

结构力学讨论思考题库建设探讨

严跃成, 申继红

(新疆大学 建筑工程学院, 乌鲁木齐 新疆 830047)

摘要:结构力学课程在土木工程技术人才培养过程中起着举足轻重的作用,建设结构力学讨论思考题库是推行研究性教学和学习的一次尝试。文章介绍了结构力学讨论思考题库的建设宗旨和意义,提出了设计思路,并通过实例详细介绍了有关讨论思考题的内容。

关键词:结构力学;思考题库;教学;位移

中图分类号:TU311-4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2010)05-0070-03

一、结构力学讨论思考题库建设宗旨

教育部21世纪课程内容与体系改革计划中对力学系列课程改革的总体目标的规定是:学时要少,内容要新,水平要高,效果要好。结构力学课程在土木工程技术人才培养过程中起着举足轻重的作用,因为结构工程实践中有大量的力学课题需要工程技术人员去研究解决,而大学期间的学习正是为了培养这种分析和解决问题的能力。为解决“学时减少,效果要好”的问题,我们采用课内、课外结合的方式,即将课内教师完成基本教学任务和课外提倡学生进行研究性学习相结合的方式。结构力学讨论思考题库的建设,一方面为学生提供第二课堂的学习资源,为课外学习创造条件;另一方面拓展了教学内容的深度和广度,为研究性教学奠定基础。

讨论思考题库的建设重在“思考”,所以要给学生留有适当的思考空间。讨论思考题要难易适中,题目太难会让学生感到无从下手,太容易又没有思考价值。以上的诸多问题就要求我们一定要精心设计,以学生目前的学习内容为主并结合学生已有知识进行选题。选题尽量结合工程实际,起到夯实力学基础的作用。

在学生思考过程中,时常会因为摸不着思路而犯愁,教师的作用就是“拐杖”,当学生迷茫时助其一臂之力。基于这种考虑,讨论思考题中会给学生留有提示和示例,也有讨论和结论,要求学生能触类旁通。在思考过程中,引导学生逐步提高分析和解决问题的能力。

归纳讨论思考题库的建设宗旨如下:(1)致力于研究性教学和学习,提高学生的综合分析能力^[1];(2)开辟第二课堂,为学生的课外学习创造条件;(3)增加教学内容,拓展课堂知识。

二、结构力学讨论思考题库的设计思路

结构力学讨论思考题库是由教育部高等教育出版社提出拟建方案并提供建

收稿日期:2010-08-10

基金项目:教育部高等教育出版社资助项目(由同济大学主持,6所院校共同研究)

作者简介:严跃成(1958-),女,新疆大学建筑工程学院副教授,主要从事结构工程及结构力学教学研究,(E-mail)yanyao123@sina.com。

设资金,由同济大学土木工程学院朱慈勉教授主持,并由新疆大学、北京建筑工程学院、西南交通大学、河海大学、淮海工学院 5 所院校联合参加的教学研究项目。

讨论思考题库的知识范围涵盖了力学教育指导委员会制定的结构力学教学基本要求中的基本部分和专题部分中的结构动力学内容^[2]。思考题的类型以 PPT 文件为主,除此之外还包含 Flash 动画和视频教程。

讨论思考题库的设计思路是:提出命题—落实案例—引导思考—组织讨论—归纳总结—引申应用。

讨论思考题库的选题原则:实用意义较大且有助于加强对基本概念理解的命题;学生在学习中易出错或发生疑问的命题;有助于拓展知识、为后续课打基础的命题;从力学基本理论出发挖掘教学内容深度的命题。

三、讨论思考题内容介绍

讨论思考题以 PPT 文件为主,可通过自定义动画或 Flash 动画将讨论内容逐步展现出来。在本文中,还难以模拟幻灯片的教学效果,只做一些简介。

示例——结构的刚度与位移的关系

结构力学中通常要计算结构的位移,以便对结构进行刚度校核,请看下面例题。

图 1(a)中,梁的最大挠度为:

$$\Delta_{\max} = \frac{F_P l^3}{48EI} \quad \text{EI—抗弯刚度}$$

图 1(b)中,桁架 C 点的竖向位移为^[3]:

$$\Delta_{\max} = \frac{F_P l}{\sin\alpha \cdot EA} \quad \text{EA—抗拉刚度}$$

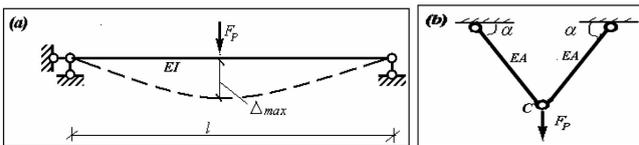


图 1(a)

图 1(b)

讨论思考问题:从上面示例中好像很容易得到如此结论,即结构的位移与刚度成反比,刚度增加,位移就减小。

这个结论是否正确,我们先不急于下结论。再来分析图 1(c)桁架,桁架两根杆的横截面面积不同,设 $A_1 = 4A_2$, 各杆的长度为 l ,为求 C 点的水平位移,需沿 C 点水平方向施加单位荷载,如图 1(d)。

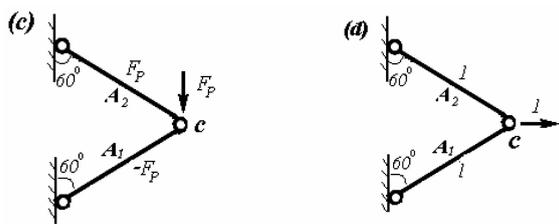


图 1(c)

图 1(d)

由桁架的位移计算公式,求 C 点水平位移:

$$\Delta_{CH} = \sum_{i=1}^n \frac{F_{Ni} \bar{F}_{Ni}}{EA_i} l_i = \frac{F_P \cdot 1 \cdot l}{EA_2} - \frac{F_P \cdot 1 \cdot l}{EA_1} = \frac{6F_P \cdot l}{8EA_2} \quad (\rightarrow)$$

若将 A_1 增大到 $2A_1$ (相当于增加刚度), A_2 不变, C 点水平位移:

$$\Delta_{CH} = \frac{F_P \cdot l}{EA_2} - \frac{F_P \cdot l}{2EA_1} = \frac{7F_P \cdot l}{8EA_2} \quad (\rightarrow) \quad \text{位移比原先更大!}$$

从该例题看出,增加结构刚度反而增加了位移,那么位移和结构的刚度之间到底是什么关系? 我们有必要从理论上作进一步讨论。

以桁架为例,设有 n 根杆件组成的桁架,在荷载作用下各杆产生的轴力为 F_{Ni} ,沿欲求位移方向施加单位荷载,各杆所产生轴力为 \bar{F}_{Ni} , 根据虚功原理得位移计算公式 $\Delta = \sum_{i=1}^n \frac{F_{Ni} \bar{F}_{Ni}}{EA_i} l_i$, 式中 A_i 和 l_i 分别为各杆截面面积和长度, E 为杆件的弹性模量。

对于静定桁架, F_{Ni} 和 \bar{F}_{Ni} 与 A_j 无关,则任意位移 Δ 关于 A_j 的变化率为:

$$\frac{d\Delta}{dA_j} = \frac{d}{dA_j} \left(\sum_{i=1}^n \frac{F_{Ni} \bar{F}_{Ni}}{EA_i} l_i \right) = - \frac{F_{Nj} \bar{F}_{Nj}}{EA_j^2} l_j \quad (a)$$

由上式可知,若 $F_{Nj} \bar{F}_{Nj} < 1$, 则 $\frac{d\Delta}{dA_j} > 0$, 就是说, F_{Nj} 和 \bar{F}_{Nj} 异号时, A_j 增加, Δ 也增加,即杆件的刚度增加,位移也增加。但 F_{Nj} 和 \bar{F}_{Nj} 同号时,刚度增加,位移则减小。

对于超静定桁架, F_{Ni} 和 \bar{F}_{Ni} 与 A_j 有关,则 Δ 关于 A_j 的变化率为:

$$\frac{d\Delta}{dA_j} = - \frac{F_{Nj} \bar{F}_{Nj}}{EA_j^2} l_j + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial F_{Ni}}{\partial A_j} \bar{F}_{Ni} + \frac{\partial \bar{F}_{Ni}}{\partial A_j} F_{Ni} \right) \frac{l_i}{EA_i} \quad (b)$$

上式中 $\frac{\partial F_{Ni}}{\partial A_j}$ 和 $\frac{\partial \bar{F}_{Ni}}{\partial A_j}$ ($i=1,2 \dots n$) 都是平衡力系;而 $\frac{\partial F_{Ni}}{\partial A_j} \cdot \frac{\bar{F}_{Ni} l_i}{EA_i}$ 和 $\frac{\partial \bar{F}_{Ni}}{\partial A_j} \cdot \frac{F_{Ni} l_i}{EA_i}$ ($i=1,2 \dots n$) 为

平衡力系所做的虚功。

由虚功原理知,平衡力系的虚功总和为零,即有以下公式:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\partial F_{Ni}}{\partial A_j} \cdot \frac{\bar{F}_{Ni} l_i}{EA_i} = 0 \text{ 和 } \sum_{i=1}^n \frac{\partial \bar{F}_{Ni}}{\partial A_j} \cdot \frac{F_{Ni} l_i}{EA_i} = 0$$

将上两式带入(b)式,于是得到(b)式右边的第二项为0。

(b)式整理后得到与(a)式相同的结果:

$$\frac{d\Delta}{dA_j} = -\frac{F_{Nj} \bar{F}_{Nj}}{EA_j^2} l_j \quad (a)$$

由此看出,超静定桁架分析结论与静定桁架相同。

现在可以对上述问题进行归纳总结。

(1)对于单个杆件,增加刚度一定能减小位移;

(2)对于多个杆件组成的结构,增加刚度不一定能减小位移,当第j根杆的面积 A_j 增加, F_{Nj} 和 \bar{F}_{Nj} 为异号时,位移 Δ 增加, F_{Nj} 和 \bar{F}_{Nj} 为同号时,位移 Δ 反而减小。

以上讨论的是桁架结构。

请同学们思考:梁式结构是否也有同样的结论?

通过上述结构的刚度与位移的关系分析,启发学生对结构刚度与位移的关系进行思考,并通过研

究使学生逐步理解刚度越大位移越小的结论对单个杆件的受力分析完全适用,而对于多个杆件组成的结构,这一结论未必适用。弄清楚结构刚度与位移的关系,对学生后期的专业课学习及将来从事的结构设计工作具有重要的意义。

四、结语

应用多媒体技术制作讨论思考题库,引导学生在课后进行分析思考,这不仅是为了培养学生的自学能力,更重要的是培养他们分析问题的能力。课外学习中,教师的引导作用至关重要。从教学实践中我们体会到,现代教育技术的应用能够引起教学深度和广度的变化,有利于挖掘更深层次的教学内容。创建研究型大学,迫切需要进行研究性教学和学习,结构力学讨论思考题库的建设,是进行研究型教学的一次尝试,还需要不断地总结和改进行。

参考文献:

- [1] 范钦珊. 在内容与体系改革的基础上推进课程的研究型教学[A]. 力学报告论坛 2006 年会议论文集[C]. 2006: 21-26.
- [2] 朱慈勉. 结构力学[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [3] 雷钟和. 结构力学解疑[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.

Construction of question bank for structural mechanics course

YAN Yue-cheng, SHEN Ji-hong

(College of Architecture Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830007, P. R. China)

Abstract: Structural mechanics course is very important in training civil engineering majors. Construction of question bank for structural mechanics course is to practice research-based teaching. We described the purpose and significance of question bank construction, proposed a design of question bank construction, and described its contents in detail through examples.

Keywords: structural mechanics; question bank; teaching; displacement

(编辑 欧阳雪梅)