

钢筋混凝土梁正截面受弯承载力虚拟仿真试验探讨

张彤^{1,*}, 周云麟²

1. 辽宁科技大学, 土木工程学院, 辽宁 鞍山 114051;

2. 鞍钢建设集团公司, 辽宁 鞍山 114044

摘要: 本文围绕钢筋混凝土梁正截面受弯承载力, 研究虚拟仿真技术的应用, 结合实例分析其实施过程与应用效果, 可为后续相关研究提供借鉴。

关键词: 钢筋混凝土梁; 虚拟仿真; 效果评估

Discussion on the Virtual Simulation Test of the Strength of Reinforced Concrete Beam Cross Sections

Tong Zhang^{1,*}, Yunlin Zhou²

1. University of Science and Technology Liaoning, Anshan, 114051, China

2. Anshan Steel Construction Group Co., Ltd, Liaoning, Anshan, 114044, China

Abstract: This paper studies the application of virtual simulation technology for the normal-section flexural bearing capacity of reinforced concrete beams. With practical examples, its implementation process and application effects are analyzed to offer reference for further research.

Keywords : Reinforced concrete beam; Virtual simulation; Effect evaluation

工程实践中, 因钢筋混凝土梁配筋不当引发的工程事故时有发生。虚拟仿真试验依托计算机技术构建虚拟试验环境, 模拟真实试验工况, 以此研究探索相关科学原理与试验现象^[1-2], 助力提升钢筋混凝土结构的设计与施工水平, 保障结构的安全性、耐久性与使用性能

1 建设虚拟仿真试验项目的思路

1.1 钢筋混凝土正截面受弯承载力试验的特点

- (1) 综合性强、涉及面广。
- (2) 试验周期长, 通常需要 45d 左右。
- (3) 试验费用高。
- (4) 安全风险大。
- (5) 试验精度受多因素影响。

1.2 虚拟仿真试验特点

(1) 可进行截面尺寸、配筋率、混凝土强度等参数的改变, 从而设计不同的梁型, 通过虚拟仿真进行可视化表达, 有利于改革、创新。

(2) 不同参数条件下的梁型, 掌握其破坏模式, 从理论计算到方案设计, 再到试验加载测试, 能够全过程掌握大型结构试验基本方法。

2 虚拟仿真试验教学的实践

钢筋混凝土结构是世界各国应用最广泛的结构形式，虚仿教学实践具体过程如图 1~图 9 所示。

2.1 虚拟仿真系统的构建

系统涵盖钢筋混凝土正截面受弯承载力试验的各个环节，包括试验目的、试验原理、材料选择、试件设计、试验加载、数据采集与分析等功能。登录界面如图 1 所示，操作流程如图 2 所示：



图 1 系统登录界面

Fig.1 System Login Interface

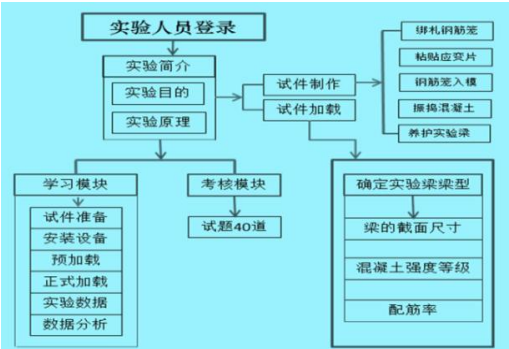


图 2 操作流程

Fig.2 Operation Flow Chart

进入虚拟仿真界面，左侧为学习、考核及加载设备模块，右侧为试验简介、试验重做、试验指导、全屏等功能模块。先行进入试验简介模块进行试验目的和原理学习，试件制作中的钢筋笼、粘贴应变片、钢筋笼入模、振捣混凝土、养护试验梁最终三种梁型的截面尺寸、配筋的学习如图 3 所示。然后进入模拟仿真学习模块如图 4 所示，按照设定的加载方案对梁进行加载，实时观察梁的变形、裂缝开展以及钢筋和混凝土的应变变化和梁的典型破坏特征，如图 5 所示。试验过程中，学生可随时暂停、回放试验过程，记录关键数据和现象。完成钢筋混凝土梁正截面强度试验全过程交互式学习后，绘制得到荷载-应变关系曲线与荷载-挠度关系曲线，分别如图 6、图 7 所示。给出试验主要数据，结合理论知识分析梁的破坏形态和正截面强度变化规律。

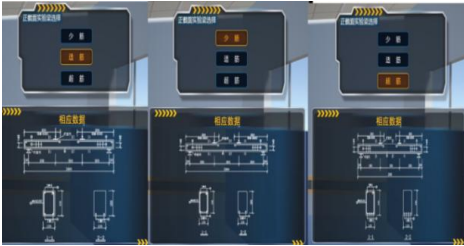


图 3 三种梁的配筋图

Fig.3 Reinforcement Drawings of Three Types of Beams



图4 学习模块

Fig.4 Learning Module



图5 三种梁破坏特征

Fig.5 Failure Characteristics of Three Types of Beams



图6 荷载-应变图

Fig. 6 Load-Strain Diagram

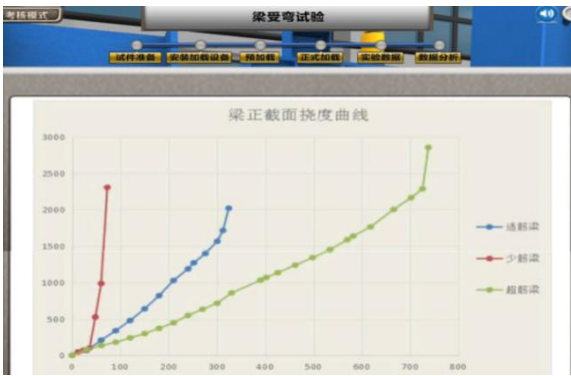


图 7 荷载-挠度图
Fig. 7 Load-Deflection Diagram

2.2 虚拟仿真试验步骤

- (1) 将虚拟仿真系统在多平台共享^[3]: 利用虚拟仿真试验教学平台 (<https://xnfz.ustl.edu.cn/login>) 和 ilab 实验空间 (<https://www.ilab-x.com/details/page?id=13079&prev=1>) 在线开放, 实现在线共享。
- (2) 集中讲解: 对钢筋混凝土正截面受弯承载力试验的基本理论和试验方法进行剖析, 结合平台上的虚拟仿真软件的操作界面, 介绍试验流程和注意事项。
- (3) 试验总结与讨论: 总结试验中的共性问题 and 关键知识点, 加深对试验内容的理解。

3 虚拟仿真试验的优点

3.1 降低成本

虚拟仿真试验无需实际的建筑材料和大型试验设备, 只需在计算机上安装相应的虚拟仿真软件, 大大降低了试验教学成本。

3.2 保障安全

虚拟仿真试验完全在虚拟环境中进行, 不存在实际操作带来的安全风险, 在安全的环境下进行各种试验操作, 大胆尝试不同的试验参数和工况。

3.3 提高试验效率

虚拟仿真试验不受时间和空间的限制, 试验过程可快速重复, 大大缩短了试验周期。同时, 软件可自动记录和处理试验数据。

3.4 丰富试验内容

虚拟仿真软件可设置多种试验参数, 如梁的截面尺寸、配筋率、混凝土强度等级如图 8 所示, 可以方便地改变这些参数, 观察不同工况下梁正截面的受力过程和破坏形态, 全面深入地了解各因素对梁正截面强度的影响, 拓宽知识面和思维视野。

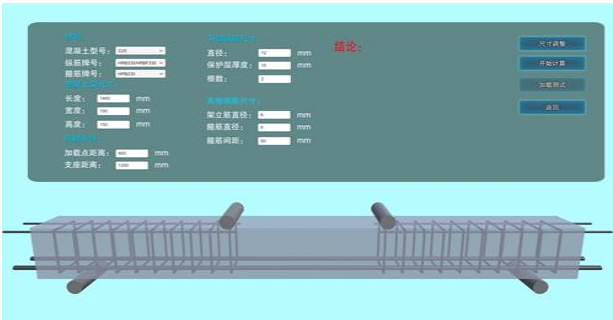


图 8 选择参数确定梁型界面
Fig. 8 Interface for Selecting Parameters to Determine Beam Type

3.5 扩大实践范围

虚拟仿真试验教学平台通常具备良好的交互功能,通过鼠标、键盘等操作与虚拟试验场景进行实时交互,如对试件进行加载、测量应变等。

4 虚拟仿真试验的效果评估

4.1 学生学习效果评估

(1) 理论知识掌握情况:采用虚拟仿真试验,对梁的受力机理、破坏形态、强度计算等理论知识的理解更加深入。

(2) 提高试验操作技能:经过虚拟仿真试验训练,对试验设备的操作更加熟练,试验步骤更加清晰,能够准确地安装试件、调试设备和采集数据,试验成功率显著提高。

(3) 激发创新思维提升实践能力:在虚拟仿真试验中,创新思维得到了较好的培养,实践能力也得到了锻炼和提升。

4.2 教师教学效果评估

(1) 提高效率与质量:可用于科研、设计、施工、教学。

(2) 试验教学顺序的优化:将虚拟仿真试验作为实际试验的前置环节,在虚拟环境中充分熟悉试验流程、掌握试验方法和观察试验现象后,再进行实际试验操作。降低了在实际试验中的操作失误率,提高试验成功率,同时加深对试验内容的理解和记忆。

(3) 强化实际试验:在完成虚拟仿真试验后,再进行实际试验,通过实际测量和观察,验证虚拟试验结果的准确性。

(4) 引入工程实际案例:将实际工程中的钢筋混凝土梁正截面受弯承载力问题引入试验,通过虚拟仿真软件模拟实际工况,提升工程应用能力和创新思维。

5 结语

钢筋混凝土梁虚拟仿真试验原有标养 28 天,虚拟仿真试验平台操作 2-3 小时即可达到实体试验效果。

构建虚拟仿真试验平台^[4-6]、精心设计教学内容和科学实施教学过程,取得了良好实践教学效果。

为培养适应现代社会需求的高素质土木工程专业人才,在未来的教学实践中,通过提升软件性能、加强虚实结合、丰富技术理论等不断探索和创新,充分发挥虚拟仿真技术在试验实践教学中的优势,推动土木工程专业试验教学改革向纵深发展。

参考文献

- [1] 董桂伟等. 高等工程教育虚拟仿真试验教学的分析与思考--基于278项国家级虚拟仿真试验教学项目的描述性研究[J]. 试验技术与管理, 2022,39(12): 199-204.
- [2] 李培荣等. 虚拟仿真教学资源标准化建设初探[J]. 中国标准化, 2023, (4): 166-168.
- [3] 熊宏齐. 虚拟仿真试验教学助推理论教学与试验教学的融合改革与创新[J]. 试验技术与管理, 2020, (5): 7-10+22.
- [4] 叶飞等. 慕课与虚拟仿真深度融合的试验教学[J]. 北京科技大学学报(社会科学版), 2022, (01): 71-76.
- [5] 王卫国. 虚拟仿真试验教学中心建设思考与建议[J]. 试验室研究与探索, 2013, (12): 13-16.
- [6] 胡今鸿等. 高校虚拟仿真试验教学资源开放共享机制探究[J]. 试验室研究与探索, 2015, (2): 148-152+211.

^{1*}第1作者&通讯作者简介: 张彤(1968-), 女, 硕士, 研究方向: 钢筋混凝土结构。E-mail: asge369@163.com。