

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2017.04.025

欢迎按以下格式引用:章敏,董晓强,郭昭胜. 科研课题引入土木工程实验教学的探索与实践[J]. 高等建筑教育,2017,26(4):104-107.

# 科研课题引入土木工程实验教学的探索与实践

章敏,董晓强,郭昭胜

(太原理工大学 建筑与土木工程学院,山西 太原 030024)

**摘要:**针对传统实验教学忽视培养学生科研创新能力的现状,探讨将教师科研课题引入实验教学,并结合实际案例,探索本科生参与创新实验项目的思路和途径,在时间安排、建立激励机制和考核评价等方面提出了相关建议。实践证明,依托科研课题进行创新实验教学,将充分发挥科研对教学的促进作用,形成两者的良性互动。

**关键词:**土木工程;实验教学;科研课题

**中图分类号:**G642.423;TU3-4

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2017)04-0104-04

土木工程实验是学生深入理解和把握力学原理、结构造型和材料性能的重要途径之一,它在培养学生的科学探索精神,帮助学生掌握基本实验方法和技能,提高学生动手能力与创新能力等方面有着举足轻重的作用<sup>[1-2]</sup>。目前,高校土木工程专业普遍开设了结构实验和土力学实验等课程,例如结构静载实验、钢筋混凝土受弯构件的裂缝宽度实验、(岩)土体力学参数测试等。然而,受教学课时和经费的限制,实验教学内容以验证性基础实验为主,创新性的自主探索内容较少。此外,实验教学多采用演示性的教学方法,也影响了学生参与实验的积极性<sup>[3-4]</sup>。一方面,有许多大学毕业生,理论知识与实际脱节,进入企业后不能迅速适应工作环境,缺乏独立解决工程实际问题的能力<sup>[5]</sup>;另一方面,有志于读研、出国留学的学生,则希望在本科阶段提前掌握一些从事科研的基本方法,为今后继续求学深造打下基础。实验教学中设置与科研课题相对应的综合性、探索性实验项目,实现科研与教学的统一和良性互动,是解决上述问题的途径之一<sup>[6-7]</sup>。鉴于此,本文依托国家自然科学基金项目“地震波作用下非饱和土中PHC管桩水平振动机理研究”,将科研成果引入实验教学,通过吸引本科生参与模型实验研究,探讨土木工程专业本科生参与科研项目的途径和步骤,并就教学方式和实验管理提出相关建议。

## 一、传统实验教学存在的问题

第一,实验课程设置通常与理论课程教学相配套,不能自成独立的实验教学

收稿日期:2016-08-25

基金项目:2015-2016年度太原理工大学教学改革项目

作者简介:章敏(1984-),男,太原理工大学建筑与土木工程学院讲师,博士,主要从事桩基动力学研究,(E-mail)zhangmin021410@126.com。

体系,验证性、单科性的实验较多,实验内容也较陈旧<sup>[8]</sup>。实验项目的设置与工程实践结合不够紧密,难以适应土木工程行业的高速发展。此外,授课方式大多采用“老师讲、学生听”的演示型实验教学方法,学生完全处于被动状态,对实验方案设计、试件制作、测点布置、仪器调试,甚至实验数据的收集等都不太了解,难以培养学生的实践动手能力、综合分析和解决问题的能力<sup>[9]</sup>。

第二,土木工程实验具有其他学科实验不同的特点:一是材料消耗量大,且大多具有时效性。如建筑材料课程中的水泥、混凝土实验,水泥用量大,不易保管,且超过一定时间就无法使用;土力学实验中使用的原状土,其用量也比较大,放置时间过长,土的性状将发生改变,导致实验无法反映现场土体的真实状态,设计计算也将失真。二是实验费用相对较高。如土力学中的三轴剪切实验、建筑材料中的混凝土实验、混凝土强度测试实验等,仅材料费、设备的磨损维修费用就很大,实验教学中为节省开支只能限制试件制作数量和尺度,每个实验增加学生人数,这样一来,教学质量和效果自然无法保证。三是很多实验项目周期长,用几个课时远远不能满足教学需要。四是实验室对本科生基本封闭,开放度不高。学生只能在教师指定的时间内进入实验室,完成规定的任务,从而影响学生对实验的兴趣,抑制了学生主动参与实验的积极性<sup>[10]</sup>。

第三,实验设备的使用效率不均衡。一方面,有些仪器设备在一定时间内长时间、超负荷运转,虽然管理人员倾尽全力但仍无法正常养护,导致这部分设备老化快,故障多,性能降低,没多久就得重新购买;另一方面,有些设备由于多方面原因而被闲置,如教学计划修改,相关实验项目被取消等原因导致有的仪器设备很少被使用,造成资源的浪费<sup>[11]</sup>。

第四,青年教师大多有主持国家或省部级科研课题。一方面,在研究生资源不平衡的情况下,青年教师的科研项目缺少学生的参与,极大地制约了课题相关实验的顺利完成;另一方面,笔者在与本科生交流中了解到,许多学生对参加科研创新活动兴趣浓厚,但不知从何入手,也缺乏必要的经费和条件支持。通过吸收一部分优秀本科生参与具体的科研课题研究,既可以在客观上弥补青年教师研究生资源短缺的问题,又可以为學生提供早期科研实践训练机会,尤其为希望继续深造的学生做好必要的从本科教育到研究生教育的衔接和过渡准备。

## 二、本科生参与科研创新实验的实践

### (一) 实验选题

近年来,笔者所在学院教师在液化砂土地基加固、PHC管桩抗震性能和土—结构动态相互作用等领域进行潜心研究,在开展振动台实验和动力测试方面积累了丰富的经验。为此,以教师为主导,学生参与讨论,拟定“PHC管桩抗震性能的小型振动台实验研究”作为实验项目的选题。该选题旨在研究PHC管桩地震响应特征和破坏模式,探讨管桩动应变、加速度,以及不同部位土体动土压力和孔隙水压力的时程变化规律,揭示管桩尺寸、扰动区范围、地震频率和振幅等因素对管桩水平动力响应的影响。振动台选用DC-2200-26小型电动振动台,实验模型较小,填土工作量不大,可操作性强,便于学生进行多组实验。该选题保留了学院的科研特色,具有一定的代表性和学术前沿性,且与工程实际紧密相关。

### (二) 学生的选拔与动员

通过课堂宣讲,学生自愿报名,选拔了4名有科研兴趣、成绩较为优秀的高年级本科生组成实验小组,并安排2位研究生配合开展实验工作。实验开始前,根据科研项目和技术要点和关键工作,对目标任务进行了分解。同时,对学生进行了两场有针对性的专题报告,一场报告重点讲解模型实验中相似比、实验测试系统、模型箱及构件制作、工况设计、测点布置、数据采集等具体内容,并提供单桩循环荷载实验和群桩水平静载实验的方案和报告作为参考。另一场报告则就学术论文和发明专利的内容、书写规范、写作技巧和投稿(申请)等进行了介绍,并向学生讲解研究背景、实验目的、要求、预期成果、进度安排、辅导方式等相关事项。

### (三) 实践过程

#### 1. 文献综述

要求每位学生就桩土动力相互作用和振动台实验进行文献查阅,撰写研究进度安排,并进一步完善实验设计方案。同时安排一位学生使用仿真软件,尝试PHC管桩水平抗震性能的数值模拟分析,并与实验结果进行对比。考虑到本科生掌握的有限元知识有限,指导教师还提供类似的应用实例和程序,以便学习和借鉴。

#### 2. 材料制作加工

根据实验方案、设备负荷和边界效应确定模型箱尺寸,绘制设计图,联系厂家进行加工制作;购买有机玻璃管(模拟管桩)和所需传感器,在玻璃管内

壁粘贴应变片和固定加速度计;将模型土装入模型箱分层填筑、夯实,并测定土体密度、剪切强度和动剪切模量等物理力学指标;按照测点布置方案埋设微型动土压力盒、孔隙水压力计以及桩顶传感器。整个制作加工过程,由学生全程自己动手完成。

### 3. 实验加载和测试

先熟悉地震波加载方法,以及动态信号的采集和分析,掌握正确的操作流程和方法,做好加载前的观测准备工作。实验开始前,通过螺栓将模型箱固定于振动台面,标定传感器,调试振动台系统和测试装置能否正常工作。根据预定的加载工况,开展不同频率和加速度峰值下 PHC 管桩水平地震响应实验,记录各种测试数据。对实验中出现的异常数据进行重新测试,在实验过程中如有新的发现,可重新调整实验方案。

### 4. 实验结果分析

从位移分布、加速度反应、桩身应变和桩土接触压力等方面,对 PHC 管桩动力特性和抗震性能进行分析,归纳总结地层扰动程度和地震激励参数的影响规律,探讨桩顶位移的地震放大效应。通过与实验结果对比,验证数值计算模型的正确性,分析结果产生差异的原因。对方案设计、传感器安装、测点布置、加载步骤等各实验环节进行总结,查找实验中的不足,并提出改进措施。整理分析结果,撰写实验报告或学术论文。

## 三、教学体会与效果

### (一) 教学体会

#### 1. 科学安排时间

学生一般是利用业余时间参与科研创新实验,但由于课余时间较为松散和随机,加之课业繁重,学生能利用的课余时间十分有限,很难有完整连续的时间参与实验。因此,在时间安排上需要统筹兼顾,既要考虑学生实验之前必要的专业理论课程学习,又要避免与学生就业、考研、实习相冲突。可选择时间较为集中的暑假开展实验。对适合作为毕业设计(论文)的选题,也可安排在大四下学期进行实验。

#### 2. 与学校已有创新项目的融合

为培养学生的创新实践能力,学校开展“大学生创新创业训练项目”和“建造节活动”,旨在资助在校本科生开展科研活动和创业训练。学生可将教师科研项目的成果作为工作基础,或直接依托科研创新实验进行相关课题的申报,以获得学校立项的支持。因此,指导教师在选择时,应紧扣项目申报指南,对自己的科研课题进行分解、提炼和优化,筛选

出能反映学科前沿动态、探索创新空间大、在有限时间内可取得一定进展的部分作为实验创新项目,为学生提供良好的实践训练机会。

### 3. 做好学生的指导和导向工作

本科生由于缺乏专业的科研训练,知识体系也不完整,思维方式往往局限于结构设计上,独立从事科研实验具有一定的难度,需要指导教师耐心启发并做好辅导工作<sup>[12-13]</sup>。具体而言,要做好以下几方面工作:一是讲解科学研究的基本技能和文献查阅方法,提供开展研究所需要的资源,引导学生自主学习和自主钻研。二是关注实验的动态进展,对关键环节提供现场指导和帮助。可采用小组例会的形式,就项目进展、所遇问题、结果现象等进行互动,师生共同探讨,完善实验方案的细节,启发学生提出自己的新见解和新观点。三是对在实验过程中遭遇挫折和失败的学生,给予精神上的鼓励和支持,培养他们百折不挠、坚韧不拔的精神。

### 4. 制定管理和激励政策

完善制度保障机制,充分调动学生参与科研实验的积极性。除了给予一定的学分认定或替代任选课学分外,对成绩优秀或科研能力突出的学生可进行奖励,并在推荐免试研究生时优先考虑;而对消极怠工,或始终无法进入学习状态的学生,也应建立相应的退出机制<sup>[14]</sup>。另外,还应从职称评聘、津贴补助等方面制定激励机制,鼓励教师将科研成果转化为优质实验教学资源,并建立科学合理的教学质量评价指标体系<sup>[15]</sup>。

### 5. 改进考核体系,注重实践能力的评价

课程考核可由实践能力评价和成果评价两部分组成,比重各占 50%。实践能力评价作为实验考核的重要方面,可以学生答辩、PPT 汇报的方式进行,并加大平时成绩所占的比重。根据学生对课题和实践操作的熟知程度、平时表现、学习态度和活动参与度进行成绩评定,并着重考察学生独立思考和创新能力。成果评价由指导教师根据学生提交的成果质量进行评定,包括数据分析、文字表达、格式规范等。可通过实验报告、学术论文、专利或学科竞赛成绩等形式展示学生实验成果,达到学生之间相互学习借鉴的目的。

### (二) 教学效果

从学生对学院教学实践的反馈来看,大家对参与科研活动的热情很高,反响强烈,普遍认为得到了较好的实践锻炼,拓宽了知识面。其中有两位学生就 PHC 管桩减震装置和层剪型剪切模型箱提出了

自己的见解和改进方案,并分别申请了两项国家发明专利。还有一位学生对查阅的文献进行梳理归纳,整理成小论文《PHC管桩抗震性能的研究状况及其进展》,目前正在评审之中。此外,有了本科生的积极参与,课题实验进展明显加快;学生的文献检索和综述能力、实践动手能力、自学能力、分析和解决问题的能力、论文(专利)撰写能力以及科研创新能力有了明显提高,团队协作与沟通能力也得到增强,实现了教师和学生的共赢。

#### 四、结语

将科研课题融入土木工程实验,探索教学与科研的互动模式,开阔了学生的学术视野,使学生体验到了科研的乐趣。受资助经费和实验条件的限制,试点仅在小范围内开展。希望今后有更多主持科研课题的教师参与进来,提供内容更为广泛、形式更为灵活的备选实验项目和研究资源,并加强创新实验项目的组织管理,在学校层面稳步推广,让更多的本科生受益。此外,在实验配套方面,加大经费支持,改善实验硬件条件,鼓励科研仪器全面开放,建立实验教学网络信息平台,以进一步提高实验教学效果。同时,在项目实施过程中,加强与大学生结构设计竞赛等科技活动的结合,最大程度地促进学生创新设计能力和工程实践能力的提高。

#### 参考文献:

- [1] 文永奎,卢文良,杨丽辉. 基于研究型教学的土木工程专业大学生创新实验活动探讨[J]. 高等建筑教育, 2009, 18(6): 122-125.
- [2] 刘栋,卢文胜. 结构防灾实验教学探索[J]. 实验室研究与探索, 2013(4): 167-171.

- [3] 孙文彬. 构建多层面的创新实验教学体系的实践与思考[J]. 高等建筑教育, 2006, 15(3): 107-111.
- [4] 陈云,韩建刚,杨东全,等. 土木工程结构实验的教学改革研究[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(4): 133-136.
- [5] 阮波,张向京. 科研成果转化为本科生创新实验的管理模式[J]. 长沙铁道学院学报:社会科学版, 2009, 10(1): 211-213.
- [6] 黄跃平,胥明,韩晓林. 自主研究型实验教学法在工程力学实验中的应用[J]. 实验技术与管理, 2009, 26(3): 199-202.
- [7] 徐颖. 国外研究性大学教学与科研互动经验及借鉴[J]. 技术经济与管理研究, 2011(6): 52-57.
- [8] 赖震环. 土木工程实验教学改革与实践[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(11): 319-321.
- [9] 张建伟,曹万林,李力,等. 结构实验教学与科研互动模式探索与实践[C]. 武汉:土木建筑教育改革理论与实践, 2008.
- [10] 胡焜,柳艳杰. 土木工程专业实验教学改革与学生素质培养的探讨[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(7): 255-257.
- [11] 涂澄海,沈明卫. 实验教学与科研实验室融合运行的问题和发展趋势初探[J]. 实验技术与管理, 2009, 26(3): 27-30.
- [12] 王伟,袁维. 土木工程专业本科生参与科研项目研究与实践[J]. 时代教育, 2015(3): 154-154.
- [13] 王海鹰,杨刚,李玉红,等. 将科研实验引入本科实验教学的改革与实践[J]. 中国电力教育, 2009, 144(9): 145-146.
- [14] 王永生,屈波,刘拓,等. 构建本科生科研训练与创新实践的长效机制[J]. 中国高等教育, 2010(6): 21-25.
- [15] 李建恒,闫宏远,管立,等. 科研资源促进药学本科专业实验教学的研究与实践[J]. 中国大学教学, 2011(11): 71-72.

## Exploration and practice of civil engineering experimental teaching with scientific research project

ZHANG Min, DONG Xiaoqiang, GUO Zhaosheng

(School of Architecture and Civil Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, P. R. China)

**Abstract:** In view of a lack of creative ability training for students in traditional experimental teaching, research projects are introduced, and the way and thought on participation of undergraduate students are discussed with a case study. Many proposals on the schedule, motivational mechanism and evaluation in the process of practice were put forward. It was proved that the experiment teaching relying on research project contributed to implement positive interactions between teaching and research.

**Keywords:** civil engineering; experimental teaching; research project