

基于本科生创新培养的混凝土构件自主型实验探索

辛 勤^{1,2*}, 阎宇杰^{1,2}, 高如宇¹, 杜二霞^{1,2}, 宋鹏彦^{1,2}

¹河北大学建筑工程学院, 河北 保定

²河北省土木工程检测与评价技术创新中心, 河北 保定

收稿日期: 2022年9月13日; 录用日期: 2022年11月11日; 发布日期: 2022年11月21日

摘 要

为了培养本科生创新素养, 结合行业热点和教师自身的研究特长, 提出了纤维加固混凝土简支梁的自主型实验。实验原理简单, 易于团队合作操作, 适合作为本科生进行科研创新的尝试。实践表明, 本科生通过纤维材料的选择、加固方式的确定、实验仪器的使用和实验数据的采集分析等实验全过程的探索和实践, 不仅培养了本科生动手能力和创新能力, 同时也激发了学生的科研兴趣, 提高了学生的创新思维。

关键词

混凝土构件实验, 自主型实验, 本科生, 纤维加固

Exploration on Independent Experiment of Concrete Members Based on Innovative Cultivation of Undergraduates

Qin Xin^{1,2*}, Yujie Yan^{1,2}, Ruyu Gao¹, Erxia Du^{1,2}, Pengyan Song^{1,2}

¹Institute of Architecture and Engineering of Hebei University, Baoding Hebei

²Technology Innovation Center for Testing and Evaluation in Civil Engineering of Hebei Province, Baoding Hebei

Received: Sep. 13th, 2022; accepted: Nov. 11th, 2022; published: Nov. 21st, 2022

Abstract

In order to cultivate the innovative quality of undergraduates, an independent test of fiber rein-

*通讯作者。

文章引用: 辛勤, 阎宇杰, 高如宇, 杜二霞, 宋鹏彦. 基于本科生创新培养的混凝土构件自主型实验探索[J]. 创新教育研究, 2022, 10(11): 2869-2874. DOI: 10.12677/ces.2022.1011448

forced concrete simply supported beam is proposed by combining the hot spots of the industry and the research expertise of teachers. The experimental principle is easy to understand, and the teamwork is easy to operate, which is suitable for undergraduates to try scientific research innovation. The results show that through the selection of fiber materials, the determination of reinforcement methods, the use of experimental instruments and the collection and analysis of experimental data, the undergraduates' exploration and practice in the whole process of the experiment have not only cultivated their practical ability and innovative ability, but also stimulated their scientific research interest and improved their innovative thinking.

Keywords

Concrete Structure Test, Independent Experiment, Undergraduate, Fabric Reinforcement

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“混凝土结构原理”是土木工程专业基础理论课，其教学对实验的依赖性很强。“混凝土构件试验”作为土木工程专业重要的专业实践课程，是提高钢筋混凝土结构课程教学质量的关键环节[1] [2] [3] [4]。但由于学生人数和教学经费及实验条件等因素的限制，传统的构件试验课程多以演示性实验和验证性实验为主[5] [6] [7]。

针对本科实验教学中自主性和探究性实验比例偏低的现状，为激发学生对专业实验的兴趣，培养学生的创新意识，提出了以加固简支梁力学性能为基础的自主型实验项目。该自主型实验通过强化“实验空间”平台应用和加强学习过程数据分析，鼓励学生从验证性思维到探索性思维的转变，亲自动手设计，大胆探索创新，逐步掌握对各种信息的敏感度，以期提升数字化应用能力和培养科研创新能力。

2. 实验设计的必要性

混凝土构件试验是土木工程专业必修的实验课程，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动手和协作能力[8] [9] [10] [11]。目前混凝土构件试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等，其多为验证性的破坏性实验，而实验教学方式不利于学生研究能力和创新能力的培养，如何在有限的实验条件的背景下，结合行业的研究热点，融合教师的研究特长，充分调动学生的积极性，打破目前的教学痛点就显得尤为迫切。

本文提出以验证性实验为基础，创新型实验为目标的自主型实验项目，由教师指导，先采用实验空间-国家虚拟仿真实验教学课程共享平台进行试验过程的模拟训练，熟悉了解验证性试验的过程和操作步骤。鼓励学生小组合作，从加固构件主方向出发，查阅文献，拟定方案，选择工艺，确定试验流程等，经教师审核反馈后优化并最终确定实验方案。实验教学全过程中强调每一个实践环节的参与性，鼓励学生互相配合、分工合作、勇于尝试，完成试验操作、数据采集、数据处理和答辩的全过程，培养学生动手能力和合同协作能力，同时激发学生创新意识，提高学生的成就感和对科研的积极性，培养学生科研创新能力。

3. 实验项目设计

知识目标：掌握钢筋混凝土基本构件的设计方法和计算理论，熟悉钢筋混凝土结构的施工过程，会

利所学土木工程结构实验相关知识进行实验方案设计；熟悉建筑结构实验组织计划的具体方法和步骤，能够按照单调静力加载试验技术要求准确实施实验，会进行实验数据处理与分析，并与理论计算结果进行对比；掌握加固钢筋混凝土简支梁正截面、斜截面承载能力的评价技术及正截面与斜截面不同类型简支梁的破坏特征，掌握结构静力实验的一般方法及实验报告编写方法。

能力目标：通过实验设计、准备、组织及实施全过程参与，培养学生能够综合运用所学专业课知识，解决复杂工程问题的能力，能够正确处理施工过程中可能遇到的各种问题，为毕业后从事房屋建筑工程的施工技术与管理及设计工作打下良好的基础。

素质目标：融入自主型实验，通过方案设计及修改验证的过程，引发学生思考，培养创新意识，探讨如何预防工程质量事故的发生，增强学生做合格工程师的责任感与使命感。

4. 自主型实验实践

4.1. 实验空间模拟练习

利用实验空间平台上的“钢筋混凝土简支梁正截面抗弯承载力虚拟仿真实验”掌握一般单调加载静力实验方法步骤。指导学生从预习、仪器展示、学习模式、考核模式和实验报告 5 个系统逐一进行练习。首先预习系统熟悉实验目的、原理、操作步骤和注意事项等。其次在仪器展示系统中熟悉整个实验过程中所需要的仪器设备。然后学习系统中人机交互，教师指导学生完成整个验证性实验。最后考核完成后学习撰写实验报告，要求完整准确。

4.2. 实践过程

在该课堂上，学生被分为不同的小组，每个小组全程参与了制作试块并测量强度，完成一根梁的设计图、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。学生制作试块并进行测量过程如图 1 所示。



Figure 1. Students make a cube and measure the strength

图 1. 学生制作立方体试块并测量强度

钢筋混凝土结构或构件的配筋形式是影响其力学性能的关键因素，不同配筋设计实验的对比往往对原理的把握更为深刻。1 组同学进行验证性实验，2 组和 3 组同学尝试采用碳纤维布进行加固方案，4 组和 5 组同学尝试混合配筋方式增强截面承载力方案。培养学生利用所学知识进行时间配筋设计的能力。学生在实验课程中设计的箍筋与配筋图如图 2 所示。

设计完图纸之后由学生自行确定箍筋位置并自行绑扎。每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。学生参与浇筑和抹面等全过程，最后分批进行加载试验，重点培养学生熟练进行

钢筋与混凝土应变片粘贴的能力，以及会按照相关规范要求制定实验加载制度的能力。学生们自己制作钢筋骨架、浇筑过程照片如图 3 所示。

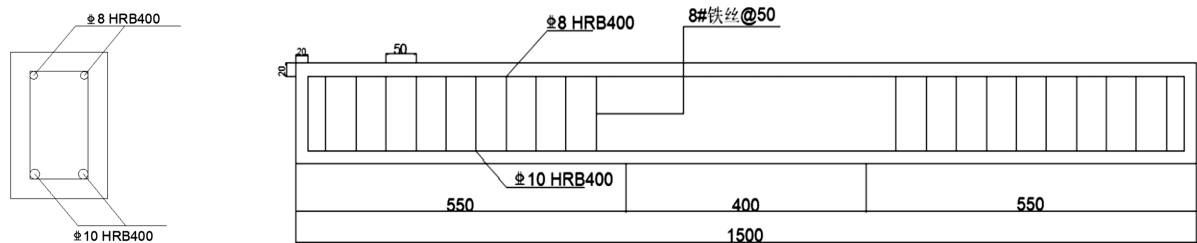


Figure 2. Stirrup and reinforcement design drawing of students

图 2. 学生的箍筋、配筋设计图



Figure 3. Fabrication and pouring process of reinforcement skeleton

图 3. 钢筋骨架制作、浇筑过程

试验时借助裂缝观测仪查找裂缝。构件开裂后立即对裂缝的发生发展情况进行详细观测，并采用数码相机拍摄后手工绘制裂缝展开图。该过程重点培养学生运用所学知识进行观测方案设计的能力，以及协同合作能力；培养学生能够掌握不同类型受弯构件的受力特点、变形性能和裂缝开展规律，通过试件的破坏形态分析出试件类型的能力。破坏裂缝如图 4。

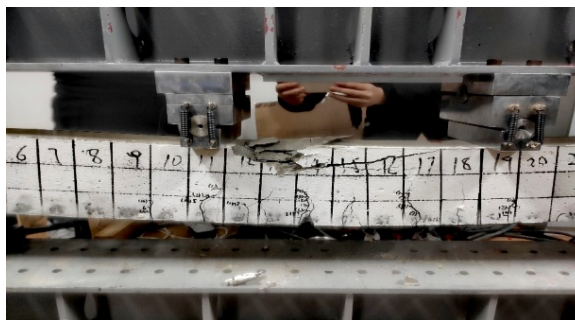


Figure 4. Test failure crack diagram of reinforced beam

图 4. 适筋梁试验破坏裂缝图

在实验结果评定阶段，要求学生对比理论计算得到的特征值数据和实验测试得到的测试数据，分析记录到的从弹性阶段开始到破坏的全过程资料，完成应力计算、挠度计算、构件荷载 - 挠度曲线图和荷载 - 应变曲线图的绘制，构件裂缝展开图的绘制等工作。以此为基础，获得工作性能评定结论和构件承载力校验系数计算成果，重点培养学生科研创新的能力。试验结果数据显示，自主型实验方案

的优越性在实验结果中得到了证实，显示了学生的创造性思维得到了激发，达到了课程设计自主创新型实验的目的。

5. 实验评价

该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，综合运用到土木工程专业所学的课程，特别是混凝土结构原理，既加深学生对混凝土结构的感性认识，又锻炼了学生自主探索的科学精神，起到了对已学课程的温故知新以及对混凝土结构课堂教学的补充和深化作用。事实证明自主型实验给学生更大的自由度和发挥空间，有利于学生的基础知识的掌握与实践能力的提高。自主型实验在教学过程中起到了积极正向的引导作用。

6. 实验项目特色

6.1. 实验项目的创新

自主型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自主型实验教学中学生主动学习的转变，充分发挥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自主型实验需要学生在课余时间全身心投入的转变，锻炼学生的自学能力；三是实现从得到验证性结论到发现创新性结论的转变，即传统的验证性实验只需要验证现有的理论和现象，而自主型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。

6.2. 实验方案设计的创新

设计创新体现在配筋方案创新以及量测方案的创新。钢筋混凝土结构或构件的配筋形式是影响其力学性能的关键因素，不同配筋设计实验的对比往往对原理的把握更为深刻，在配筋设计时如能突破常规，将学生的创新意识融入到配筋设计中，不仅能加强学生对所学知识的灵活应用，在一定程度上还能对工程应用起到指导作用。同时实验项目的多样化可以实现具体的测点位置也体现多样化，故让学生自行设计测试方案，也是构建钢筋混凝土实验自主创新元素的关键。

6.3. 实验结果分析的创新

建立实验结果共享群，各小组分享实验数据结果并进行对比分析，从结果的对比分析中不仅可以对钢筋混凝土结构或构件的力学性能有更深刻的认识，而且还能获取具有工程应用价值的新结论。

6.4. 考核方式的创新

对考核方式进行改革：原考核方式主要考核实验报告、出勤的方式。在新增设的考核方式中，增加了理论计算、方案设计完整性(包括实验报告的书写规范)、实验技能操作和互动环节表现、答辩的考核。与此同时，采用个体考核和小组考核相结合的方式，即在考核每个学生个体的自主实验能力时，也考核团队的协作能力。课程考核方法体现为全过程、全方位的特点。

7. 结语

对于土木工程专业的学生，钢筋混凝土结构实验教学必不可少的，传统的教学方式存在一定的不足，如实验全部由技术人员操作等问题一定程度上降低了学生的自由度与学习空间。因此，钢筋混凝土结构自主型实验教学是教育改革的发展方向，这就要求学生们不仅从书本当中获得知识，要在观察、动手的过程中主动体会钢筋混凝土结构受力、材料破坏的现象、状态和特征等。从学生们的实验结果与撰写的

报告可以明显看到, 学生已经不再是被动地接受灌输, 而是能够积极主动地将所学的理论知识与实践结合起来, 达到了本文提出的自主型实验的目的, 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。

基金项目

河北大学精品实验项目(2021-BZ-JPSY16)。

参考文献

- [1] 王富强, 王俊杰, 刘涛. 土的液塑限测定方法的探究[J]. 内江科技, 2016, 37(9): 35.
- [2] 交通部公路科学研究院. JTG E40-2007 公路土工试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [3] 张勇, 李岩, 陈莉, 张纪磊. 大学物理设计性实验多维度评价的研究与实践[J]. 实验技术与管理, 2008(9): 146-148.
- [4] 王小逸, 白广梅, 容慧明, 李英. 创新实验与创新型人才培养的思索与实践[J]. 实验技术与管理, 2008(11): 12-13.
- [5] 宋卫星. 设计性实验教学过程规范化的思考与探索[J]. 实验技术与管理, 2009, 2(7): 125-127+130.
- [6] 武建华, 黄超. 教学中培养学生创新思维的探讨[J]. 高等建筑教育, 2007, 16(1): 32-34.
- [7] 李越, 孙枕戈. 大学生创新能力培养研究[J]. 清华大学教育研究, 2002(5): 35-40.
- [8] 刘晓红, 杨建设, 朱昌平, 李庆武. 培养本科生物实验“四种能力”教学模式的研究与实践[J]. 实验技术与管理, 2008, 25(12): 154-156.
- [9] 吕恒林, 周淑春, 吴元周. 土木工程材料课程实验教学改革探讨与实践[J]. 高等建筑教育, 2006(4): 90-92+103.
- [10] 姜兆华, 姚忠平, 赵力, 龙军, 孙秋, 尹鸽平. 化工学科应用型研究生培养模式与课程体系的探索与实践[J]. 学位与研究生教育, 2013(9): 22-26.
- [11] Fagen, A.P. (2002) Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms. *The Physics Teacher*, **40**, 206. <https://doi.org/10.1119/1.1474140>