

# 土木工程施工实验教学平台建设探讨

应惠清, 顾浩声, 俞国凤, 席永慧

(同济大学 土木工程学院, 上海 200092)

**摘要:**文章介绍了同济大学土木工程施工实验教学平台的规划、建设及教学实践中所积累的一些经验。对土木工程施工这类应用性、实践性非常强的课程,建设一个可供学生实践操作的教学平台,对加强理论教学与实际的联系,激发学生的学习兴趣,培养学生动手能力和创新能力具有重要意义。

**关键词:**土木工程施工;教学平台;实验室;实验教学

**中图分类号:**TU7-45

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2009)02-0105-05

土木工程施工是土木工程专业的一门主要专业课,重在培养学生独立分析和解决土木工程施工中有关施工技术与组织计划的基本能力。土木工程施工是一门应用性课程,涉及面很广,包括测量、材料、力学、结构、机械、经济、管理、法律等多学科的知识;它又是一门实践性课程,其内容与工程有着直接联系。为了提高教学质量,需要建设一个综合性的实验教学平台,为学生提供实际和模拟的实验教学内容。实验教学平台有利于学生理论联系实际,在实验中掌握土木工程施工的一些理论知识和基本原理,研究若干关键技术的规律,对学生的动手能力和创新能力提高具有重大意义。

一个工程施工包括许多工种工程,如土方工程、桩基工程、混凝土工程、钢结构工程、结构吊装工程、防水工程等,而很多实际工程由于场地、机械、时机和安全等限制,不可能搬进实验室重现。因此,如何选择合适的项目,使其既能体现土木工程施工的基本内容和关键技术,又便于在实验室中得以实现,是实验教学平台建设的基础。此外,随着科技水平的发展,教学手段有了很大进步,如何将传统实验教学方法和现代教学技术有机结合,增强教学效果,提高学生学习积极性,也是实验教学平台建设所要考虑的问题。同济大学“985工程”二期土木工程专业实验室包括混凝土结构实验教学平台、钢结构实验教学平台以及土木工程施工实验教学平台,建设面积500m<sup>2</sup>,设备设施投入总计约200万元。我们负责承担了土木工程施工实验教学平台的建设,文中就工作中的经验进行总结,为今后中国高校同类实验室的建设提供借鉴。

## 一、土木工程施工实验教学平台的实验项目

土木工程施工实验教学平台将面向土木工程专业及其他相关专业的学生开

收稿日期:2009-02-04

作者简介:应惠清(1946-),男,同济大学土木工程学院教授,博导,建设部科学技术委员会多媒体信息技术委员会委员,上海市建委科学技术委员会委员,中国建筑学会建筑施工学术委员会委员,全国高等院校建筑施工学科研究会理事长,国家级精品课程土木工程施工和高层建筑施工的负责人,主要从事土木工程施工研究,(E-mail)tjuyhq@163.com。  
欢迎访问重庆大学期刊网http://qks.cqu.edu.cn

放。在选择实验教学平台的开设项目时,首先必须结合土木工程施工内容<sup>[1-2]</sup>,理论与实践相结合,通过教学指导实践,通过实践促进教学,这就要求所选择的实验项目必须具有代表性,能很好地反映理论教学,有利学生独立思考和创新能力培养<sup>[3]</sup>。其次,实验项目必须具有可操作性,既要便于学生自己动手操作,同时应保证实验的安全性。最后,实验项目必须具有可实现性,施工项目大多体积庞大,过程繁多,因此还必须考虑如何在实验室有限空间和实验时间内实现<sup>[4]</sup>。

考虑以上因素,在规划土木工程施工实验教学平台时,考虑两类项目:一类是演示模拟类,另一类是实际作业类。

对于体积庞大、过程复杂、实验费用高,或难以实现,或具有一定危险性的项目,如施工机械、结构构造等,主要通过多媒体和实物、模型进行演示和模拟。设置这类项目的目的是让学生验证所学知识,扩大学生视野,同时也考虑给学生独立的、创造性思考的空间。因此,在设置这些项目的同时,都提出了一些创造性思考的活动内容。多媒体具有容量大、表现力强的特点,特别适宜反映施工技术、工艺及施工的全场和全程。在多媒体制作中,运用图片、动画、视频等多种方法反映各种施工工种工程、各类结构的施工过程以及工程新技术。多媒体演示和模拟可为学生提供大量和丰富的信息。实物、模型则主要是相关的施工机械、设备和结构构造等,这些实物和模型都可实现实际工程应用中的活动状态或模拟活动状态。实物和模型能便于学生理解施工技术(工艺)原理以及机械、结构构造的细部及它们的实现。

实际作业类的项目结合教学内容选择与土木工程施工中的主要与关键技术项目,这些项目均由学生自己动手操作,或在教师的指导下进行操作。实际作业类项目的设置与演示模拟类不同,它不仅具有验证性,更要具有设计性和综合性。目前土木工程施工实验教学平台开设的桩基础施工检测、大体积混凝土测温、后张法预应力混凝土施工等项目,都是需要学生结合所学知识,自行进行实验设计以及必要的计算和分析。通过这些实验,培养学生的动手能力和实际工作能力。

## 二、土木工程施工实验教学平台的基础设施

### (一)房屋条件

不同实验项目所需场地大小不同,应因地制宜。

合理布局,既要充分利用建筑面积和空间,又能保证实验活动必须的工作面。土木工程施工实验教学平台建设在同济大学原有实验楼内,总计面积约200m<sup>2</sup>。实验室应有足够的采光或照明,空气流通,尽可能设置上下水道。根据室内设备的情况,注意实验的安全性<sup>[5]</sup>。

实物和模型演示区面积除了考虑实物和模型本身的占地外,还需根据每次教学人数,计入观摩区、教学区、行走通道等所需面积。多媒体投影放映区应考虑投影屏幕、操作、观看时的学生人数。根据实验教学平台建设经验,实物和模型演示区按设置项目,面积以80~100m<sup>2</sup>为宜。

实际作业类项目应根据实验内容、设备条件、实验学生人数等确定实验室面积,此外,有的项目还应考虑实验室的高度。在设置的桩基础施工检测(包括泥浆测试、灌注桩的孔径检测、垂直度测试和低应变反射波法桩身完整性检测4个子项目)、大体积混凝土测温、后张法预应力混凝土施工项目中分别做了如下安排。

(1)泥浆测试由学生动手拌制并测试泥浆。根据设备的数量和学生人数安排场地,必须配备上下水道,以便泥浆拌制和完工后的清洗。例如教学平台中配备了4套泥浆测试设备,可供12~20名学生同时进行实验,房间面积约40m<sup>2</sup>。

(2)灌注桩的孔径检测、垂直度测试和低应变反射波法桩身完整性检测等项目,属同一类型的测试实验项目,可安排在一起。一般每个桩孔(桩)作业人数3~5人为宜,占地面积5~6m<sup>2</sup>。根据设置的桩孔或桩的数量,安排实验室面积。由于这3项实验需要钻孔、埋入钢管或浇筑混凝土,最好设置在底层,且考虑到施工设备作业空间,房间应有一定净空高度,建议楼层高度不小于4m。如室外具有条件,也可布置在室外。

(3)大体积混凝土测温宜分2个区:温度场模拟区和温度控制、测量区。温度场模拟区应与温度控制、测量区保持2~3m距离。房屋面积也要根据学生人数确定。以4台温度巡检仪、16名学生同时实验考虑,需要面积约20~30m<sup>2</sup>。由于温度场的加热耗电量大,事先需对供电线路进行布置,负载功率一般需10~20kw。

(4)后张法预应力混凝土施工实验为预应力混凝土梁的预应力张拉,房屋的面积应考虑梁的长度、千斤顶张拉所需要的空间,建筑面积在30~40m<sup>2</sup>为宜。梁两端对应的墙面应设置软性的防冲击壁,以

防锚具滑脱后撞墙后的回弹伤人。学生操作时梁的两端严禁站人。

(二)设备条件

土木工程施工的多媒体演示和模拟采用动画、录像和照片的放映形式。为了方便学生使用并便于硬件的维护,主机采用触摸屏一体机,可以方便地进行播放等简单操作。投影机的选择必须考虑在较大房间和较明亮环境下播放的效果,应该有足够的流明数和对比度。除了必要的多媒体硬件条件外,还必须要有相应的软件支撑。考虑到学生到工地参观的机会不多,为了帮助学生理解教材内容,对于一些典型的施工工艺和过程主要是通过动画、录像和照片的形式进行演示。土木工程施工实验教学平台已经制作积累了万余张工程照片、近百个施工模拟动画和五十多段现场施工录像(图1),供学生利用多媒体一体机自行查询、播放和学习。



图1 多媒体演示课件

施工机械、机具的演示和模拟包括大模板、爬升模板、滑升模板、滑模千斤顶、附着式塔式起重机和预应力张拉千斤顶等的模型以及钢结构高强螺栓连接、高强度螺栓扭矩扳手和电渣压力焊设备的实物。其中,设计制作的大模板、爬升模板、滑升模板模型比例为1:4,采用钢、木等材料制作,均可模拟实际作业动作。各种千斤顶模型采用透明有机玻璃制作,比例1:1,能清晰表现内部构造及其工作原理。附着式塔式起重机比例为1:20,可遥控升降吊钩、小车行走、起重臂旋转和塔吊顶升4种动作,真实模拟附着式塔式起重机的工作过程和顶升原理。扭矩扳手和电渣压力焊设备等实物均按工程实际情况布置。图2为塔式起重机的模型照片。

结构构造的演示和模拟选择了较为典型的几种形式,包括混凝土框架结构、钢框架结构、单层厂房模型。混凝土框架模型为2跨3节间的2层结构,按1:5的比例进行缩尺,平面尺寸为3m×2m,高度1.5m。该模型分为2部分,一部分表现钢筋混凝土结构,另一部分表现型钢混凝土结构,反映了基础、柱、梁、板的配筋和构造,不同部位的柱-柱、柱-梁

和梁-板的节点。钢框架按1:2的比例制作,为1榀2跨2层结构,总长度3m,高度3.4m。单层厂房模型比例为1:15,单跨6节间,模型长2.4m、宽1m、高0.8m。单层厂房模型的构件均可拆装。图3为单层厂房模型的照片。

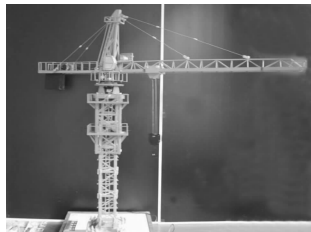


图2 塔式起重机模型

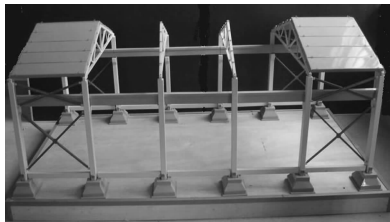


图3 单层厂房模型

泥浆测试仪器包括泥浆测试箱,里面有比重计、粘度计、含砂率计、失水量测定器,分别用来测定泥浆的比重、粘度、含砂量和泥皮厚度。

灌注桩的孔径检测仪器包括井径仪、数字测井仪、井口滑轮和测井电缆等组成的灌注桩钻孔测井系统等。为模拟实际工程孔径的差异,设计制作了一个变截面的测试孔。模拟孔的深为10m,截面变化400~550mm。为防止人或物跌入孔中,在井口设置活动井盖,作业时打开、非作业时关闭,以确保安全。

侧斜实验则是通过侧斜仪来量测,为了测量前对仪器进行校正,同时配置一套测斜仪标定台。测斜管须在实验室里事先埋设,实验室布置了2个长度为15m的测孔,其中一个孔为垂直布置,一个为偏斜布置,以供学生测试比较。非作业时管口用盖子做好保护。

低应变反射波法桩身完整性检测的主要检测设备是反射波法桩基完整性检测分析仪(由检测分析仪、传感器和力锤组成)。实验室地下设置了2根实验桩。这2根桩为钢筋混凝土钻孔灌注桩,直径600mm,长度为10m。其中一根为质量正常的桩,另一根为质量缺陷的桩,以供学生检测时进行比较。采集的数据输到触摸屏一体机的计算机中,用软件进行数据处理与分析。

大体积混凝土温度的测试仪器为温度巡检仪、热电阻等测温元件。人工模拟的温度场如图4所

示。该混凝土试验箱长 2.5m, 宽 0.6m, 高 1.6m, 由 3 个箱体组成。每个箱体内布置模拟水平与竖向钢筋, 底部设置加温区, 用石英管电热棒加热, 最高温度可达 80℃。在各箱体内上、中、下各部位安装预设

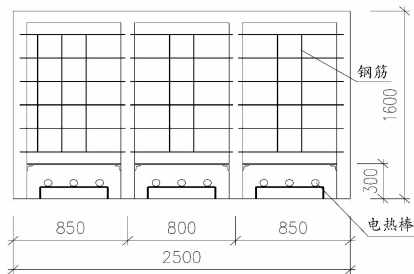


图4 模拟大体积混凝土温度场的混凝土试验箱

后张法预应力混凝土张拉施工实验的混凝土梁长度为 3.5m, 截面为 300×300mm, 中间留设一个直径为 48mm 的孔道 (图 5), 张拉操作单根钢绞线。配套配置了张拉油泵、穿心式千斤顶等。



图5 预应力混凝土试验

### (三) 辅助器材

在实验室的运行过程中, 还需配备实验用易耗品, 并经常对设备进行维护, 对测量仪器则要定期进行标定。

上述实验项目中泥浆测试项目中需制备泥浆, 材料有粘土、膨润土、外加剂、水等。低应变反射波法桩身完整性检测的消耗品主要是耦合剂, 一般采用凡士林。大体积混凝土测温的石英管电加热棒、热电阻等, 预应力混凝土施工的预应力筋、锚具等容易损坏, 都应有足够备用品。

此外, 为了便于学生更好地掌握和理解教学内容, 可将各实验项目的原理、操作步骤以及相关的工程背景资料做成展板, 布置在各个房间的墙上, 既起到助学作用, 又有美化环境作用。

## 三、土木工程施工实验教学平台的软件建设

### (一) 教学方法

传统的教学方法是以“教师、课堂、教材”为中心, 而学生往往是被动地接受知识。这种方法忽视了学生的能动性, 容易扼杀学生的创造性<sup>[6]</sup>。土木工程施工有别于一般理论课程, 它与实践联系十分

温度传感器, 用以控制箱内温度。控制箱设移门, 便于学生自行布置测温元件。温度巡检仪测量得到的箱体内各部位的温度由计算机即时记录、显示或打印输出。



紧密, 因此, 仅用传统的教学方法难以获得很好的效果。

在土木工程施工实验教学平台的建设过程中, 我们对课程的教学模式进行了研究。首先是改变观念。必须认识到实验教学要以学生为教学活动的主体, 而教师的作用主要是组织、引导、解惑, 最终形成学生自主的开放性实验教学。其次是教学内容。必须把教学内容的重心放到与实际的相关性和对知识的探索性上。再次是教学手段。对各个实验项目分别编制实验指导书, 但仅对实验目的、仪器操作方法进行简要介绍, 理论知识作为背景资料让学生自学, 具体的实验计划、实验方案设计、实验操作以及实验报告由学生自己动手完成。

总之, 教学模式应围绕在学生实际能力和创新能力的培养上。在实验教学平台的初次教学实践中, 教师的主要工作是在学生遇到问题时进行说明和解释, 对学生的实验提出意见和建议, 帮助学生得出自己的认识和结论。

### (二) 规章制度

制度管理是保证实验室正常运行的重要措施。应设置专职人员管理实验室, 指导教师参与实验室工作。必须制定相关的规章制度, 包括仪器设备的保管、校验、使用、维修、报废等管理制度, 以及安全卫生制度、工作计划、检查和总结制度等。每次实验都必须在实验室工作日志上登记, 包括实验内容、课程对象、人数、时间等。此外, 还需制定学生实验守则、实验教师岗位职责和值班管理人员岗位职责等, 以规范学生在实验室的行为, 明确各岗位的主要工作及职责。

## 四、土木工程施工实验教学平台的特色

通过土木工程施工实验教学平台建设与实践

践,实验教学平台初步形成了规范的管理与科学的运作,成为具有同济特色的实践性专业教学的一种示范性模式。

### (一) 创新实践的教学特色

我们响应走“中国特色自主创新道路,建设创新型国家”的重大战略决策,对土木工程施工实验的教学内容、教学方法与手段进行改革,注重培养学生实践动手能力与创新意识。实验教学平台为学生提供了一个开放的学习环境,营造了主动学习的实践氛围,并把学习的主动权交给学生。在初次教学实践中已充分体现出实验教学平台在培养学生创新能力方面起到的积极作用。

### (二) 紧密结合工程实际的特色

土木工程施工实验教学平台各个实验项目的设置都围绕着工程实际,使学生在实验操作能力提高的同时帮助学生尽早树立工程概念。作为联系教学与实践的纽带,实验教学平台为学生创造了学以致用的机会,通过教学指导实践,通过实践检验教学,在实践中帮助学生加深对教学内容的理解。教学内容紧跟土木工程施工的发展与前沿技术,及时将最新的工程信息传递给学生。

### (三) 教学手段多样化的特色

在土木工程施工实验教学平台除了传统的教学手段之外,采用多媒体技术辅助教学,配备了许多教

学展示模型与实物,运用演示模拟等现代教学技术,形成了教学手段多样化的特色,使教学内容从抽象走向具体。

## 五、结语

学校土木工程施工实验教学平台的建设和教学实践以培养高素质的创新人才为目标,紧密结合工程实际设置教学内容,采用多种教学手段,改革传统教学方法,注重培养学生实践动手能力与创新意识,建立了严格规范的管理体系。土木工程施工实验教学平台是对课堂教学有益的补充。

### 参考文献:

- [1] 应惠清. 土木工程施工(第2版)[M]. 上海: 同济大学出版社, 2008.
- [2] 赵志缙, 应惠清. 建筑施工(第4版)[M]. 上海: 同济大学出版社, 2007.
- [3] 班明霞. 土木工程专业实验教学及实验室建设探索[J]. 高等建筑教育, 2007, 16(增刊): 87-89.
- [4] 王二平. 小型金相试验室的整体建设[J]. 中国现代教育装备, 2007, 48: 28-30.
- [5] 林爱月, 卢雅平. 培养创新人才构建实验教学平台[J]. 中国现代教育装备, 2005, 34: 43-44.
- [6] 廖宗廷. 转变教育教学观念, 深化教学改革, 培养创新人才[A]. 大学生创新教育的研究与实践[C]//上海: 同济大学出版社, 2007: 28-31.

## Construction and practice of experimental teaching platform for civil engineering construction

YING Hui-qing, GU Hao-sheng, YU Guo-feng, XI Yong-hui

(Department of Building Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** We introduced some experience in the teaching practice and in the process of planning and constructing the experimental teaching platform for civil engineering construction course in Tongji University. For the civil engineering construction and other practical curriculum, constructing a teaching platform provides a practice base for students, which is very significant for integrating theory with practice, stimulating study interests, and cultivating operation ability and innovation ability.

**Keywords:** civil engineering construction; teaching platform; laboratory; experimental teaching

(编辑 欧阳雪梅)