

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2016.06.032

欢迎按以下格式引用:廖红建,郝东瑞,熊甜甜.加强创新人才培养的土力学实践环节教学法研究[J].高等建筑教育,2017,26(1):144-147.

# 加强创新人才培养的土力学实践环节教学法研究

廖红建<sup>1</sup>, 郝东瑞<sup>1</sup>, 熊甜甜<sup>2</sup>

(1. 西安交通大学 土木工程系, 陕西 西安 710049; 2. 西安思源学院 土木工程系, 陕西 西安 710038)

**摘要:**根据土力学课程的特点,就如何发展土力学实验环节,加强土力学教学实践,从而提高土力学教学质量提出一些初步想法。在土力学教学中,一个好的实验实践环节应具有可操作性,基本概念清晰,工程应用背景强,能激发学生兴趣,具有创新和发展性的特点,从而完善理论教学效果,提高学生主观能动性,培养创新思维和综合解决问题的能力。文章结合案例分析得出,一个好的实验实践环节,能使学生对土力学学科有全面宏观的认识,并顺应科学研究过程,这对培养土建类、水利类、交通运输类、地矿类、地质学类专业学生的思维能力,提高科研素质的综合能力具有重要的意义。

**关键词:**土力学;实验教学;实践环节;综合素质

**中图分类号:**G642.0;TU43-4

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2017)01-0144-04

土力学作为土木工程、水利工程、交通工程、采矿工程、地质工程等众多专业大学生的专业基础主干课程,是认知土的工程力学性质的一门技术核心课程。由于土力学课程的特殊地位和作用,土力学的教学如何适应新形势,顺应改革发展的要求,是每一位土力学教师必须思考的问题<sup>[1]</sup>。随着各建设项目向大型化、复杂化发展,建筑行业对相关专业人员的综合素养提出更高的要求。国家提倡进行大土木教学改革,旨在提高本科生的综合专业素养、学习能力和创新思维。

2011年高等学校土木工程教学指导委员会《高等学校土木工程本科指导性专业规范》中指出<sup>[2]</sup>,以行业企业需求为导向,以工程实际为背景,以工程技术为主线,着力提升学生的工程素质,培养学生的工程实践能力、工程设计能力和工程创新能力。

但是目前在土力学实践环节教学过程中,出现实践环节和理论教学脱轨的现象,比如实践环节不能很好地激发学生自主学习相关理论知识的兴趣,学生也不懂得如何理论联系实际,从而没能很好地对相关理论知识进行理解,学到的知识形如散沙,学习效果并不理想。

收稿日期:2016-03-30

基金项目:西安交通大学本科教学改革研究项目(201474)

作者简介:廖红建(1962-),女,西安交通大学土木工程系教授,博士,博导,中国土木工程学会土力学及岩土工程分会土力学教学专业委员会副主任委员,主要从事土力学教学及科研工作,(E-mail)hjiao@mail.xjtu.edu.cn。

因此,文章结合教育部“卓越工程师计划”,重基础平台、宽口径、突出专业特色,针对土力学实验环节的拓展、教学实践等方面,结合实际训练谈一些体会和感悟,探讨土力学教学中实践环节指导理论教学的可行性,以求通过实践环节使学生对土力学学科知识有整体宏观的认知,培养学生自主学习和独立思考的能力。

### 一、土力学的工程特性

土力学是工程力学的一个分支,是以土为研究对象的学科。它是一门实践性、应用性强的课程<sup>[3]</sup>。土是岩石风化以后,产生崩解、破碎、变质,又经过各种自然力搬运,在新环境堆积或沉降下来的颗粒状松散物质。土力学是以力学和工程地质学知识为基础,运用力学原理和土工试验技术,来研究与工程建设有关的土和土体在荷载、水、温度等外界因素作用下的应力、应变、强度和稳定性等特性的一门学科,是一门实践性很强的工程技术科学。在工程建设中,常会遇到各种有关土的工程问题,包括建筑物地基、路堤、边坡和各种土工构筑物,以及以土作为建筑材料、建筑环境等,都需要应用土力学的理论和方法去解决。同时,为各类建设工程的稳定和安全提供科学的对策,包括土体加固和地基处理等。

土の利用可以追溯至古代,远在古代人们就懂得利用土进行工程建设。如我国西安市半坡村新石器时代遗址,就发现当时人们已经能利用土台阶及石基础为简陋的房屋考虑地基基础的稳定性问题<sup>[4]</sup>。以后如秦代用压实法修筑驰道,隋朝用木桩,唐代用灰土基础造塔等。我国东汉时的郑玄在注释战国时的《考工记》时,就认知到了作用力和变形之间的弹性定律,这比胡克(Hooke)定律要早1500多年,但直到18世纪,基本还处于感性认识阶段。欧洲产业革命时期,随着大型建筑物、铁路、公路的兴建和科学的发展,建立了零星的土力学理论。如1773年法国的库伦(C. A. Coulomb)通过试验研究提出了砂土的抗剪强度公式和设计挡土墙的土压力滑楔理论,1857年英国的朗肯(W. J. Rankine)又从不同的途径提出了土压力理论。这两种土压力理论至今仍被广泛应用。1869年卡尔洛维奇(Карлович)发表了世界上第一本地基与基础著作。1885年布西涅斯克(J. Boussinesq)根据弹性理论求出了在集中力作用下地基中的三维应力解析解。1900年莫尔(Mohr)提出了土的强度理论。20世纪

初,人们在工程实践中积累了大量的经验和资料,对土的强度、变形和渗透性质进行了理论探讨,土力学逐渐形成了一门独立学科。20世纪20年代普朗特(Prandtl)发表了地基承载力理论,这一时期在边坡理论方面也有很大发展,费伦纽斯(W. Fellenius)完善了边坡圆弧滑动法。经过一个多世纪的实践和理论研究,1925年美国的太沙基(K. Terzaghi)归纳出版了第一本《土力学》专著,1929年又与其他学者共同编写了《工程地质学》。从此,土力学、工程地质学、地基与基础作为独立学科不断发展。1936年在美国召开第一届国际土力学与基础工程会议,到2013年已举办18次,在会议上,世界各地学者对本学科的研究进行经验交流。

因此,土力学是把土作为建筑物地基、建筑材料或建筑物周围介质(环境)来研究的一门学科,主要研究土的工程性质以及土在荷载作用下的应力、变形和强度问题,为工程设计与施工提供力学指标、评价方法以及分析计算原理,是土木、水利工程等专业重要的技术基础课,具有很强的工程应用背景和工程特性。

### 二、土力学课程实践环节

由于土力学学科的特殊性和复杂性,知识点广,涉及面宽,从土的基本物理性质和工程分类、土的渗透性、地基土中的应力分布、土的压缩性再到土的抗剪强度、地基承载力、土压力计算、边坡稳定性分析等。从内容来看,主要包含基础理论与基本概念、工程实际运用部分、试验与测试部分<sup>[1]</sup>。由于各章知识点的相对独立性,笔者将土力学的学习过程比喻为桥梁建设,而各个章节的学习如同各个桥墩的建立过程,只有把每个桥墩都建扎实了,将桥面铺装好,桥梁才能发挥其作用。在这里每章的基础理论就如桥墩,土力学的实践环节就如同桥面铺装过程,将各个知识点贯穿起来。因此,如何设立合理的实践环节充分调动学生自主学习和对学科的宏观把握至关重要。而土压力计算、挡土墙设计和边坡稳定性分析等都可提供实践环节,让学生在学习基本理论后,进行实际操作训练。

目前本科土力学教学实践环节中大多只设立了四个基本的常规试验,测定土的液、塑限,通过击实试验绘制土的击实曲线,还有压缩试验和直剪试验。四个试验代表着土的不同物理力学特性,是测定最基本的参数指标。通过调研,学生普遍反映,如果没

有一个工程背景作为支撑,他们较难理解这几个常规试验的意义和重要性,更多的是被动完成,而不是主动设计。故参与试验准备、操作和进行结果分析的主观能动性不强,没能充分达到调动学生积极性并发挥创造力的目的。

加强实验课和适当进行实践性环节的改革对提高教学质量非常有效。对实验现象和结果要进行合理的分析,勤于思考,善于总结,才能有所发现,有所进步<sup>[5]</sup>。通过实验教学,加深对土力学基础理论知识的理解,这样大大提高了土力学的教学质量和学习效果<sup>[6]</sup>。因此,在教学环节中,我们尝试了一些开放性的实践环节,在学习土力学的基本知识后,除了完成常规试验,还要参与一些竞赛,开展开放性的设计课题,让学生自主搜集资料,自己设计解决问题的技术路线,自己进行实验和优化设计。目前已经开展了加筋挡墙设计、边坡失稳试验等多种趣味性强

### 三、案例分析

的实践环节,收获颇丰。下面将结合加筋挡墙设计的课题谈谈学生在这次实践环节中的完成过程和理论联系实践的训练。

为了实践实验环节对学生所起的作用,通过组织学生参加加筋挡土墙结构设计大赛,为土力学的实践性环节提供了很好的机会。该课题合理之处在于其可以充分利用土力学各章理论知识,提高学生解决实际工程问题的能力,使学生了解土压力计算、挡墙设计和土坡稳定计算等理论知识在解决加筋挡墙设计中的重要性,调动学生自主学习的兴趣。加筋挡墙设计优化作为一个开放的课题,其答案的多样性,可充分引导学生进行大胆想象,充分表达个人想法并愿意为自己的想法付出实践。下面是在设计过程中的体会。

(1)刚开始给学生布置该课题时,学生不知道该如何突破和入手。我的建议是要充分理解挡墙设计的核心,即通过合理的锚杆布置(实验中用筋带进行模拟)平衡挡墙土压力,从而使挡墙处于稳定状态。因此,学生先结合本科土力学中土压力的计算部分,还有挡土墙的设计和土坡稳定分析的相关理论知识,进行自主学习。

(2)接着为了完成相关实验,根据大赛要求制作模型箱,并为保证模型箱拆卸方便,构思了多种模型箱设计方案,最后各侧板之间通过锚栓连接,底板上安装固定销钉,各侧板底部打孔,直接插入底板。在

模型箱设计过程中,学生充分联想了日常物品的连接方式,从而顺利完成模型箱制作。接着为了完成本次实验,学生也联系了相应砂子生产厂家,了解中粗砂的规格,充分调动了学生自主参与的积极性。

(3)根据设计要求,需要学生自主完成多个常规试验,为进行本次加筋挡墙设计提供材料参数。比如,对砂样进行基本的物理性质参数测定,包括筛分试验、密度测定等。力学强度测定包括砂土的直剪试验、确定内摩擦角,以及筋材的抗拉强度测定等。

(4)在理论计算方面,学生自主查阅TB 100025—2006《铁路路基支挡结构技术设计规范》等多个规范,进行加筋土挡土墙土压力计算、下滑力和抗滑力计算、全墙抗拔稳定验算等,能结合自己提出的布筋方案,建立布筋优化方案的目标函数,从而为整个课题的完成提供扎实的技术路线支持。

(5)在实验方面,为了观察砂样挡墙在不加筋带下的自稳定状况,学生首先做了无筋带下砂土的滑裂面分析和砂土自然休止角的测定,直观上认识了无粘性土滑坡的过程。通过强度较低的纸板作为挡墙,也直观上看到了墙后土体的土压力分布状况,以及不同深度的变形状况。

(6)随着实验的进行,学生兴趣越来越高,查阅了相关加筋土工方面的文献资料,了解了加筋土加固机理。让学生初步尝试布置直线型的筋带进行试验,模拟加筋挡墙过程,不断调整筋带总层数和各层筋带的数目、尺寸等,通过竖向加载直至挡墙破坏,从挡墙后砂土的破坏类型以及筋带的破坏来判断筋带布置的合理性。

(7)通过大胆尝试,学生提出了多种筋带类型和布置方案,比如采用筋带末端弯起成U形或V形,末端采用扩大头的加筋布置等,体会了加筋复合体的作用。在这个过程中,学生能联系工程实际,考虑筋带布置时的经济合理性,培养学生全面理解问题能力,提高其抓住问题症结并各个击破的能力。

(8)最后通过完成一个完整的计算书来表达自己的设计思路和方案,锻炼学生组织整理实验课题报告的能力。在此过程中学生对本科土力学的基本理论知识有了更全面和系统的理解。

在加筋土挡墙设计的基础上,若不考虑筋带,通过设置挡墙面板的位移状态,可以来模拟边坡失稳的主动状态和被动状态,从而使学生结合课本知识,直观了解边坡失稳过程以及滑裂面的形成。

在此开放性试验中采取4人一组,利用的是课外学时,加筋土挡墙设计为4学时(包括计算和操作的整个过程),边坡失稳试验为2个学时(主要是操作环节)。上述结合土力学课程开展的实践环节,学生反映学习效果很好,提高了学生的探索 and 创新能力,并为本科生的毕业设计和论文研究打下了良好的基础。

#### 四、结语

教学中通过不断尝试和学生的反馈,我们看到实践环节的合理性可以大大促进理论教学部分的成效。更可喜的是,虽然开放实践课题结束了,但是学生总结实验结果的热情不减,仍然能认真分析实验各个环节和数据结果,加深了对土性质的认识,增强了对岩土工程的兴趣,为培养岩土工程专业的研究生和岩土工程的从业者打下了基础。土力学是一门实践性非常强的基础课程,理论知识为主,但通过能力培养,引导学生进行创新思维,对理论知识有整体宏观的认知和运用才是人才培养的根本。教学中重视实践环节课题的设置,使课题具有可操作性、工程性、趣味性和发展性,这样才能真正使学生成为课程

学习的主角,充分调动他们对学科理论知识学习的积极性。作为教师,在整个实践环节中,应该起到指导作用,授之以渔,培养学生创新思维方法,这样土力学实践环节的教学才能真正发挥其作用。

#### 参考文献:

- [1] 李广信,吕禾,张建红. 土力学课程中的实践教学[J]. 实验技术与管理,2006,23(12):13-14.
- [2] 高等学校土木工程学科专业指导委员会. 高等学校土木工程本科指导性专业规范[M]. 中国建筑工业出版社,2011.
- [3] 李广信. 奇谈怪论土力学[J]. 岩土工程界,2003,6(8):24-26.
- [4] 赵树德,廖红建. 土力学[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2010.
- [5] 李广信. 试验与思考[J]. 华中科技大学学报:社会科学版,2014(S):118-120.
- [6] 缪林昌,经绯,邵俐. 大土木工程类土力学教学改革思考与实践[J]. 东南大学学报:哲学社会科学版,2009,11(6):255-257.

## Research on teaching methods of practice in soil mechanics course for cultivation of innovative talents

LIAO Hongjian<sup>1</sup>, HAO Dongrui<sup>1</sup>, XIONG Tiantian<sup>2</sup>

(1. Department of Civil Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, P. R. China;

2. Department of Civil Engineering, Xi'an Siyuan University, Xi'an 710038, P. R. China)

**Abstract:** According to the characteristics of soil mechanics course, this paper discussed some preliminary ideas on how to develop soil mechanics experiments, strengthen the teaching practice and further more to improve the teaching quality. A good experimental training should be operable with clear basic conception, should have an engineering application background, can stimulate the students' motivation, and should have the characteristics of innovation and development. So as to improve the theory teaching effect, improve the students' initiative, and students' innovative thinking and problem solving ability. Combined with case analysis, this paper presented that a good experimental training can make the students have comprehensive understanding of the basic theories and master the scientific research process, which is of great significance in fostering students' thinking and comprehensive ability in civil engineering, water conservancy, transportation, mining, geology and other professional fields.

**Keywords:** soil mechanics; experimental teaching; practice; comprehensive quality

(编辑 周沫)