

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2016.06.029

钢筋混凝土结构探究性实验教学方法探索

余世策, 蒋建群, 万五一, 刘承斌

(浙江大学 建筑工程学院, 浙江杭州 310058)

摘要:探究性实验教学是当今高等教育改革的方向。根据探究性实验教学的要求,在钢筋混凝土结构实验教学中探索采用限制性开放、数据共享、跨组对比、论文撰写等方法,推进大规模钢筋混凝土结构探究性实验教学,大幅度提高学生的参与度,有效地提升整体教学效果。钢筋混凝土结构探究性实验教学方法的成功实践,对相关学科探究性实验教学的开展有重要的参考价值。

关键词:钢筋混凝土结构;探究性实验;限制性开放;数据共享;实验教学

中图分类号:G642.423;TU37 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2016)06-0135-04

一、钢筋混凝土结构探究性实验教学现状

随着创新型国家发展战略的提出,我国正经历各领域创新发展时期。高等教育作为国家创新体系的重要组成部分,其根本任务是培养具有强烈创新意识和卓越实践能力的高层次人才。实验教学作为高等教育的重要组成部分也在不断推进改革与创新,近些年来探究性实验教学改革逐渐纳入高等教育改革的重点发展方向^[1-3],从依附性到相对独立性、从被动性到相对主动性、从单一性到相对多样性,生动描绘了高等教育实验教学从验证性到探究性的蜕变^[4]。然而,如何在具体的实验教学中实现这样一种蜕变,已成为实验教学一线教师需要关心的重要课题。

钢筋混凝土结构设计原理课程是土木工程学科最重要的一门专业课。在该课程的学习中,必要的实验不仅有利于学生了解钢筋混凝土结构的基本力学性能,也有利于锻炼学生的实践和创新能力。钢筋混凝土结构实验教学主要集中在钢筋混凝土梁正截面受弯破坏和斜截面受剪破坏试验、柱偏心受压破坏试验以及梁受扭破坏试验等。由于钢筋混凝土结构试验为破坏性实验,实验准备周期长、教学成本投入高是其区别于其它实验教学的主要因素,因此,即便是国际一流高校,也很难做到让每位学生完成所有构件类型的验证性实验,开展大规模的探究性实验难度更大。清华大学开展了钢筋混凝土梁受弯性能自主型实验,即让学生自主完成钢筋混凝土梁受弯性能实验,让学生体验从材料设计、多方案配筋设计、构件制作、加载实验到结果分析的整个过程^[5],其更侧重于自主性而对探究性的要求并不高;中南大学宋力等开展了T型预应力混凝土

收稿日期:2016-03-29

基金项目:浙江大学2015年探究性实验教学改革项目;浙江省高校实验室工作研究项目(ZD201606)

作者简介:余世策(1979-),男,浙江大学建筑工程学院研究员,博士,主要从事实验教学改革研究,
(E-mail)yusc@zju.edu.cn。

梁创新实验,指导两组学生30多人自主设计实验梁进行实验,教学投入很大^[6];刘晓春等探讨了开放式混凝土结构实验教学^[7];湖南科技大学开展了混凝土结构全过程自主创新实验教学,但没有提到学生受益面^[8];笔者曾经指导学生结合大学生科技训练计划开展钢筋混凝土结构受扭对比试验的创新实验^[9-10],但参与学生数量很少,达不到整体教学质量提高的目的。可以发现,国内各高校对混凝土结构探究性实验都有些改革举措,但教学投入与学生受益面及受益效果始终是一对矛盾。随着本科实验教学对探究性实验的覆盖面和教学成效的要求日益提升,如何在没有大幅增加经费投入的前提下开展大规模探究性实验成了教学改革中需要破解的难题。本文在探索大规模钢筋混凝土结构探究性实验教学路径上进行了有益的尝试,对相关学科探究性实验教学改革有重要的参考价值。

二、钢筋混凝土结构探究性实验教学方法创新

(一)探究性实验的教学要求

探究性实验教学区别于传统验证性实验教学的特征主要是其实现了三个方面的转变:一是学生的角色转变,即从验证性实验教学中学生被动接受到探究性实验教学中学生主动学习的转变,充分发挥了学生的自主性和创造性;二是课堂组织方式的转变,即从传统的实验教学只需要在课堂内完成到探究性实验需要学生在课余时间全身心投入的转变,锻炼了学生的自学能力;三是实现从得到验证性结论到发现探索性结论的转变,即传统的验证性实验只需要验证现有的理论和现象,而探究性实验则通过对比分析研究不成熟的理论,鼓励学生批判现有的理论,培养学生勇于探索的精神。

(二)钢筋混凝土结构探究性实验的实施策略

钢筋混凝土结构探究性实验的教学方法必须符合探究性实验的基本要求,考虑到学生人数众多,钢筋混凝土结构实验教学投入大等因素,在具体实施过程中可采取四种策略。其一,探究性实验应是验证性实验的补充,而非取代验证性实验。因此,在探究性实验项目的选择上可以采取拓展研究的方式,这种方式不需要额外增加很多教学准备工作,便于操作实施。其二,采取限制性开放的策略。由于钢筋混凝土结构实验为破坏性实验,实验构件制作工艺复杂,材料人工消耗大,采取完全开放由学生自主实施的可能性不大,因此,可以采取限制性开放的

策略,即开放一部分自主设计内容给学生,这样既能保证激发学生独立思考的主动性,又能保证大规模探究性实验顺利完成。其三,采取实验数据网络共享和跨组对比分析的策略。探究性实验注重不同结构形式的对比分析和研究,但同一组学生完成的实验数量有限,因此可以将不同小组的实验数据进行网络共享,同时在数据分析时鼓励学生跨组重组进行数据分析,完成探究性实验报告,这样一来就可以使有限的资源得到充分利用,大量的共享数据为学生提供了施展的空间。其四,以撰写论文的形式来检验学生探究性实验的成果,引导学生撰写论文,选拔部分学生对其提交的论文进行批复反复修改,让学生能准确把握科研论文的写作技巧,并要求学生完成高质量的论文。

三、钢筋混凝土结构探究性实验的实践

基于上述探究性实验的教学方法,近几年来在钢筋混凝土结构实验教学中进行了实践,完成了碳纤维加固钢筋混凝土梁受弯性能试验、配箍率对梁斜截面受剪性能试验的影响等大规模探究性实验,参与学生达到200人次,极大地提高了实验教学的质量。下面以2015-2016学年的探究性实验“配箍率对梁斜截面受剪性能的影响”为例,介绍探究性实验具体实施的过程和经验体会。

(一)探究性实验项目的确定

钢筋混凝土梁斜截面受剪性能试验原本是钢筋混凝土结构试验课中的一个验证性实验,通过给学生准备不同配箍率的梁进行斜截面受剪试验来验证梁的斜拉破坏、斜压破坏和剪压破坏等破坏形式。在该次探究性实验中,笔者基于上述探究性实验的实施策略将该实验改造为大规模探究性实验,探究的内容拓展为斜截面受剪承载力的影响因素分析、配箍率对斜裂缝出现及开展的影响、基于有限元的钢筋混凝土梁斜截面弯剪复合应力的研究等。

(二)实验具体实施过程

探究性实验与梁正截面受弯验证性实验同步实施,探究性实验的准备从秋学期初开始,加载试验安排在冬学期验证性实验结束之后。在开学第一堂课将全年级179名学生按名单指定分为34个小组,每组5~6人,每个小组全程参与完成一根梁的钢筋骨架制作、混凝土浇筑、构件养护、梁侧刷白、梁侧划线、测钉粘贴、加载试验等过程。试验构件的配筋设计采用限制性开放的方法,即构件的尺寸和主筋配

置固定,箍筋配置方案由学生自主设定。图1为梁的尺寸和配筋方案,梁长1400 mm,宽100 mm,高160 mm,其中上部主筋为2 ϕ 14,下部主筋为2 ϕ 16,箍筋采用直径4mm的铅丝,其中两个箍筋上粘贴1 mm \times 2 mm的电阻应变片。箍筋的分布可以是等间距,也可以不是等间距,甚至是左右不对称布置。上课前准备好主筋和铅丝箍,由学生自行确定箍筋位置并自行绑扎。图2为其中一组学生完成的钢筋骨架,由于不限制箍筋分布的形式,因此,34个小组绑扎完成的钢筋骨架各不相同,每组绑扎完成后拍照存档。

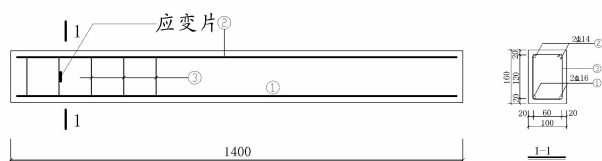


图1 试验梁的尺寸和配筋方案



图2 完成绑扎后的钢筋骨架

34组钢筋骨架完成绑扎后统一进行混凝土浇筑,为减小混凝土的离散性,采用C20商品混凝土浇筑。学生派代表参与浇筑、振捣和抹面的全过程,以确保混凝土浇筑的质量。混凝土梁经过精心养护由学生完成梁侧面粉刷、划线、粘贴应变引伸仪测钉等准备工作,最后分批进行加载试验。

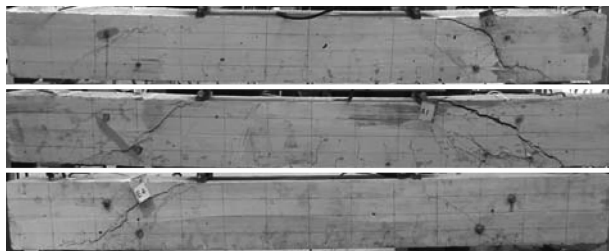


图3 不同构件的破坏形态

(三) 结果分析和论文撰写

探究性实验遇到的问题多,因此教研组开设了专用QQ群便于师生间交流,同时也轻松实现了所有资料和试验数据的共享,这使得跨组分析成为可能。在具体安排试验数据分析时允许学生独立或自

由组队进行。事实证明这样的安排给学生更大的自由度和发挥空间。从学生交上来的研究论文可以发现,学生的自主思考能力还是值得肯定的,其中部分学生以梁受剪斜裂缝的开展为切入点,分析箍筋配置不同对斜裂缝开展规律的影响;有的学生针对梁斜截面承载力计算公式,查阅了中美欧等混凝土结构设计规范的差异,并以大量的试验数据来验证规范计算公式的可靠性;还有的学生甚至采用ANSYS、ABAQUS等商用有限元分析软件分析梁受弯剪荷载下的变形特征,并与试验结果进行对比等。尽管很多学生都是第一次写论文,但通过查阅文献、讨论及相互合作,还是涌现出许多优秀的论文。其中有学生已提出在此基础上申报大学生科技创新计划开展进一步的分析和研究。

(四) 经验与体会

开展大规模钢筋混凝土结构探究性实验是土木工程类实践教学改革的新尝试,无论是对指导教师还是参与实验的学生都是一次锻炼。2013级本科生李仲策在试验体会中写到:“探究性实验能够让我们去思考‘问题出现在什么地方?该如何解决问题?’‘失败是成功之母’真的不是泛泛之谈”。徐波同学的感受是“发现的过程是惊喜的,但是探究的过程却是艰难的”。王嘉西同学感叹到:“能在习惯了机械式做题目写报告的学习生活中,被这样的论文‘折磨’一次,看到了自己的不足,找到了很多努力的方向,很值得”。郭经纬同学认为“这无疑提高了我们对问题的发现能力,还有解决问题的能力,而这两项恰恰是当代大学生所缺乏与需要的。”石轩同学说:“我们应该始终执着地追求科学真理,就能无愧吾心,科学的大门也将为我们敞开”。

四、结语

钢筋混凝土结构实验教学是土木工程专业本科教学的重要组成部分,钢筋混凝土结构探究性实验教学是实验教学改革的发展方向。本文从钢筋混凝土结构实验教学的特点出发,提出了进行钢筋混凝土结构大规模探究性实验教学的方法,并开展了多项探究性实验的教学实践,取得良好的教学效果。本文提出的限制性开放自主设计、网络数据共享与跨组对比分析、实验报告论文化等方法,充分利用有限的资源,调动了学生的主观能动性和创造性思维,对土木工程相关学科探究性实验教学改革具有重要的参考意义。

参考文献:

- [1] 付庆玖, 韩振. 高等教育创新性实验教学体系的探讨[J], 实验室研究与探索, 2009, 28(6): 14 - 16.
- [2] 冯清. 问题引导下的探究式实验教学模式研究[J], 实验技术与管理, 29(5): 164 - 165.
- [3] 吕孝敏, 阚绪平, 朱华炳. “发现式”实践教学模式探究[J], 实验技术与管理, 2015, 32(1): 41 - 44.
- [4] 陆国栋, 李飞, 赵津婷, 刘向东. 探究型实验的思路、模式与路径——基于浙江大学的探索与实践[J]. 高等工程教育研究, 2015(3): 86 - 93.
- [5] 韩源彬, 王宗纲, 金同乐, 张晶, 冯鹏. “混凝土结构”自主型实验教学[J], 结构工程师, 2011, 27(增刊): 226 - 230.
- [6] 宋力, 余志武. 混凝土结构设计原理教学实验创新的探索与实践[J]. 科技创新导报, 2012(30): 191 - 193.
- [7] 刘晓春, 卫军, 余志武. 开放式混凝土结构实验教学探讨[J]. 高等建筑教育, 2013, 22(1): 135 - 137.
- [8] 屈锋, 程火焰, 阳国锋. 土木工程专业实验教学改革与创新[J]. 高等建筑教育, 2011, 20(3): 119 - 121.
- [9] 余世策, 蒋建群, 刘承斌, 钱匡亮, 赏星云. 钢筋混凝土实验创新的探索与实践[J]. 实验室科学, 2009(5): 148 - 151.
- [10] 余世策, 刘承斌, 赏星云, 等. 钢筋混凝土构件受扭试验的教学实践[J]. 高等建筑教育, 2008, 17(4): 139 - 141.

Teaching method of reinforced concrete structure exploring experiment

YU Shice, JIANG Jianqun, WAN Wuyi, LIU Chengbin

(College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University, Hangzhou 310058, P. R. China)

Abstract: Exploring experiment teaching is the direction of higher education reform. According to the requirements of exploring experiment teaching, a series of methods including restrictive opening, data sharing, cross-group comparison, and paper writing are proposed in reinforced concrete structure exploring experiment teaching to promote large-scale exploring experiment teaching, which improve the students participation and overall teaching effectiveness. The successful practice of reinforced concrete structure exploring experiment teaching methods has important reference value for carrying out exploring experiment teaching for related subjects.

Keywords: reinforced concrete structure; exploring experiment; restrictive opening; data sharing; experiment teaching

(编辑 王 宣)