

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2017.05.027

欢迎按以下格式引用:蔡建国,吴刚,张骞,等.柔性模板混凝土结构国际学生工作坊实践与思考[J].高等建筑教育,2017,26(5):115-121.

柔性模板混凝土结构国际学生工作坊实践与思考

蔡建国^{1,2},吴刚^{1,2},张骞²,冯健^{1,2}

(1.东南大学 混凝土及预应力混凝土结构教育部重点实验室,江苏 南京 210096;2.东南大学 土木工程学院,江苏 南京 210096)

摘要:以在东南大学举办的“柔性模板混凝土结构国际学生工作坊”为例,对整个工作坊过程各个环节做了详细表述,包含缩尺石膏模型和全尺混凝土模型的方案设计和现场制作。此外,分析了工作坊这种教学模式对开阔学生视野、培养团队精神、促进教学和实践考核连续统一方面的优势,并对之后开展的类似交流活动提出了一些建议。

关键词:工作坊;教学模式;柔性模板混凝土

中图分类号:G642.45

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2017)05-0115-07

工作坊是一种源于现代建筑设计领域的实践教学模式,最大的优势是为学生提供将理论知识付诸于实践的机会,在国内高等教育建筑设计、工业设计等领域已经得到广泛应用。在工作坊教学模式中,理论教学和实践教学同步进行,项目作为实践的核心内容,学生具体从事的实践活动不分年级,主要由个人兴趣和工作能力而定,在一起学习实践的同时,学生之间的相互学习也是工作坊整个流程的重要组成部分,从而可以让学生形成只在理论学习中无法构建的团队精神和合作意识^[1]。

在工作坊的运行过程中,主要体现出一些原则:首先,在项目开始之前,指导教师根据培养目标制定详细的教学计划和全部的实施方案,控制整个流程的运行进度,并且在实际过程中,不断引领学生深入贯彻整个计划。其次,评判标准不再局限于理论考核,更重要的是督促学生学以致用,以项目整体或者分解部分为节点,综合检验学生应对实际项目的能力。除此之外,强调多种学习方式并存,既要自学达到项目工作的要求,又要相互学习,从而不断更新知识体系。工作坊是以多层次、多阶段目标为出发点的教学实践模式,可以综合各种专业特点,在实践中找到自己的定位^[2]。

收稿日期:2016-09-26

基金项目:江苏高校品牌专业建设工程资助项目(CE04-2-2);东南大学优秀青年教师教学科研资助项目

作者简介:蔡建国(1984-),男,东南大学土木工程学院副研究员,博士,主要从事预应力结构研究(E-mail)j.cai@seu.edu.cn。

土木工程专业,对学生创新能力和实践能力的要求不断提高,多学科多领域结合越来越紧密,传统的理论教学结合实验教学,认识实习教学模式不能满足社会对土木工程专业优秀人才的需求,在社会发展和学科进步的形势下,探索土木领域新的教学模式迫在眉睫。文章结合东南大学最近对多国跨学科领域的工作坊教学模式探索,思考工作坊模式在土木工程领域开展的新思路。

一、柔性模板混凝土结构国际学生工作坊实例

2016年6月26日至7月10日,柔性模板混凝土结构国际学生工作坊项目由东南大学土木工程学院和建筑学院、丹麦皇家建筑艺术学院、英国巴斯大学、英国爱丁堡大学、英国谢菲尔德大学、澳大利亚墨尔本皇家理工大学、加拿大曼尼托巴大学、香港大学的师生共同完成。本次活动主要包含了学术报告、指导教师现场演示、学生石膏模型制作、学生混凝土模型制作以及汇报答辩等环节,具体流程如图1所示^[3]。其中,东南大学土木学院的9名学生,建筑学院3名学生,丹麦皇家建筑艺术学院的5名学生组成3个组,每组5~6人,均包含上述不同学校的学生,以期实现相互协调,各展所长。

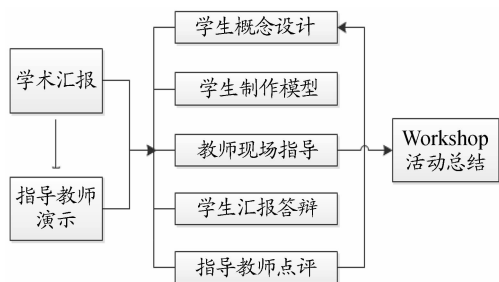


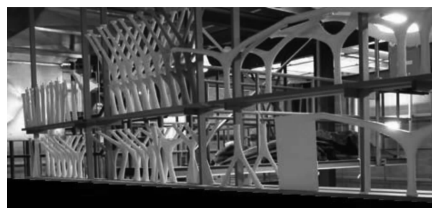
图1 工作坊活动流程图

(一)活动主题

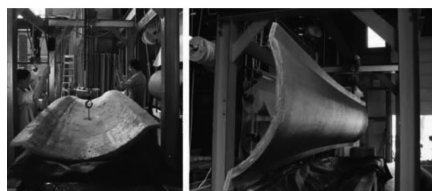
本次工作坊活动主题为结合柔性混凝土模板这种新型建造方法进行传统的混凝土剪力墙设计。利用柔性模板混凝土结构找形的特点,对传统剪力墙进行艺术化设计,以期实现建筑美学和结构力学上的统一与协调。实践工作主要分为第一周的缩尺模型(石膏材料)和第二周的全尺模型(混凝土材料,尺寸为2 m×2 m)。

柔性模板找形技术作为混凝土浇筑方法已经有100余年历史,最早关于这种找形技术的专利于1899年注册,自此之后,该方法的设计应用和技术得到迅速发展。由于在混凝土表面质量方面具有比传统施工技术更为优越的性能,柔性模板技术不断得到研究者的关注。在2008年、2012年和2015年,

相继举办了3次关于柔性模板混凝土结构的国际会议后,柔性模板技术开始迅猛发展,不再局限于小型的梁柱板构件等。目前为止,已经利用柔性模板技术得到了各种各样的作品,如图2所示。



(a) 变几何柱结构



(b) 利用柔性模板制作的壳结构

图2 柔性模板作品

(二)学术汇报

在工作坊开始的第一周,每天上午由各个高校教师针对柔性模板技术的最新进展和研究成果向大家作学术报告(图3),其中包含了澳大利亚工程院院士 Xie Yi-min 教授、Remo Pedreschi 教授、何小元教授、蔡建国副教授、Daniel Sang-Hoon Lee 副教授、John Orr 博士、Ronnie Caceres 博士、Gabriel Tang 博士等。下午是实践环节,这样交错进行,学者的精彩报告让大家对柔性模板技术了解更加深入,也为大家设计与实践提供源源不断的灵感。



图3 学术报告环节

(三)指导教师演示

来自加拿大曼尼托巴大学的 Ronnie Caceres 博士在工作坊第二天向大家演示了模板框架的制作方法,并对帆布模板石膏模型作了一个简单的试验(图4),通过试验向大家说明柔性模板在结构找形等方面的优点。在 Ronnie Caceres 博士的带领下,学生迅速掌握了各种基本工具的使用技巧,为后续各组模型制作奠定了基础。



图4 指导教师在向学生演示

(四) 成果展示

经过2周的设计、制作、点评和改进,3组学生得到巨大的收获,各组模型都十分有创意,现对3组的设计制作思考过程进行介绍。各组的方案设计均要充分利用柔性模板在结构找形上的优势,并要求在2 m尺寸的剪力墙上充分实现外观美学和建筑力学的统一,比如建筑表面曲面设计和实现方案、钢筋布置方案的合理性等。针对各组的考核评价,主要包括三部分:方案设计、方案的完成情况(主要表现为模型制作效果)和小组工作过程评价(小组工作的分配与合作、设计方案改进过程、小组交流讨论成果等)。

1. 作品一

(1) 设计理念。

第一组学生经讨论,决定利用绳子在制作的木框架上结合帆布形成规则或不规则网格,利用帆布的弹性和柔韧度,在浇筑石膏和混凝土时得到目标的结构外形,并在两侧帆布之间设置定位点,获得各种理想结构。在制作模型时,也充分考虑到结构的刚度,在结构浇筑时合理布置钢筋网(钢丝网),初期的设计构思如图5所示。

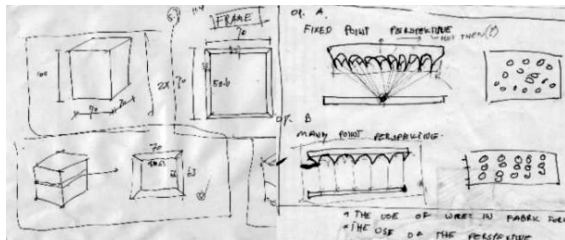


图5 第一小组设计构思图

(2) 设计过程。

首先在纸上讨论思路,设计需要的模板支撑框架和帆布定位点以及绳索布置位置。经讨论,第一组学生最终确定采用立方体的木方框架形式,并在立方体中布置两层木架为帆布、绳索提供固定点,按照帆布方式分为横立和竖立,如图6所示。



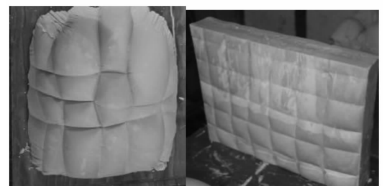
(a) 横立式 (b) 竖立式

图6 第一组模型模板支撑框架

第一组学生尝试多种绳索(鱼线)的约束方式,并且利用瓶盖等辅助材料,试图寻求不同美感,其中包含规则或不规则的,得到最初的4组石膏模型,如图7所示。



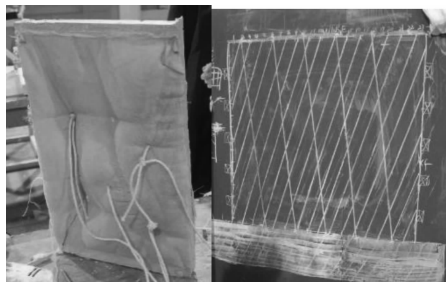
(a) 瓶盖约束 (b) 鱼线定点约束



(c) 鱼线松软约束 (d) 鱼线紧绷约束

图7 第一组初步制作缩尺模型

在总结初步设计模型并得到指导教师点评之后,学生选择改变之前使用的细绳(鱼线)厚板模型,选择制作粗绳石膏薄板模型并直接以穿孔打结的方式进行验证。在此基础上开始设计全尺混凝土模型的基本方案,如图8所示。



(a) 粗绳打结约束 (b) 全尺模型设计方案

图8 第一组初步设计模型教师点评之后的进展

在小组确定全尺模型的设计方案后,开始制作用于浇筑全尺模型的框架,并进行钢筋网的布置,最终浇筑和养护成形,如图9所示。设计方案完成后开展小组汇报答辩与教师点评,汇报主要内容包含小组方案设计的基本思路和各个阶段成果,各成员的工作内容以及整个工作过程中出现的问题及解决

方案,采取的形式为一名成员汇报,整个小组负责提问(图10)。指导教师的点评主要针对绳索使用时采取何种控制方式保证曲面协调和达到目标曲面的表面要求。



(a) 绳索约束和钢筋定位 (b) 浇筑时外部绳索约束

图9 第一组全尺模型的制作过程



(a) 现场汇报答辩 (b) 最终模型展示

图10 第一组答辩环节

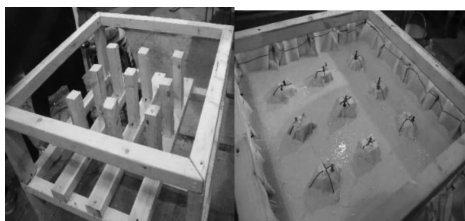
2. 作品二

(1) 设计理念。

第二组学生设计的基本思路是先进行简单模型简单约束创作,从制作模型中不断积累经验,并且在实践过程中确定全尺模型的基本方案。第二组成员经讨论,决定对剪力墙模型开孔,通过在浇筑前使用不同材料固定洞口位置,保证孔洞使剪力墙两侧具有不同的美学特征。

(2) 设计过程。

第二组学生首先进行石膏模型的简单制作来获取模型的制作经验和全尺模型灵感。最初的模型只用孤立的柱子对帆布进行约束,然后在上部浇筑石膏成形,如图11所示。

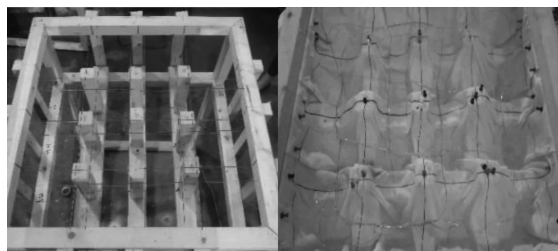


(a) 模型框架与模板约束定位 (b) 石膏浇筑

图11 第二组初始模型的制作

结果发现采用这种方式成形的石膏模型在节点

交接处很薄弱,容易发生碎裂,经过与指导教师的交流和小组成员之间的讨论,决定在帆布下方节点附近使用鱼线拉直,在帆布上侧即石膏内部设置纵横交错的钢丝网(图12)来增强石膏面板节点附近刚度。结果证明,这种想法可提高节点刚度,实现结构整体性效果(图13)。



(a) 模板下方节点处布置鱼线 (b) 石膏内部布置钢丝网

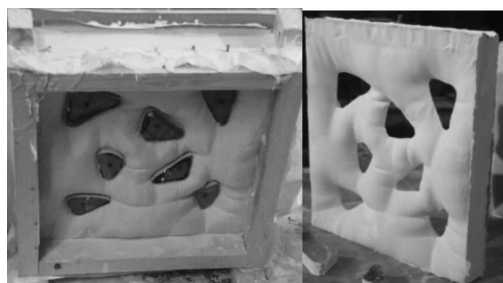
图12 在帆布上下布置约束



(a) 节点加强前的石膏模型 (b) 节点加强后的石膏模型

图13 节点加强前后的石膏模型对比

经过几次试验之后,第二组成员决定在剪力墙中设置开孔试验。首先开始薄板开孔石膏模型的缩尺试验,利用木板塑造各种形状,布置在帆布两侧,使用钉子等使两侧木板紧密结合,在浇筑过程中可以形成孔洞,如图14所示。



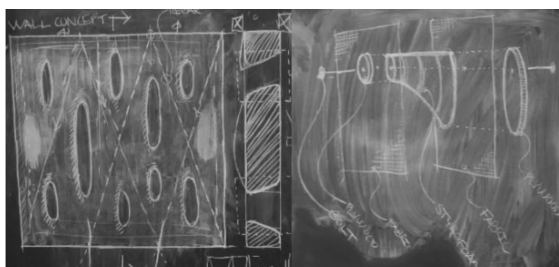
(a) 开孔模型浇筑 (b) 最终的开孔缩尺模型

图14 第二组开孔缩尺模型

在进行混凝土剪力墙的全尺模型时,如果单独使用这种两侧木板开孔的方式,不仅会使整个浇筑过程出现问题,造成浇筑不够密实,而且塑造的孔洞也不光滑,所以在指导教师提议下,选择采用塑料泡沫外包无粘性的胶带提前确定孔洞,这样在浇筑时会自动把孔洞预留出来。

在制作全尺模型时,首先讨论孔洞的位置和形状方案,采用两侧不一致的孔洞会使整个剪力墙的艺术效果提升,而且为了保证剪力墙的传力体系,需

要合理规划开洞位置。第二小组把墙体按照3个剪力撑的传力体系分成9个区域,根据区域大小布置洞口,开洞位置避开斜向的剪力撑,使剪力撑所在截面没有截面削弱,能完成体系传力。墙内钢筋布置也是根据设计的剪力撑位置布置斜向钢筋,6根斜向交叉的钢筋在墙内形成3个剪力撑形式,引导并完成体系传力,最终完成模型的设计与浇筑,如图15、图16所示。在汇报答辩环节,指导教师重点关注剪力墙结构孔洞的制作方式,以及小组初步缩尺模型设计如何过渡到后期的全尺模型设计。



(a) 孔洞尺寸设计和钢筋布置方案 (b) 孔洞成型方案设计

图15 第二组全尺模型设计方案



(a) 全尺模型浇筑 (b) 最终全尺模型

图16 第二组全尺模型成果

3. 作品三

(1) 设计理念。

第三组学生设计的基本思路是垂直曲面剪力墙,主要是基于帆布模板塑造“柔软的外观”,并且可控制曲面和自由随意曲面之间的平衡协调。第三组在塑造曲面时考虑到上部和下部的镜像对称,墙体相应地会产生不同的厚度,形成一定的建筑美学效果。

(2) 设计过程。

第三组学生首先以混凝土缩尺模型的曲面剪力墙模型作为初步设计方案(图17),考虑到石膏和混凝土流动性上的差异,在初步模型使用材料选取上,放弃石膏。



(a) 初步模型浇筑 (b) 初步模型缺陷

图17 第三组的初步模型

试验发现,初步模型的浇筑结果并不十分理想,在和指导教师交流和小组内部的讨论后,总结了混凝土浇筑过程的注意事项:由于第一次混凝土为人工拌和,并且分为8个批次浇筑,每次浇筑的混凝土存在一定差异,整个过程持续时间较长,在界面处性能并不连续,整个结构的外部约束相对薄弱,并不能完全刚性控制结构。钢筋网在曲面剪力墙的布置也存在一定问题,很容易对外部的帆布造成损伤。试验之后,小组成员不断总结,深入交流,汲取经验。

之后,第三组成员又进行曲面剪力墙的开洞尝试,在制作全尺模型之前,首先进行缩尺模型尝试。考虑到曲面模型刚度较小,洞口选择了细长的方式,主要利用木板在帆布两侧固定,使帆布间没有间隙,达到开洞目的。两侧的约束木板在浇筑混凝土时也可起到增加侧向支撑刚度的作用,为了对比,在开洞的同一直线上,采用同样的方式设置一些凹面,但是并不贯通来作对比,如图18所示。



(a) 曲面缩尺模型浇筑 (b) 曲面缩尺模型展示

图18 第三组开洞曲面缩尺模型

第三组学生在对之前试验的思考和设计优化的基础上,设计了全尺模型试验,开洞方式采用之前缩尺模型的设计思路,但是相对于最初的模型,曲面由3个改为2个,设计思路和约束框架如图19所示,并进行了浇筑养护,如图20所示。在答辩环节,该小组重点说明了曲面的制作过程和孔洞的变更过程。指导教师还针对拆除洞口模板问题提出了改进意见。



(a) 全尺模型外框架 (b) 全尺模型设计方案

图19 第三组全尺模型设计



(a) 全尺模型浇筑 (b) 最终模型展示

图20 第三组全尺模型

(五)对工作坊工作开展的建议

经过共同努力,为期半个月的柔性模板混凝土结构国际学生工作坊项目顺利结题。大家在交流实践中碰撞出的灵感使每一组成员都收获颇丰。大家在设计、实践、点评、修正、再设计的循环过程中对柔性模板建造技术有了更加深刻的认识,也锻炼了动手能力,并体验到团队协作的重要性。

针对本次工作坊的整个运作过程,有些建议可为后续类似交流活动提供参考。首先,针对新技术的应用展示十分必要,让学生对这项之前并不十分熟悉的技术有整体的印象,这并不限制学生在实践过程中的思路,是为学生提供一个更加广阔的思维平台,否则学生很容易落入俗套,被自己的固有思维限制。其次,对于创新型的工作坊,基础十分重要,集中向学生讲授基本技能,可缩短整个工作流程,有利于提高工作坊的时间利用率,得到更加丰硕的成果。最后,由简到繁、循序渐进的工作流程也十分重要,学生从前期的缩尺石膏模型中不断完善设计,产生灵感,总结问题,积累经验,最终混凝土全尺模型得以顺利完成。

二、工作坊教学模式的思考与意义

结合上述的柔性模板混凝土结构国际学生工作坊全过程,发现工作坊不仅可为理论知识提供和实践融会贯通的平台,提高了学生的动手能力,也促进了多学科领域学生相互合作,开阔学生视野。对工作坊在土木工程领域的开展有以下几点思考。

(一)跨学科文化的交流,开阔学生视野

在传统土木工程领域,由于大家的学习背景和实践环境差距不大,差异性不明显,通过交流和思维碰撞实现突破的可能性很小。但是针对多学科领域,比如土木和建筑,两者本来就密切相关,一个从结构的安全性考虑,一个从建筑美学和特色方面考虑,两者的交流造成一种思想的碰撞,有利于学生开阔视野。这次工作坊中有来自不同文化背景的师生,大家的认识存在一定差异,充满差异性的相互交流,让学生收获更多^[4]。

(二)教学实践与考核的连续统一

在工作坊中,指导教师通过学术汇报和现场演示向学生传授知识,学生通过实践融会贯通,并通过自主学习、相互学习提高自己,在实践中不断尝试连续统一多节点的考核方式。现场答辩的多方面综合考核不再局限于理论知识,从考核中总结并再次尝试,使整个知识的获取过程形成体系^[5]。

(三)合作意识和团队精神的培养

工作坊是基于项目的教学培养模式,需要学生组成团队进行设计与制作,学生需要根据自身优势自主商量分工与合作内容。比如,在剪力墙模型浇筑时,需要考虑钢筋网的布置来减弱由于开孔造成的刚度削弱,选择钢筋的连接方式来分析剪力墙模型本身和下部混凝土支座间钢筋的绑扎。丹麦的学生在制作木结构支撑框架时的动手能力明显比中方学生强,而在钢筋绑扎等技能方面中方学生更具优势。指导教师应引领发挥学生的自组织功能,这也是工作坊组织者在团队创立时应重点考虑的问题,从而打破学科年級的界限^[6]。

三、结语

通过本次工作坊的实践,包括前期的组织与计划,初期的学术汇报和演示,学生反复尝试直至最终作品完成,对工作坊这种教学模式在土木工程领域作新的探索和思考,发现这种教学模式可作为现行传统教学模式的补充,在提高学生动手能力、培养学生创新意识和团队精神等方面起到重要作用,也可促进教学实践考核的连续统一,具有推广价值。

参考文献:

- [1] 张晓瑞, 郑先友. 基于 WORKSHOP 的建筑学专业教学模式探讨[J]. 高等建筑教育, 2009, 18(3): 137-139.
- [2] 林书兵. 基于工作坊的实践教学模式的应用与探析[J]. 现代教育论丛, 2014(3): 67-71.

- [3] 石坚韧, 雷雅昕. 基于大型设计竞赛机制及城市设计项目实践的 BIM 教学工作坊建设[J]. 高等建筑教育, 2015 (4): 151 - 155.
- [4] 龚龙煜. 基于设计类跨专业合作模式的 workshop 教学初探[J]. 设计, 2015 (11): 103 - 104.
- [5] 李彩丽. 高等学校艺术设计专业校际联合实践教学模式思考——以 2013 年上海艺术设计展清华大学与米兰新美术学院 workshop 为例[J]. 黑龙江工程学院学报, 2015 (6): 68 - 71.
- [6] 刘禹, 王来福. 基于工作坊的高等教育实践教学体系的研究[J]. 东北财经大学学报, 2009 (1): 93 - 96.

The practice and reflection of the fabric-formed concrete workshop

CAI Jianguo^{a,b}, WU Gang^{a,b}, ZHANG Qian^b, FENG Jian^{a,b}

(a. Key Laboratory of Concrete and Prestressed Concrete Structures of Ministry of Education;

b. School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, P. R. China)

Abstract: This paper illustrated in detail each step of the entire workshop named “Fabric-Formed Concrete Workshop” conducted in Southeast University, including design and fabrication of the scale plaster model and full scale concrete model. In addition, the advantages of the new teaching mode of workshop on broadening students’ horizons, developing team spirit and promoting the continuous unity of teaching, practice and assessment, were analyzed. Besides, the paper made some suggestions on carrying out similar subsequent activities.

Keywords: workshop; teaching mode; fabric-formed concrete

(编辑 周沫)