之为负;而剪应力的符号规定则不完全相同,弹性力学中剪应力的符号规定与正应力完全一致,而材料力学中剪应力是以单元或其局部产生顺时针方向转动趋势的为正。如图1所示。在进行归纳对比时,若能进一步说明其原因,将更有利于学生的理解。

收稿日期:2009-10-23

基金项目:三峡大学弹性力学课程建设(2007KJ002)

作者简介:刘章军(1973-),男,三峡大学土木水电学院副教授,主要从事土木工程教学研究,(E-mail)

liuzhangjun73@yahoo.com.cn.
欢迎访问重庆大学期刊社 <http://qks.cqu.edu.cn>

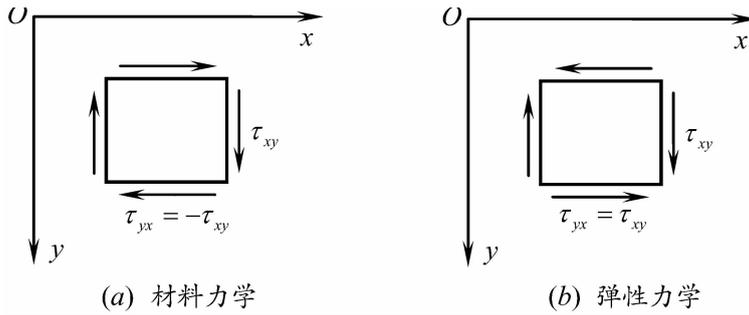


图1 剪应力正负号的规定

同时,教师还可以这样进一步地解释其原因:这两门力学课程关于剪应力的正负号规定至今不能统一。其原因是材料力学通常研究平面上的问题,可以清楚地标明顺时针指向,并且可将其符号规定用于莫尔圆方法来求斜面应力;而弹性力学要考虑的不仅仅是平面问题,也不再用莫尔圆方法来求斜面应力,而且用弹性力学符号规定表示剪应力互等定理十分简便,如 $\tau_{yx} = \tau_{xy}$, 它表示等式两边的剪应力不仅数值相等,符号也一致,并且这样规定后,正应力与剪应力的正负号可以统一。

二、以同一章节内容进行归纳对比

弹性力学课程内容多,在讲授完某一章节后,可以对本章的知识点进行归纳对比,便于学生及时理解知识点间的逻辑关系,从而在宏观上更好地掌握本章内容。例如,在讲授完平面问题的基本理论时,可以从多个方面对本章内容进行归纳对比分析,如:两类平面问题的基本概念、两类平面问题的基本方程、两类平面问题的求解途径等等。表1从两类平面问题的基本特点进行了归纳对比分析。同时,教师还必须对表1中的内容进行科学阐释。

表1 两类平面问题的基本特点

名称	平面应力问题		平面应变问题	
	未知量	已知量	未知量	已知量
位移	u, v	$w \neq v$	u, v	$w = 0$
应变	$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$	$\gamma_{xz} = \gamma_{yz} = 0$ $\varepsilon_z = -\frac{\mu}{E}(\sigma_x + \sigma_y)$	$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$	$\gamma_{xz} = \gamma_{yz} = 0$ $\varepsilon_z = 0$
应力	$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$	$\tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$ $\sigma_z = 0$	$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$	$\tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$ $\sigma_z = \mu(\sigma_x + \sigma_y)$
外力	体力、面力的作用面平行于 oxy 平面,外力沿板厚(z 轴)方向无变化。因此,面力分量 $\bar{f}_z = 0$,体力分量 $f_z = 0$ 。		体力、面力的作用面平行于 oxy 平面,外力沿 z 轴方向无变化。因此,面力分量 $\bar{f}_z = 0$,体力分量 $f_z = 0$ 。	
形状	z 方向尺寸远小于板面 oxy 的尺寸,即所谓的等厚度薄板。		z 方向尺寸远大于 oxy 平面内的尺寸,即所谓的等截面长柱体。	
实质	若弹性体的应力分量 $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ 仅是 x, y 的函数,且 $\sigma_z, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ 均为零,则此问题即为平面应力问题。		若弹性体的应变分量 $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$ 仅是 x, y 的函数,且 $\varepsilon_z, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}$ 均为零,则此问题即为平面应变问题。	

通过表1的归纳对比,可以让学生对两类平面问题的基本概念有一个清晰的认识,否则,学生学习完本章节内容后会感到很知识很零乱,对学习起到消极的效果。

三、以不同章节内容进行归纳对比

在弹性力学的教学过程中,教师要善于将不同

章节的知识点结合起来进行对比分析,这样往往能获得非常好的效果。例如,在讲授到按位移求解弹性力学问题与按位移变分法(瑞利-里茨法)求解弹性力学问题时,教师可以这样进行对比分析:在按位移求解弹性力学问题时,未知函数是位移分量,它们应满足的条件是^[1]:(1)区域内的拉梅方程(以位移

表示的平衡微分方程);(2) 边界上的应力边界条件;(3)边界上的位移边界条件。其中,条件(1)与(2)都是属于静力的平衡条件(即分别表示区域内和边界上的微分体的平衡),而条件(3)是属于位移连续性条件,即在边界上的位移值与约束的连续性条件。在位移变分法中,取位移分量为基本未知函数,在设定位移的试函数时,令其在边界上的位移边界条件预先满足,而条件(1)和(2)则是由位移变分方程来反映的。通过对比分析后,学生对按位移求解弹性力学问题与按位移变分法求解弹性力学问题就有了本质的理解。

这样的例子很多,又如教师在讲授完半平面体受法向集中力作用(即符拉芒问题)和半空间体受法向集中力作用(即布西内斯克问题)时,可以对弹性力学中的两个沉陷公式进行对比分析^[2],即:

$$\eta_1 = \frac{2F(1-\mu^2)}{\pi E} \ln \frac{s}{\rho} \quad (1)$$

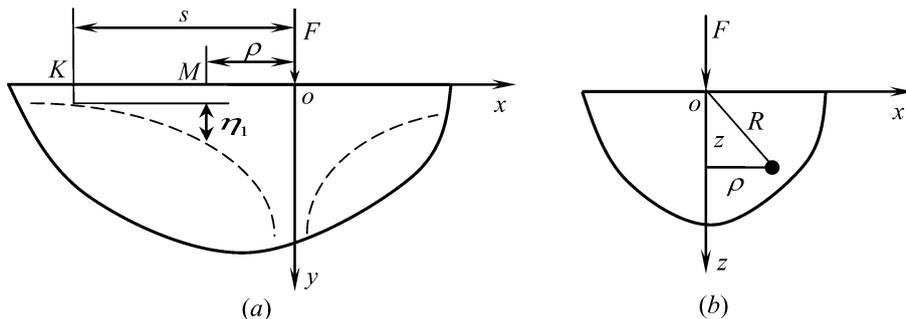


图2 沉陷公式分析图

质区别,这对于学生正确理解和运用所学知识解决实践问题是大有裨益的。教学实践表明,在弹性力学课程教学中合理采用归纳对比法教学通常能起到事半功倍的效果。

四、以多个章节内容进行归纳对比

弹性力学课程涉及的内容很多,求解的基本方程也相当多。在讲授完本课程的基本内容后,还需要从不同角度对本课程内容进行归纳对比。表2从弹性力学的平面问题、空间问题及薄板弯曲问题的求解方程的角度进行归纳对比^[3]。

从表2中,可以让学生充分了解到不同弹性力学问题所具有的异同性。通过归纳对比,可以帮助学生举一反三,对本课程的内容在整体上有很好的理解和掌握。

五、结语

归纳对比法教学能加深学生对所学知识的理解

$$\eta_2 = \frac{F(1-\mu^2)}{\pi E \rho} \quad (2)$$

显然,在式(1)中,作用于 o 点的集中力 F 的量纲是 MT^{-2} ,即单位厚度上所受的力;而在式(2)中,作用在 o 点的集中力 F 的量纲是 LMT^{-2} 。同时,由式(1)求得的沉陷为相对沉陷,即其表面任一点 M 相对于基点 K 的相对沉陷,如图2(a)所示;而由式(2)求得的沉陷为绝对沉陷,即水平边界上任一点的沉陷,如图2(b)所示。由此可见,两个沉陷公式的含义不同,且其集中力 F 的量纲也不同。此外,教师还应结合已学的土力学课程,启发学生在计算地基最终沉降量时,可采用哪个沉陷公式?这样既能将已学的课程结合起来,又能将所学知识正确运用于实践工程问题,可谓一举两得。

这种看似不相关的知识点,通过归纳对比分析后,既能发现两者的相同点,又能深刻理解两者的本

和记忆,增进学习兴趣,提高学习效率;能引导学生善于观察,勤于思考,在“归纳”中渗透,在“对比”中巩固,在领会中使知识得到升华。使用归纳对比法不仅可教给学生知识,通过言传身教,还可以帮助学生掌握好的学习方法,提高素质和学习能力^[4]。

在进行归纳对比法教学时,应注意以下几点:一是要在不同层次上进行归纳对比。本文根据弹性力学课程的特点从4个不同层次进行了归纳对比;二是要采用不同形式进行归纳对比。要综合运用图、表、公式以及文字说明等多种形式的归纳对比,这样的效果往往更佳;三是要精心设计归纳对比的内容。这一点十分重要,要根据授课对象的不同、授课层次的差异,来设计内容的深浅、知识的宽广,以适应不同教学任务的需要;四是要对归纳对比的内容进行科学阐释。仅对知识进行归纳对比往往还不够,有必要对其原因进行说明、解释。

表2 弹性力学问题求解方程的归纳对比分析

名称	坐标系	求解基本方程	拉普拉斯算子 ∇^2	方程实质	说明	
平面问题	一般情况 应力解法	直角坐标	$\nabla^2 \nabla^2 \Phi(x, y) = 0$	$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$	体力为常量	
		极坐标	$\nabla^2 \nabla^2 \Phi(\rho, \varphi) = 0$	$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$	以应力函数表示的相容条件	体力不计
	轴对称位移应力	极坐标	$\nabla^2 \nabla^2 \Phi(\rho) = 0$	$\nabla^2 = \frac{d^2}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{d}{d\rho}$		轴对称位移是轴对称应力的特例
空间问题	位移解法	轴对称 柱坐标	$\nabla^2 \nabla^2 \xi(\rho, z) = 0$	$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$	以 Love 位移函数表示的平衡条件	体力不计
		球对称 球坐标	$\frac{d^2 u_r}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{du_r}{dr} - \frac{2u_r}{r^2} = 0$		平衡条件	
	应力解法	等截面直杆扭转 直角坐标	$\nabla^2 \Phi(x, y) = -2GK$	$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$	相容条件	体力不计
		薄膜比拟问题 直角坐标	$\nabla^2 z(x, y) = -q/F_T$	$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$	平衡条件	薄膜重量不计
薄膜比拟问题	一般情况 位移解法	直角坐标	$\nabla^2 \nabla^2 w(x, y) = q(x, y)/D$	$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$		
		极坐标	$\nabla^2 \nabla^2 w(\rho, \varphi) = q(\rho, \varphi)/D$	$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$	以位移表示的平衡条件	体力不计
	轴对称	极坐标	$\nabla^2 \nabla^2 w(\rho) = q(\rho)/D$	$\nabla^2 = \frac{d^2}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{d}{d\rho}$		

参考文献:

- [1] 王润富. 弹性力学简明教程学习指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [2] 王俊民. 弹性力学学习方法及解题指导[M]. 上海: 同济大学出版社, 2000.
- [3] 刘章军. 弹性力学学习与考研指导[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009.
- [4] 鲁彩凤. “归纳、对比”教学法在结构力学课程中的应用[J]. 高等建筑教育, 2009, 18(3): 115 - 117.

Inductive and Comparative Teaching Method in Elasticity

LIU Zhang-jun

(College of Civil & Hydroelectric Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: Based on the teaching practice of elasticity. This paper discusses the curriculum contents using the inductive and comparative method, including the four different classifications, such as this course and other courses, the same section, two different sections and several sections. 5 typical examples are used to elaborate the inductive and comparative teaching method in elasticity.

Keywords: elasticity; comparative and inductive analysis; teaching practice

(编辑 周虹冰)