

对开口型土力学理论与试验教学方法 的再认识

胡敏云,许四法,陈禹

(浙江工业大学 建筑工程学院,浙江 杭州 310014)

摘要:土力学是解决土工问题的基础理论,但是其理论大多来自试验和对工程问题的高度抽象,因此其应用条件的限制较为严格,在解决实际工程问题时,土力学理论往往存在缺陷,这就是土力学理论的开口性。对开口型的土力学理论,除了课堂教学以外,一定要注重试验教学和工程案例教学。通过课程教学经验的总结,结合当前人才培养的需求,对实验室改革、探索性试验组织的方法和工程案例教学的有效途径进行了探讨。

关键词:土力学;开口理论;实验教学;案例教学

中图分类号:TU3-4;G642;.423

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2014)05-0076-04

近年来,城市建设中发生了一些重大工程事故,造成了国家财产损失甚至人员伤亡,形成了恶劣的社会影响。例如,某软土地地区地铁隧道冻结法施工因冻结失效而发生的坍塌事故;某软土地基地铁车站基坑因土体扰动、支护不及时等而发生坍塌;某新建高层住宅因临近地下车库开挖区(未支护)和堆土的双重影响而骤然倒塌等。这些事故都涉及典型的土力学问题。如果事故相关工程人员能够对工程中涉及到的关键土力学问题事先作出合理准确的判断,这些事故发生的可能性将大大降低。

土力学是土木工程专业的重要基础课程之一,土力学的原理和概念应该像科普知识一样贮存在工程师的记忆中,成为土木工程师知识库中的一个重要内容,这样才能在关键问题上发挥作用,更好地为工程实践服务。因此,土力学的教学既要注重土力学问题的计算分析方法,又要注重对土力学概念的深刻认识和对土工问题的合理分析,以便能够在宏观上对工程问题作出准确判断。学习土力学,不单纯是为了会计算,也不是为了强化结论,它是提升工程人员对地基问题分析和宏观判断能力的重要训练。

土力学的理论是开口型的理论。所谓开口型,指的是支撑土力学的三大理论^[1-4]:渗透理论、压缩固结理论和强度理论,都带有很强的局限性、存在原始误差。用这些理论方法计算再精确也无法弥补原始误差带来的不准确,有些时候甚至是很不准确。而原始误差来源于这些理论建立时所依据的基本假设或使用条

收稿日期:2014-03-12

基金项目:浙江省教学改革项目(KG2013060)

作者简介:胡敏云(1970-),女,浙江工业大学建筑工程学院岩土工程研究所教授,博士,主要从事土力学与岩土工程研究,(E-mail):huminyun@zjut.edu.cn。

件。因此,土力学的教学不应该是单纯教会学生计算,而应该是教会学生去思考,教给学生分析土工问题的思路和现有的较合理、可行的解决方法。

土力学的三大理论都来源于试验,因此,试验对于土力学的教学至关重要。传统的土力学试验属验证型,即已知试验结果的发展规律,再做实验寻找固定公式的参数。但是,从认识土力学的角度讲,土力学试验应该是探索性的,即在未知土的力学特性的情况下,通过试验寻求土力学特性的规律和影响因素。

通过对比国内外一些知名高校土力学教学情况发现:虽然土力学的教学内容各地区差别并不大,但是土力学的教学安排和教学方法有所不同,直接影响着学生的学习效果,从而影响学生从业后对土力学理论的理解和应用^[5-9]。为此,我们在从事土力学教学和科研工作的基础上,通过对土力学的思考和对学生学习状况的调查了解,以及从土木工程师对土力学知识的需求的角度出发,对土力学中的理论教学和试验教学进行了再认识,以期对土力学相关内容教学方法的改进提供有益参考。

一、土力学的理论特点——开口性

土力学的理论是开口型的,指的是传统的土力学理论都是有缺陷的。比如,渗流理论的基础是达西定律,但是达西定律是根据常水头砂土实验得出的结论,它适用于描述水的流速较小、符合层流条件(雷诺数较小)的孔隙材料的渗透规律,并假定土在渗流的过程中孔隙特征不发生变化(渗透系数为常量),这与很多涉及到渗流问题的地基状况并不完全符合。再比如,太沙基的一维渗流固结方程,求解后可以得出结论,初始附加应力的对土层的压缩量有影响,但对土的固结过程没有影响。这个结论是在大面积加载的条件下得出的,对于工程中更普遍的三维和二维加载的地基而言,这个结论是不真实的。还有,土的抗剪强度理论——库仑定律,它从砂性土的直剪试验归纳而来,尽管被推广应用于各类土的抗剪强度规律,并对土的抗剪强度指标取值和影响因素也有很多研究成果,但是库仑定律的应用还是有误差的。由此可见,当前土力学理论还带有很多附加的使用条件,还有很大的发展空间,是开口性的。

然而,土力学的理论是开口的并不意味着土力学的理论不可以应用于解决实际工程问题,只要在合理的条件下,在工程误差允许的范围内,传统的土力学理论,因为其精简、容易理解,在土工实践中仍然发挥着巨大的理论指导作用。可是,从学习的角度讲,对于习惯于理性思维和采用数学公式解决工程问题的学生而言,土力学“真真假假”的开口理论使他们难以把握,甚至由于土力学计算的误差使有些学生对土力学的理论失去了信任。在学习中,他们对土力学的理论一方面表现得过于严谨,不敢“越

雷池一步”,甚至有的由于难于理解,为了考核的需要而死记硬背;另一方面,在进入工程单位实习和工作时,又很容易陷入经验主义,在需要作出判断和选择的问题上,有时反而背离了土力学的基本原理,以至于在工程实践中留下安全隐患或造成不必要的浪费。

总之,由于土力学理论的开口性特点,在土力学教学中,应该区别于较为严谨的课程理论(如弹性理论、材料力学)的授课方法,在关注理论计算和注重结论的同时,还必须加强理论建立方法和结论适用条件的分析,增加值得讨论的内容。

二、从当代高校环境和学生特点对土力学教学方法再认识

随着高校建设经费的逐年积累、校园信息化的推进以及学生基础教育程度的提高,现代土力学的教学环境得到了很大改善,主要表现在以下几个方面。

一是,试验设备充足。经过多年教学和科研的积累,很多高校土木工程学科的土工试验设备有了改进和补充,不仅在数量上有所增加,更是在仪器种类、性能和精度等方面有了很大改进,可以很好地支撑土力学的教学任务,并为学生提供自主试验的良好条件。

二是,学校信息化程度大大提高。计算机技术的迅速发展和网络技术的普及,为高校学生的学习提供了更广阔的途径,也为学生了解和跟踪典型工程实例提供了更多的信息平台。这为开展互动式、全天候的土力学教学提供了便利。

三是,教师专业素质不断提高。中老年教师的经验积累和青年教师的补充,大大提高了高校土力学教师队伍的整体专业素质。一方面表现在土力学教师与学生的比例不断提高,教师可以更自主地开展多种形式的教学活动;另一方面,由于高校教师大多具有从事科研工作的丰富经验,而且越来越多的教师具有海外从事科学研究的经历,加之中国土木工程行业蓬勃发展的现状,很多教师有机会参与一些典型、重大的工程实践中,与工程联系紧密,因此,土力学教师团队不仅有扎实的土力学知识、良好的试验技术和计算能力,而且还可以获得很好的岩土工程案例,为丰富教学内容、拓展教学方法奠定了良好的基础。

四是,学生的综合能力提高。在计算机时代和信息化时代的大环境下,当代高校学生具有较为开阔的专业视野,有跟踪热点工程的意愿,甚至有些学生有浓厚的科研兴趣。现代土力学教学中应该注重培养学生的探索能力,结合学生的求知意识,将学生的被动学习(课堂知识的灌输)和主动学习(课外试验及案例分析)有机结合起来。

但是,现有高校的土力学教学仍然延续以课堂授课为主、验证性试验为辅、课后进行计算练习的传

统教学模式。这样做虽然方便高校教学管理,便于规范化教学和评估,但是对于像土力学这类开口型理论,其教学方法还有待改进。

总之,高校的土力学教学环境已经大大改善,教师和学生都对土力学的开口理论的教学方法的革新有所准备。开设开放性、自主探索性试验和工程案例讨论式教学是完全可能的,而且应该是更有效的。为此,在满足现有教学规范的基础上,可以对现有土力学的教学方法进行改进和补充,主要包括开放性试验与自主探索性试验,工程案例讨论式教学两个方面。

(一)开放性试验与自主探索性试验相结合的试验教学

土力学的理论大多是从试验中来,因此,试验教学是土力学课程学习中不可缺少的重要环节。目前,土力学试验往往由教师安排,在相关知识点授课结束后,集中安排学生实验,即将参加实验的同学按3~4人分成组,由教师指导操作几种典型实验,课后完成实验报告。这种试验教学虽然让学生接触到了土工试验,但局限性明显,主要包括以下几个方面。

一是,试验内容单一。目前土工教学试验主要是土的物理特性试验、土的压缩试验、土的直接剪切试验和三轴压缩演示试验。可是,近十几年,由于办学条件的改善,大多数高校的土工仪器和土工试验的种类都有增加,除了传统的教学试验仪器外,各高校土工实验室大多配备有与土的渗流和土的变形与强度相关的特色试验仪器。相比之下,土力学的教学试验内容过于单一,不能满足学生土力学综合知识和能力提升的需要。

二是,试验是验证性的。现有的土力学试验在讲授完相关土力学知识后进行,是一种已知结果的验证性实验。但是,土力学的理论是开口性的,土工程特性都是受到多种因素的影响,要想更好地把握土的力学特性,试验应该是探索性的,这样更有利于发挥学生的求知能动性,以便通过分析和比较,让学生在认识现有土力学理论合理性的同时,认识它们的局限性和可发展性。

三是,实验室封闭式,既浪费又拥挤。由于土力学试验安排相对集中,需要多组同类型的试验仪器才能完成土力学的教学任务,因此,土力学实验室往往需要批量购置试验仪器,故需占用较大的试验空间;而试验结束后,大部分的试验仪器闲置,试验室封闭等待下一年度的试验教学任务,这无疑造成空间和仪器闲置。另一方面,有些高校的土力学实验室中研究生试验和本科教学试验常共用仪器和实验室,在时间安排上会产生冲突,造成一方的试验必须停止“让行”的局面。

鉴于此,提出开放实验室,增加探索性试验的可行性构想,主要建设内容如下。

一是,开放实验室。所谓开放实验室,指的是不

集中安排学生试验,由学生根据自己的学习计划和实验室登记情况提前预约试验时间,按预约时间完成计划试验项目,为此实验室要保持对学生开放(包括周末和晚上),以保证试验需要。开放性实验室的好处在于不需要购置很多同类试验仪器,同种试验仪器可以错时使用,而不同的试验仪器可以同时使用,提高试验场地和仪器的使用效率。只要提前预约,合理安排,研究生试验和本科生教学试验可以穿插进行,互不影响,且可以在试验时互相学习、讨论。

二是,选择性地开展探索性试验。所谓探索性试验,是指由教师设定试验题目,由学生选择完成非常规型的试验项目。针对不同层次的学生,教师可以根据学校土工试验仪器配置情况,适当布置一些非常规项目的试验供学生选择。例如,学习土的抗剪强度,可以让学生分别完成直剪试验(可分组完成快剪、固结快剪和慢剪)、无侧限压缩试验、三轴试验(可分组完成不固结不排水、固结不排水和固结排水试验),让学生共享不同的试验结果,共同分析试验数据,以加强对土的力学特性的思考和认识。

三是,设计课程演示试验。对有条件的实验室,教师可以设计一些典型的土工试验供课程学习时演示,可以加深学生对课程内容的理解。例如,笔者曾在某国外高校旁听土的渗透性课程,教师设计了均质砂土堤坝渗透试验槽和临界水力梯度装置,在课程中给学生进行渗流演示,试验虽然简短,但给学生留下深刻的印象。

总之,对于以试验为基础的开口性的土力学理论,其教学设计中一定要重视试验课程的安排和设计,这不但可以增强学习效果,而且对培养学生的求实意识、探索精神和实际工作能力大有裨益。

(二)工程案例分析的方法

在我国当前土木工程建设的的大环境下,与土力学教学相关的工程案例非常多,既有影响力较大的重大工程案例,也有地区性特色鲜明的土工案例;有成功的案例也有失败的教训。例如,在土的渗流与破坏方面,有土石坝、堰塞湖、基坑管涌等成功与失败的工程案例;在地基沉降与变形方面,可以将软土地基上高速公路的桥头跳车问题作为案例;在边坡稳定性方面,可以将基坑边坡设计与施工作为工程案例,等等。

对开口型的土力学理论教学而言,案例教学具有特别的意义^[10-15]。通过案例分析,一方面可以帮助学生梳理出关键的岩土工程问题涉及的土力学知识,既认识土力学理论的适用性,也了解其局限性;另一方面,可以将土力学知识与诸多工程的设计和施工联系起来,强调理论联系实际,将知识和能力融为一体。

实施案例教学要重点把握以下几点。(1)精心选择案例。一个工程往往是很多不同门类知识和技术的综合体,教师首先要选择适合某一类土力学问

题的典型工程案例,它可以是一个完整的工程,也可以是工程中的某一部分内容。(2)抽象出土力学分析模型。教师在设计教学案例时,应该初步抽象出土力学问题的基本模型,以便在课堂上更好地组织和引导学生讨论。(3)问题设计。针对提出的土力学分析模型,提出一、两个与工程建设相关的关键问题供学生讨论并引导学生用土力学的方法去解决。(4)问题总结。对成功的案例,土力学解决的问题也不是精确的;对失败的岩土工程案例,其中一定发生了违背了土力学的基本原理的错误。所以,问题总结对学生认识土力学的基本理论及其开口的特性非常重要。

总之,案例教学要强化问题设计,要注重讨论,要能够总结出土力学原理的应用方法和实用价值。规划好的案例分析并不需要花很多时间,却能收到画龙点睛的作用,加深学生对土力学原理和概念的理解。

三、结语

土力学理论具有开口性的特点,因此土力学的教学应该区别于以灌输课堂知识为主的传统教学方法,应该增加探索性的学习和讨论式的学习内容。

在试验教学中,除了传统的验证性试验内容以外,我们还提出了开放实验室和增加探索试验的可行性构想;在课堂教学中,针对典型的土力学问题,可以适当增加工程案例的教学讨论内容。

需要指出的是,尽管开放实验室和增加探索性试验是可行的,这对高校的实验室管理提出了一定的挑战;而且,工程案例教学因为没有定式可循,也需要任课教师用心设计。所以,土力学开口型理论的教学方法还值得不断地实践、认识和完善。

参考文献:

- [1] 李幻,张玉敏,王安明,郝小红. 土力学“一二三四”归纳法简述[J]. 高等建筑教育,2011,20(2):100-103.
- [2] 袁俊平,丁国权. 土力学课程优质课堂教学实现路径探析[J]. 高等建筑教育,2011,20(4):99-102.
- [3] 舒志乐,张璐,保县. 土力学与地基基础课程教学改革的几点思考[J]. 高等教育研究,2012,29(2):41-42.
- [4] 刘勇健,张丽娟,杨雪强,张建龙. 土力学综合性实验教学实践与探讨[J]. 广东工业大学学报:社会科学版,2010,10(s):127-129.
- [5] 蒋启平,何舸. 中德两国土木工程专业本科教育的比较与思考[J]. 高等建筑教育,2006,15(3):17-22.
- [6] 叶四桥,陈洪凯,唐红梅. 麻省理工学院土力学课程教学及其创新性人才培养[J]. 高等教育研究,2011,28(1):69-72.
- [7] 徐岩,赵焱斌. 培养创新型人才的土力学教学方法探讨[J]. 高等建筑教育,2011,20(5):51-54.
- [8] 高文华,万文,陈秋南,阳生权,贺建清. 土力学课程教学改革与实践[J]. 高等教育研究学报,2007,30(1):50-52.
- [10] 崔武文,韩红霞,王喜燕. 案例教学在土木工程专业课程教学中的应用[J]. 教育探索,2007(5):51-52.
- [11] 陈以一. 国际土木工程界对未来工程师教育的若干关注点[J]. 高等建筑教育,2006,15(2):119-121.
- [12] 汪洋. 土木工程学科教研网站的研究与设计[J]. 高等建筑教育,2007,16(1):122-125.
- [13] 易萍华,邓治平. 土木工程专业对学生进行创新教育的思考[J]. 高等建筑教育,2007,16(1):38-41.
- [14] 卢文良. 土木工程专业课教学探讨[J]. 高等建筑教育,2005,14(4):49-51.
- [9] 马虹. 土木工程专业理论教学内容的调整[J]. 高等建筑教育,2005,14(4):52-53.
- [15] 杨杰,艾军,黄东升,戈立. 研究型大学土木工程专业人才培养模式之探索[J]. 高等建筑教育,2006,15(2):45-49.

Recognition of the teaching method of open-ended theory of soil mechanics

HU Minyun, XU Sifa, CHEN Yu

(College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, P. R. China)

Abstract: Theory of soil mechanics is a sound base of geotechnical engineering, but most of the theories in soil mechanics are limited and open-ended because they are based on simplified tests and are highly abstracted from practical models, leading to errors when being used to solve ground problems. According to its character of being open-ended, the teaching and learning process of soil mechanics should stress on laboratory test and case study, as well as formal lecture. Based on writers' experience in soil mechanics teaching, the reorganization of laboratory, establishment of exploring test and suggestion on typical case selection and preparation were discussed here.

Keywords: soil mechanics; open-ended theory; test study; case study