

虚拟现实与有限元技术相融合的桥梁工程教学实践改革研究

叶锡钧 罗智源 谢浩桀 张力文 曹飒飒

广州大学土木工程学院

[摘要]传统的桥梁工程教学过程中,并没有真正地将理论知识与实践有效结合,导致学生知识脱节,为了提升学生的实践能力、创新能力和动手能力,本文将BIM与VR技术引入到教学过程中,是一次值得尝试与探索的教学实践改革,且具有较高的创新性、科学性。通过建设虚拟仿真实验教学平台,并以实际工程项目为载体,应用BIM+VR技术和有限元软件进行虚实结合、人机交互的操作,模拟具体桥型在不同环境及工况下的施工过程及受力特点,将基础知识与工程实践进行深度融合,优化专业课程的教学与实践,促进教师的“教”与学生的“学”的良性循环和桥梁工程教学实践改革,从而提升教育教学质量。

[关键词]桥梁工程;虚拟现实;有限元技术;教学实践改革

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.1418

一、背景

(一)《桥梁工程》是土木工程专业道桥方向的一门必修的主干课程,且具有很强的理论性和实践性。其中理论性体现在《桥梁工程》是以三大力学和混凝土结构设计原理等课程为基础,课程内容涉及面广,知识繁杂。实践性则体现在该课程需要与工程生产实践紧密结合,需要学生能够综合运用所学的知识去分析和解决问题,具有较强的实用性。然而由于传统教学方法主要是教师以板书为主,多媒体教学为辅,这种教学模式重理论推导,轻案例讲解,虽然可以使学生在短时间内学习到大量桥梁的施工知识和基本概念,但教学单一,很难与实践相结合,导致学生对该课程没有直观的认识,学习效果不佳,难以实现预期的课程目标。此外,传统的桥梁工程教学过程中,将桥梁的上、下部结构的构造、设计要点和施工方法分开进行讲授,并未能营造一种桥梁施工全过程情景化的教学环境,从而导致学生对桥梁的设计与施工缺乏系统性的认识,以及对桥梁局部构造和施工过程中的关键技术理解起来相对吃力,难以形成理论与实践相互结合的良好循环^[1-5]。因能将二维图纸转化成三维实体和建立虚拟场景,通过特定设备可在虚拟场景中进行感知、视觉和交互体验,虚拟现实技术(Virtual Reality, VR)在建筑施工与工程教学中得到广泛的应用,并取得一定的效果^[6]。

二、基于虚拟现实与有限元技术相融合的教学改革思路

对于桥梁工程这种实践性较强的课程,我们需要通过真实案例教学来吸引学生的兴趣。通过BIM软件和Midas Civil等有限元软件模拟真实工程案例,分析两种具体桥型在不同环境及工况下的施工过程及受力特点,使学生熟悉掌握桥梁的具体施工工艺,并了解结构在不同施工阶段下的应力状态和变形形态,培养学生善于运用有限元软件解决实际问题的能力和创新思维,激发学生的学习兴趣,从而达到事半功倍

的效果^[7-8]。

三、教学方式的实施

(一) BIM+VR平台简介

本项目得到展视网(北京)科技有限公司的技术支持,由其提供VDP虚拟现实设计平台。VDP虚拟现实设计平台是工程项目的管理与编辑程序,主要是工程项目的新建、导入、删除、Unity编辑器操作等,其中Unity编辑器操作包括模型处理、材质调节、灯光调节、交互操作等。

在此平台中能快速地将第三方软件(如AutoDesk公司的Revit软件等)建立的三维模型导入后进行二次精装布置,支持一键发布720度全景VR内容,直接生成二维码,能够在微信等平台中直接浏览720度全景,或打包并上传到云端,最后在PC端BIMVR软件中进行VR漫游。通过VR沉浸式的体验,让老师、学生有种身临其境的感觉,更加直观的掌握课程教学内容。

(二) 桥梁BIM模型教学案例的建立

VDP深入对接AutoDesk公司的Revit软件,Revit的所有图元都是基于族的,其中包括三种族类型:系统族、内建族、标准构件族。其中系统族是指Revit中预定义的族,包含基本的建筑构件,如墙、楼梯、门窗等。内建族是指特定的项目的族构件,只能在当前的项目中使用。标准构件族是指位

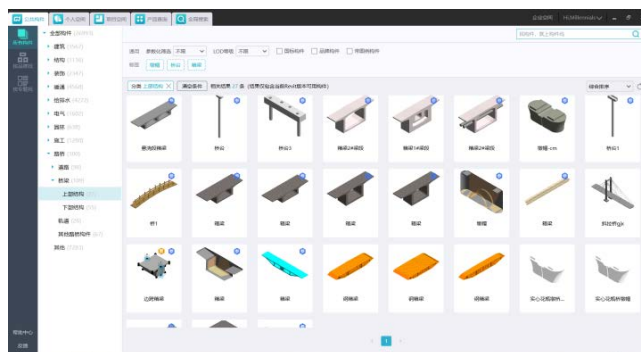


图1 常用的桥梁构件族库

于项目环境之外，能独立存储在族构件库中，具有.rfa扩展名的文件，该族经参数的调整即可实现构件尺寸调整，供任意项目的调用与载入。本文桥梁BIM模型的建模过程所使用的部分桥梁构件属于该种类型族，常用的桥梁构件族库见图1。此外，根据具体模型的要求，用户除了直接调用特定的族构件，也可以通过自身需求自定义创建满足项目所需的族，见图2，这种方法能减少重复性的基础操作，大大提高建模的效率。最后通过“搭积木”的方式搭建，完成BIM桥梁模型的快速拼装^[9-10]。

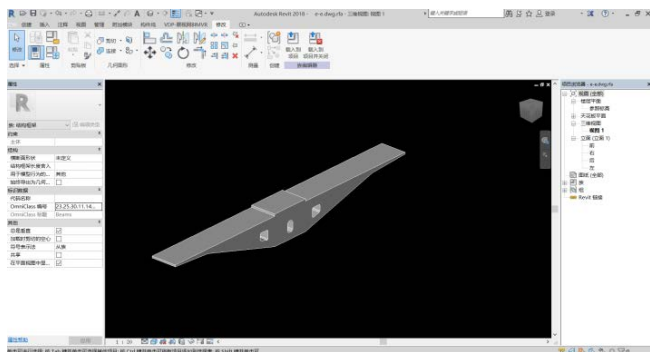


图 2 自定义创建的斜拉桥主梁族构件

本次教学选用的桥型是连续梁桥和斜拉桥。作者选取具体的工程案例，根据工程图纸，通过上述的Revit软选取或自定义相应的桥梁族构件，建立三维模型，通过软件将BIM模型导出成zsw格式，接着把模型导入VDP软件中，连续梁桥和斜拉桥

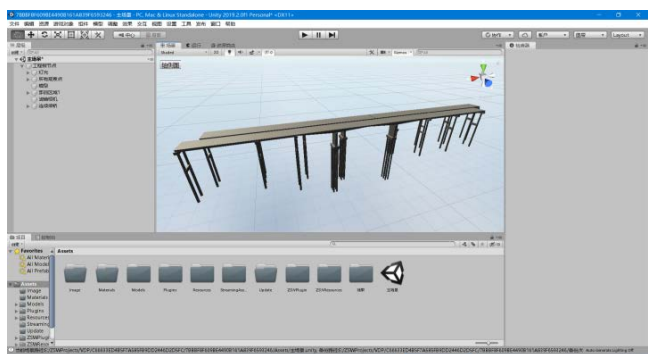


图 3 连续梁桥

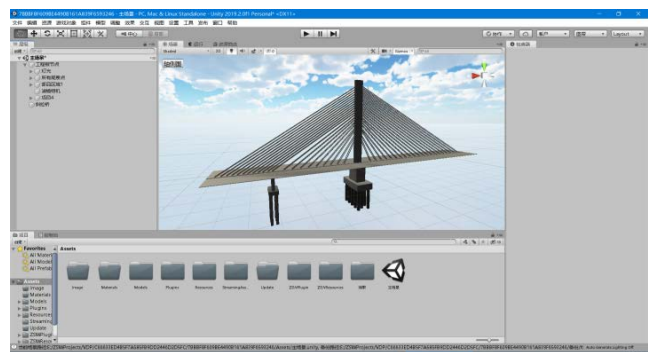


图 4 斜拉桥

见图3，图4。在场景搭建完成后，进行模型全景图的制作或者直接把模型一键打包上传到云端，学生可以通过手机扫码或者PC端自行对桥梁的整体布置和构造进行学习，也可以借助VR可穿戴设备在虚拟现实状态下进行沉浸式体验，见图5。

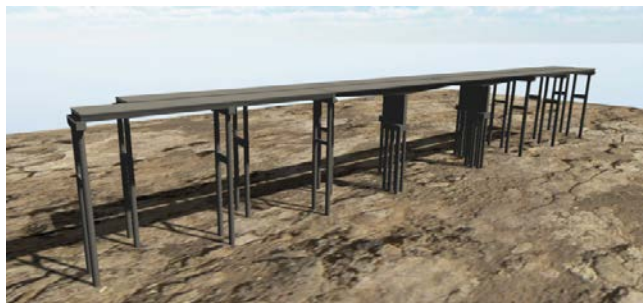


图 5 BIM融入VR技术后的漫游连续梁桥

(三) 虚拟现实与有限元技术相融合

主要是介绍施工阶段过程，BIM模型可直观感受构造和施工布置，有限元结果可明白受力机理。

与传统的教学模式相比，BIM+VR技术的引入，学生可以通过微信扫码二维码，直接浏览720度全景，也可以通过佩戴VR眼镜使自己身临其境，特别是对于一些无法仅靠想象关键构件的构造有了深入的了解。再结合Midas Civil等有限元软件对桥梁进行分析（见图6），将桥梁在不同施工阶段和荷载作用下的受力和变形情况模拟出来，让学生直观地观察每个阶段的结构力学效应的变化过程。

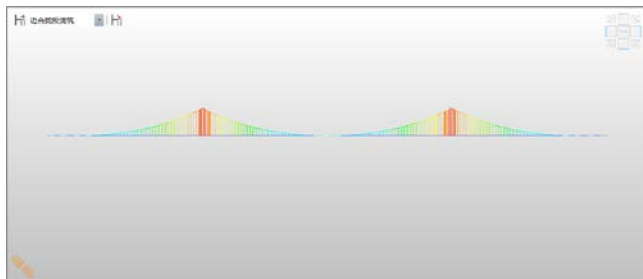


图 6 连续梁桥边合拢阶段浇筑弯矩图

(四) 教学计划、PPT和习题

1. 教学目标

实现虚拟现实与有限元技术应用贯穿课程教学全过程，使学生基本掌握预应力混凝土连续梁桥和斜拉桥的总体布置、构造设计、受力特点和计算方法，加深对桥梁结构的理解，具备能利用有限元理论进行分析和解决实际问题的能力。

2. 知识与能力

通过《桥梁工程》课程的学习，使学生了解预应力混凝土连续梁桥上、下部结构的构造原理和设计计算方法，熟悉连续梁桥的施工特点和施工方法，理解什么是超静定结构的

次内力, 如何进行次内力的分析计算。在课程结束时, 学生应具备初步掌握连续体系桥的设计与计算的能力。了解斜拉桥的分类及发展现状, 以及总体布置与构造和计算分析要点, 获得大跨度斜拉桥设计的初步能力。着重培养学生独立思考, 理论联系实际的能力。

3. 教学重点难点

重点: 预应力混凝土连续梁桥力学特点及构造, 连续梁桥在各种工况下和不同荷载作用下结构在各施工阶段的变形形态和应力状况。斜拉桥总体布置、构造特点、计算分析要点和施工方法。

难点: 连续梁桥的预应力钢筋构造, 不同的施工方法的施工要点, 次内力的分析计算。斜拉桥结构体系、计算和施工方法。

4. 教学准备

桥梁BIM模型、Midas模型与多媒体投影。

5. 过程与方法

引导学生讨论、分析目前简支梁桥所存在的瓶颈问题。与简支梁桥相比, 连续梁桥的优点体现在哪些方面, 介绍预应力混凝土连续梁桥不同的施工方法的施工特点, 进而渐渐掌握其构造和设计要点。引导学生应用《结构力学》的知识, 初步了解超静定结构的产生的次内力的计算方法。介绍斜拉桥的各组成部分的作用, 荷载传递途径及各结构体系的适用性, 掌握索、梁、塔的布置和连接方式。让学生了解BIM的基本原理, 操作及3D模型的建立。以工程案例为载体, 完成相应的BIM建模。在课程的教学过程中, 采用BIM+VR技术、Midas多课程融汇、协同的新型教学方法, 把桥梁施工的各个阶段的变形形态和应力状况, 通过模型和PPT的形式向学生进行动态化的展示, 化抽象为具体, 结合一些习题, 促进教师与学生的交流沟通, 这种灵活的授课方式, 有效地拉近课堂与实际工程的距离, 增加课堂的趣味性和调动学生的学习积极性, 加深学生对知识的理解与掌握。在课程结束时, 学生按4-6人为一组, 以实际工程为案例, 讨论并合作完成相应的Midas模型的建立和施工过程的仿真模拟, 分析不同阶段的受力变化, 对所取得的成果以小组为单位总结汇报。

四、教学试点班应用

选取了土木194和土木195两个班进行试点教学, 其中土木195班采用本文方法进行教学, 土木194班采用传统的授课模式。经过一学期的观察与总结, 可发现195班的同学在平

时上课过程中更加主动、积极地回答问题。除此之外, 对知识点的掌握程度可通过最后的考试成绩得到一定程度上的体现, 土木195班的考试平均分为83.83, 土木194班的考试平均分为78.49, 可见本项目提出的教学方式体现出一定的优越性。

结语

《桥梁工程》是一门强调理论与实践相结合的学科, 通过BIM+VR技术进行三维模型的直观教学和采用有限元软件仿真模拟桥梁施工过程各阶段的受力情况, 促进理论与实践的紧密衔接。通过试点班的教学情况对比, 这种教学模式使学生取得更好的成绩, 更容易理解和掌握所学的理论知识, 极大地激发学生学习的主动性和积极性, 解决了传统桥梁工程教学过程中存在的一些问题, 进一步提升学生对工程实践的理解, 虚拟现实与有限元技术相融合体现了新时代工程教学领域发展变革的热点及发展趋势。

参考文献:

- [1] 王荣. 《桥梁工程》教学改革措施初探[J]. 教育教学论坛, 2016(28): 122-123.
- [2] 尹涛, 李浩. 高校桥梁工程课程教学改革探讨[J]. 课程教育研究, 2016(04): 221-222.

项目基金: 教育部2020年产学研合作协同育人项目-基于BIM与VR技术的桥梁工程教学实践改革研究(编号: 202002304003)

广州大学校级教育教学改革项目“新工科智能建造背景下基于虚拟现实技术的桥梁工程教学改革实践研究”;

作者简介: 叶锡钧(1984.10-), 男, 广东东莞人, 博士研究生, 副教授, 主要研究方向: 桥梁工程。

罗智源(1997.11-), 男, 广东清远人, 本科, 研究方向: 桥梁结构健康监测

谢浩柳(1998.09-), 男, 广东广州人, 本科, 研究方向: 桥梁结构健康监测。

张力文(1983.05-)男, 河南驻马店人, 研究生, 讲师, 研究方向: 桥梁工程。

曹飒飒(1982.07-), 男, 河南项城人, 博士研究生, 讲师, 研究方向: 桥梁抗震。