

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2016.04.033

基于 BIM 技术的岩石力学实验教学课程 课程改革研究

王述红,刘婉婷,赵文,梁力,杨天鸿,邢民

(东北大学资源与土木工程学院,辽宁沈阳 110819)

摘要:在当今信息时代的大背景下,BIM 技术应用于土木工程施工实验教学是教学发展的趋势。笔者分析了目前土木工程专业本科及研究生实验教学所面临的困难,结合 BIM 技术在岩石力学实验教学中进行了教学尝试,并取得了较为明显的教学效果。文章针对课程改革提出一种新的实验教学模式,对提高学习兴趣和创新能力,提高实验教学效果,促进产学研有机结合具有重要意义。

关键词:实验教学;BIM 技术;课程改革;土木工程

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2016)04-0137-05

建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)在中国的应用目前处于起步阶段。住建部在十二五期间建筑业信息化发展纲要中提出,要加快建筑信息模型、基于网络的协同工作等技术在工程建设中的应用,推动建筑行业信息化标准建设。因此,近年来 BIM 技术在国内发展迅猛,各大企业也掀起学习 BIM 软件的热潮,将 BIM 技术逐步运用到工程建设中。为指导和推动建筑信息模型的应用,由住房和城乡建设部研究制定的《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》于 2015 年 7 月发布。其中指出,到 2020 年末,建筑行业甲级勘察、设计单位以及特级、一级房屋建筑施工企业应掌握并实现 BIM 与企业管理系统和其他信息技术的一体化集成应用。预计 2020 年末,在新立项项目(以国有资金投资为主的大中型建筑、申报绿色建筑的公共建筑和绿色生态示范小区)勘察、设计、施工、运营维护中,集成应用 BIM 的项目比率达到 90%。

在大环境的指导下,目前传统的本科教学模式已经难以适应社会对人才的需求,近年兴起的虚拟现实技术是一个很好的技术手段,已经逐步被应用于现代教育技术之中^[1],虚拟现实技术与 BIM 技术比较相近,但是 BIM 技术包含更加广泛,BIM 与其说是一种思想理念,不如说是一种工具,一种为工程建设虚拟建造、施工优化的工具,更适合应用于工程建设和教学实验中。

一、传统实验教学

(一) 费时费力

传统房屋建筑学和土木工程施工等设计是本科土木工程专业教学的重要

收稿日期:2015-11-29

基金项目:辽宁省普通高等学校本科工程人才培养模式改革试点专业建设项目(2014);辽宁省研究生联合培养项目(2015);东北大学国家教学质量工程(2007);辽宁省岩土力学教学示范基地建设项目(2008)

作者简介:王述红(1969-),男,东北大学资源与土木工程学院教授,主要从事地下岩土工程,信息岩土研究,(E-mail) wangshuhong@mail.neu.edu.cn。

内容,房屋建筑设计学生通过手绘或 CAD 绘图等进行房屋各平立剖设计,形成一套图纸,很难检验图纸对应性和正确性,而且用时较大,耗费较多,对房屋的整体性和外观很难控制。土木工程施工课程实验等主要进行施工组织设计和施工进度控制,教学目标为应用手画横道图进行进度控制,编写施工方案,掌握拟定施工方案的基本方法,培养学生解决施工技术和组织设计问题的基本能力等,工作量较大,处理比较繁琐^[2]。

(二) 灵活性较差

在当前的设计和实验教学中,学生自主控制能力较差,部分学生难以理解三维实体用平面图纸表征出来的效果,甚至没有三维空间想象能力,难以本质上提高学生的认识能力。在目前的设计和实验中,如果改变设计方案的一部分对整个设计和实验有较大的影响,处理较为复杂。

(三) 适应性较差

在传统设计实验中,每次实验所产生的成果难以继续应用和推广(后期结构设计和力学分析等),只适用于本次实验和设计,重复性工作较多,每次消耗劳动力较大,同时学生接受和理解的程度不高。教师检查和修改较繁琐,图纸配套较多,容易发生错漏,而且互相交流和沟通也不方便,难以达到教学要求。

(四) 难以与大数据时代接轨

在当今互联网+的时代,对本科教学提出了更高的要求,传统本科实验教学培养的学生已难以适应社会对人才的需求,二维图纸和传统设计施工理念跟不上大数据时代的步伐,特别是近年来,建设工程领域对 BIM 技术的需求增大,BIM 技术人才短缺,急需将 BIM 引入教学,使学生尽快适应新技术的发展。

二、BIM 技术应用于实验教学的优势

BIM 是以建筑工程项目各相关信息数据作为模型的基础,进行建筑信息模型建立,通过数字信息仿真模拟建筑物的真实信息。它具有可视化、模拟性、协调性、优化性和可出图性等五大特点。BIM 技术初期的建模较为容易,学生主要通过 Autodesk 公司下的 REVIT 软件进行建模,为后续一系列应用提供基础。

(一) 技术新颖性

最近几年 BIM 技术逐步在工程建设领域中应用,在主流传统技术中脱颖而出,不仅吸引了各大公司,同时也对本科教学产生了巨大吸引力。在教学实验中引入 BIM,既可提高学生的学习投入热情,也可全方位可视化地理解和掌握课程的综合方面。它

可以改善学生对课程的认识,比如:房屋建筑学通过 BIM 技术进行建模和表征,三维可视化展示,让学生充分理解每一个细节部分;土木工程施工也可通过 BIM 技术进行虚拟施工组织设计和模拟施工建造,让学生直观感受施工过程中的错误和需要改进的工序;工程结构破坏数值实验课程可通过 BIM 技术进行简单的建模,将信息模型导入其他力学分析软件中进行模拟破坏分析应用;岩石力学实验课程中,可以通过岩体结构模型建模,模拟岩石在不同情况下的切割和破坏等。BIM 技术的应用全面提高了土木工程专业教学水平。

(二) 培养技术人才

目前,随着 BIM 技术在国内的崛起,国家也开始大力推进发展 BIM 在工程建设中的应用,推出一系列指导意见和标准,为建设领域提供方向和指导。土建类专业就业形势相对较好,随着城乡建设趋于平稳,行业对人才需求量也逐渐饱和,常规的技术人才优势变弱^[3]。BIM 的大力发展导致技术专业人才匮乏,大部分公司缺少能懂 BIM 的技术人才。在本科实验教学中培养学生的 BIM 技能,提高学生对 BIM 技术的初步认识,加强对 BIM 软件的学习兴趣,为毕业后学生在工作岗位中运用 BIM 技术打好基础,在毕业应聘中具有竞争力和优势。

(三) 提高学校竞争力

由住房和城乡建设部研究制定的《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》于 2015 年 7 月发出后,各大企业掀起了一股 BIM 热潮,同时他们对 BIM 人才也是求贤若渴。目前,在本科生阶段涉及 BIM 有关课程的学校少之又少,有几个院校将 BIM 技术与土木工程专业课程相结合,进行了课程改革实践。天津理工大学的钟炜等^[4]将 BIM 技术融入工程项目管理课程,湖北工程学院谭洁等^[5]提出了基于 BIM 数字技术的教学改革,西南石油大学刘红勇等^[6]对国内高校开展 BIM 科研情况进行了归纳总结,同时论证了高等院校开设 BIM 实践教学的可能性,并提出了相应的建议^[7]。但是大部分土木工程专业本科生不了解 BIM 的应用,因此,在本科实验教学中融入 BIM 技术应用,培养 BIM 技术人才,在目前的大环境中一定可提高学校的核心竞争力,吸引大量的招聘者,为学生就业提供一个良好的机会,也可提高学校的知名度。

三、BIM 技术应用教学的初探

(一) 工程结构破坏数值实验课程

目前,BIM 技术的发展与应用已经在工程结构

破坏数值实验课程中进行试点讲解,引起了学生的高度重视,该课程主要通过课上讲述、PPT 演示、三维软件建模与虚拟现实模拟、学生自主建模演示等完成。由于课程时间有限,不能系统地对 BIM 技术多方面讲述,但是可初步培养学生对 BIM 的认识,讲解和使用今后在设计单位或施工单位应用最多的软件,如 Revit 和 Navisworks。该门课程也受到了学生的欢迎,以后会更进一步调整课改方案,为学生提供

学习便利。

通过 BIM 技术建立岩石工程空间模型,如地下洞室、边坡工程、隧道工程、核废料处置库等大型岩体三维数值仿真,再现岩体内部空间结构,特别是工程开挖、支护等施工过程中岩体内部结构的空形态,在此基础上进行应力分析,提高教学演示度,进一步帮助学生理解消化所学知识点。图 1 为边坡工程和隧道工程空间结构。

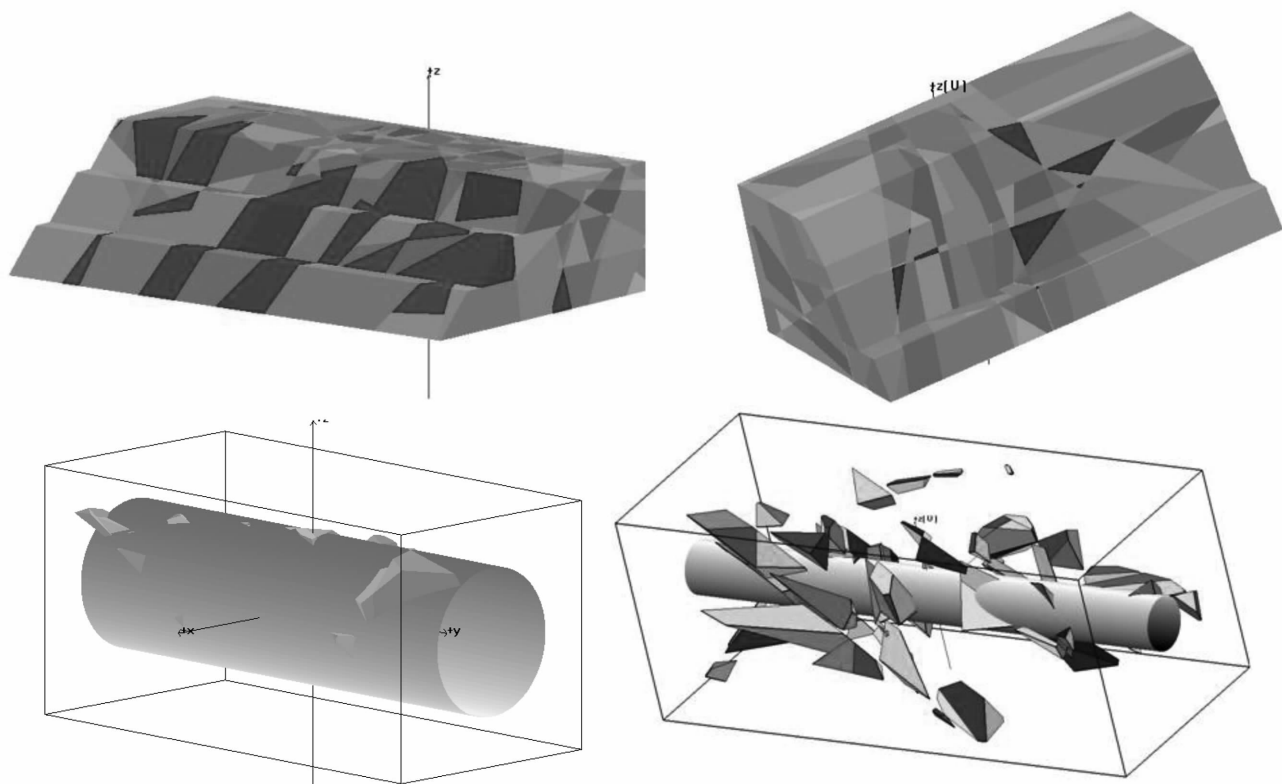


图 1 岩石单轴压缩实验三维数值仿真

(二) 岩土力学实验室

东北大学采矿与土木工程虚拟仿真实验教学中心为土木工程岩土力学实验教学中心的重要组成部分,是为解决采矿工艺优化设计、岩土力学实验、采矿围岩失稳数值仿真模拟等大型复杂实验装备昂贵、维护费用高以及采矿现场安全性差等问题而成立的综合性虚拟仿真实验教学中心。

BIM 虚拟与现实技术已在东北大学的岩石力学实验教学中进行了教学尝试,并取得了较为明显的教学效果,通过该虚拟与现实系统可进行岩土数值实验分析和教学,岩土力学数值实验教学丰富了力学实验教学的内涵和手段,并形成了常规力学实验与数值实验相融合的创新型实验教学模式^[8]。教学过程中摆脱了教师单一讲解的模式,课堂主要用于学生建模、计算模拟、实际感知,全面激发学生的思维和创新,可以更有效地理解和接受实验内容,

提高自身技术水平和能力^[9]。实验室虚拟仿真演示系统如图 2。

在岩石力学实验教学和 学生创新实验培训过程中,该虚拟数值仿真平台可以进行包括岩体内部结构、岩体结构面、二次结构面等工程扰动过程的基本实验过程模拟,以及演示各种巷道、隧道、边坡等复杂岩石结构的应力分析和破坏过程模拟,实现了岩石破坏复杂现象的计算机再现,弥补了物理试验很难直观演示各种岩体变形、破坏等复杂现象的不足。虚拟仿真实验具有通用性强、方便灵活、可重复性等特点。通过虚拟仿真实验,学生不仅可以观察岩石破坏的过程,而且由于数值试验可获得试样在破坏过程中的应力场及其演化过程的全部信息,使本科生在深刻理解岩石力学理论的基础上,对岩石力学工程问题有了高层次的认识。一般情况,在教学过程中,可以参考下列步骤操作。

(1)利用测量仪器和设备,采集现场地表和有限的岩体结构面信息,重建岩体结构模型,实现对岩体

三维结构及其他高度结构化岩石块体的识别、空间模型表征等。

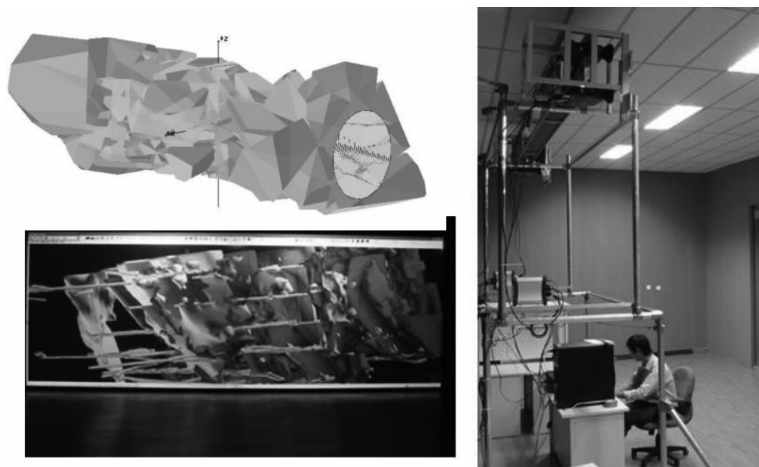


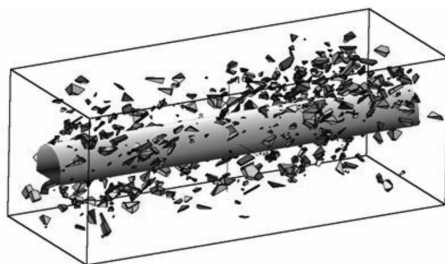
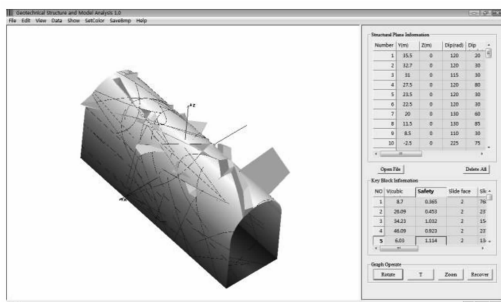
图2 实验室虚拟仿真演示系统

(2)教学内容一:在上述岩体几何模型基础上,考虑开挖诱发的次生结构对岩体宏观力学性质及变形影响。岩体的内部结构特征在很大程度上影响着其宏观力学破坏行为。运用 BIM 技术和数值分析技术,及相应的物理力学试验手段,演示结构面产状、次生结构面的生成与贯通等因素对岩体工程的宏观力学特性,尤其是破坏过程的影响,实现工程岩体的真实表征。

(3)教学内容二:基于岩体细观结构模型的细观力学特征演示。岩体具有高度的结构性和非均质性

特征,在上述岩体扫描数字图像的结构化几何概念模型(二维、三维)重建基础上,实现相应的力学及多场耦合分析演示,直观讲解岩体复杂的物理、力学性能(如非饱和特征、各向异性等)。

(4)教学内容三:实现岩体结构力学的多尺度耦合演示。在准定量研究或分析基础之上,实现岩体微观、细观(中观)、宏观不同尺度力学数值模型计算的耦合,再现细观结构上岩体的损伤演化、裂纹的扩展及应力的重分配等特征,结合工程实际展示工程岩体多尺度特性,及其扰动过程。



全空间有限块体

图3 岩体隧道空间宏细观模型建造

四、BIM 应用于课程改革分析

众所周知,BIM 技术是一个全新的技术手段,高校应跟上时代的步伐,在土木工程本科阶段初步培养对 BIM 技术的应用,在实验课程或专门的课程中融入 BIM 技术的学习,在研究生阶段针对不同研究方向施以不同的培养方式,通过实验室的优良条件,进行学术科研活动等。虚拟仿真实验具有生动性好、实验效果直观、安全性好等优点,有利于学生理解和掌握复杂工程设计原理与工艺、力学计算与实验,有利于激发学生的学习积极性和创新思维,有利于学生的创新实践活动。

东北大学岩土力学实验教学示范中心,近年来在资源建设与队伍建设方面开展了多种途径的实践。在实验资源配置方面进行了优化^[10]。目前土木工程专业的课程设计和实验课程,都还没有融入 BIM 技术,如果改变当前教学模式,提出应用 BIM 技术的课程实验或者设计,感兴趣的学生可另外进行 BIM 设计和应用,考核成绩加分,鼓励学生积极应用到实践。同时之前开设 BIM 技术应用的选修课,由专业教师进行授课,这样可以提高学生的 BIM 技术应用能力。在多门专业课程实验和设计中可应用 BIM,如房屋建筑学、高层建筑结构、土木工程施工、

工程结构破坏数值实验、岩石力学实验等,培养学生的自主思维和应用能力,充分发挥学生学习的主观能动性,可通过集体授课方式讲解 BIM 技术的功能和实现方法及软件的操作等,学成后可参加全国 BIM 技术等级一级建模师考试,增加自身求职能力。集体 BIM 中心培训机房如下图 4。



图 4 BIM 中心培训现场

学院定期举办 BIM 技术技能大赛,优秀者颁发获奖证书并计入德育成绩分,通过技术竞赛的准备和竞争提高学生 BIM 技能,同时选拔优秀学生参加全国 BIM 技术技能应用大赛,开阔应用视野。培养学生动手建模、分析和解决问题的兴趣和能力的,调动他们学习的主动性、积极性和创造性,激发他们的创新思维和创新意识,掌握思考问题和解决问题的方法,提高创新能力和实践能力。

五、结语

土木工程专业是高校的重点专业,担任着国家工程建设的重任。建立虚拟仿真教学实验室开展实践教学,对学生深刻理解工程设计原理,掌握理论知

识,提高学习兴趣和创新能力,提高实验教学效果具有重要的意义。此次针对课程改革提出一种新的实验教学模式,通过 BIM 技术与传统的教学模式相结合,不仅提高了学生学习的积极性和热情,而且促使学生掌握 BIM 技术,进一步为中国建筑产业信息化培养优秀人才。

参考文献:

- [1] 周前祥,姜世忠,姜国华. 虚拟现实技术的研究现状与进展[J]. 计算机仿真,2003,20(7):1-4.
- [2] 杨璐,张文学. 土木工程施工课程教学改革思考与探索[J]. 高等建筑教育,2015,24(1):79-82.
- [3] 高延伟. 中国土建类高等教育发展现状与展望[J]. 高等建筑教育,2014,23(2):1-3.
- [4] 钟炜,张馨文,姜腾腾. BIM 仿真在工程项目管理课程教学改革中的应用研究[J]. 土木建筑工程信息技术,2013,5(6):7-11.
- [5] 谭洁,刘威,汪梦林. 基于 BIM 技术的建筑数字技术教学改革研究[J]. 孝感师专学报,2013,33(6):103-105.
- [6] 刘红勇,何维涛,黄秋爽. 普通高等院校 BIM 实践教学路径探索[J]. 土木建筑工程信息技术,2013,5(5):98-101.
- [7] 齐岳,张俊华,赵文军. 结合 BIM 技术的房屋建筑学课程改革探讨[J]. 高等建筑教育,2014,23(6):147-149.
- [8] 杨天鸿,张春明,顾晓薇,等. 岩土力学并行数值计算实验教学环境优化研究[J]. 现代计算机,2015(11):26-31.
- [9] 李连崇,梁正召,夏英杰,等. 虚拟现实与数值模拟相结合的教学平台建设[J]. 高等建筑教育,2014,23(6):138-141.
- [10] 王述红,吴迪,宋建等. 岩土力学实验教学优质资源建设与共享研究[J]. 实验室研究与探索,2011,30(8):135-138.

Reform of experimental teaching of rock mechanics based on BIM technology

WANG Shuhong, LIU Wanting, ZHAO Wen, LIANG Li, YANG Tianhong, XING Min

(School of Resource and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, P. R. China)

Abstract: In today's information era background, BIM technology as a new concept and tools for building construction experiment teaching, is the development trend of teaching. This paper analyzed the difficulties faced by the undergraduate and graduate students in civil engineering. The teaching in rock mechanics experiments combined with the BIM technology has carried out for 2 to 3 years and achieved a more obvious teaching effect. In view of the curriculum reform, a new experimental teaching mode was put forward, which can improve the learning interest and innovation ability, the experimental teaching and organic integration of industries, universities and research institutes.

Keywords: experimental teaching; BIM technology; curriculum reform; civil engineering