

土木工程实践型人才培养路径探索 ——以结构设计竞赛为例

余自若, 江 辉, 安明喆

(北京交通大学 土木工程学院, 北京 100044)

摘要:通过组织学生参加结构设计竞赛,可有效地培养他们的实践能力和创新能力。文章从完成竞赛所必须的结构选型、计算分析、模型制作三大环节出发,在每一阶段有针对性地教学,分别有意识地培养学生的概念设计能力、数值计算能力和动手能力,以及通过组织校内竞赛和开设创新实验课程两种教学组织形式,培养学生的动手能力和综合运用专业知识的能力。实践表明,这些措施的实施有利于培养土木工程专业学生的实践能力。

关键词:结构设计竞赛;创新实验;教学改革;实践教学

中图分类号:G961;TU4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2011)06-0110-04

“全国大学生结构设计竞赛”是由教育部高教司、中国土木工程学会教育委员会主办的全国性赛事,旨在通过竞赛提高土木工程领域学生的实践能力,培养其创新意识,训练其发现问题、分析问题和解决问题的科学思维方法,锻炼其动手能力,加强团队意识,全面提高土木工程专业学生的综合素质。在此大环境下,许多高校组织了校内或校际结构设计竞赛,北京交通大学也连续几年开展了校内赛,并有针对性地组织了集中教学培训,通过这些教学实践活动,激发了学生的求知欲望,锻炼了动手能力,培养了竞争意识,取得了良好的效果。

结构设计竞赛选题与实际工程紧密结合,历年赛题所涉及的项目包括桥梁、多高层建筑、屋盖、塔架等模型设计与制作。制作模型的材料主要有木材、纸张、丝线等。竞赛环节包括方案设计、结构计算、模型制作、现场答辩、加载试验^[1],要求学生提交合理的计算书、详尽的设计方案、全面的施工图以及相应的结构模型^[2]。参与竞赛是对学生综合素质的一次全面检验,组织学生参加竞赛,并借助竞赛进行相应的实践教学,对开阔学生视野,提高其创新能力、综合能力和实践能力有着极大的意义。结构模型的设计制作流程包括结构选型、计算分析、模型制作三大环节,每个环节都需要综合运用多门主干课的知识。文章重点说明在每一环节中如何进行教学组织,有针对性地培养学生的实践能力。

一、在结构选型中培养学生的概念设计能力

结构设计竞赛要求参赛者具备一定的材料、力学、结构原理知识以完成最优

收稿日期:2011-07-09

基金项目:北京交通大学教改项目“土木工程创新性试验与结构设计竞赛一体化建设研究(TJ2010-19)”

作者简介:余自若(1980-),女,北京交通大学土木工程学院讲师,主要从事土木工程研究,(E-mail) zryu

@bjtu.edu.cn。

化的结构设计。由于赛题的不同,对结构类型的限制也有所不同,有的赛题已对结构类型做出限定,明确了要设计的结构是高层建筑、桥梁结构,还是屋架;而有的则只给出荷载状况和尺寸要求^[3],这就需要学生对各种类型结构体系的力学特性有所了解,合理选型。结构体系的选择可以考察学生对不同结构体系的力学特性的认识,这也是结构模型竞赛中最能体现知识运用和创新能力的环节。

在结构设计的第一步,选择一个受力明确、传力合理的结构体系至关重要。笔者在近几年的教学实践中发现,虽然学生已经学习过大部分与结构设计相关的课程,但在进行结构选型时依然概念不清,设计严重不合理,甚至成绩很好的学生在实践环节也表现平平,这说明学生缺乏结构概念设计意识。所以在课堂教学之外,应该通过实践培养帮助学生从总体上认识结构原理与结构设计,形成结构的概念体系,使他们面对复杂结构体系时,能通过分析理出一个清晰简明的结构构架模型,使结构设计过程变得脉络清晰。

针对这一问题,笔者在结构选型之前专门进行课堂教学。首先,为学生梳理包括材料力学、结构力学、混凝土结构设计原理、钢结构、结构动力学等在内的一系列课程,从结构的整体性出发,通过对整体结构基本概念和设计原理的分析,解剖结构的荷载路径和结构构架间的相互关系,建立整体结构类型、基本受力分体系、基本受力构件三者之间的联系^[4],着重从统一性上来认识结构设计的基本原理。其次,对历年赛题(包括全国竞赛和校内竞赛)进行分析讲解,向学生展示各种作品照片,组织讨论,要求学生利用所学知识分析各结构体系的合理性。第三,回放以往的结构模型加载视频,观看结构受力破坏的过程,由学生自己总结影响结构承载力和刚度的关键因素,并学会发现问题、解决问题。通过这一环节的教学,可以加深学生对土木工程各专业课的理解,提高他们对混凝土结构、钢结构、高层建筑结构、抗震结构的设计水平^[5]。

二、在结构分析中培养学生的数值计算能力

近年来的结构竞赛赛题的主要特征为:结构跨度大,结构体系质量轻,以地震、移动荷载、风荷载等动力作用为主。为了保证结构在加载时有稳定良好

的表现,参赛者需要在对选择的结构体系进行初步受力分析之后,再针对比赛要求进行精细设计。设计过程是一个对结构不断优化过程,要得到最优的结构,必须进行多次反复试算、不断更改截面或构件,直至设计出较为合理的形式,计算工作相当复杂。因此在模型的设计过程中,需要采用合适的有限元分析软件来进行内力分析及截面的校核工作^[6]。由于这一不可避免的问题,学生为了选定良好的设计方案,提高工作效率,基本都自学了一到两种数值分析软件,同时在自学过程中查阅了大量的资料,主动获得了类似于“研究型教学”的锻炼。这种数值计算能力的训练,无论是对他们今后工作还是继续深造都是大有裨益的,也真正实现了“重实践、强应用”这一土木工程专业培养目标。

三、在模型制作中培养学生的动手能力

(一)材料和构件的力学性能试验

材料或构件的力学性能对结构的承载表现至关重要,而结构模型竞赛所用材料又是非常规的土木工程材料,其材性不能从统一规程中获知。可让学生自己设计方案,测定所用材料、所用构件的物理力学性能。图1和图2为学生自行设计的白卡纸空心构件抗压强度力学试验。学生通过设计试验、操作试验机、采集数据、处理数据,能很好地锻炼动手能力,并深化对材料和结构试验的认识。

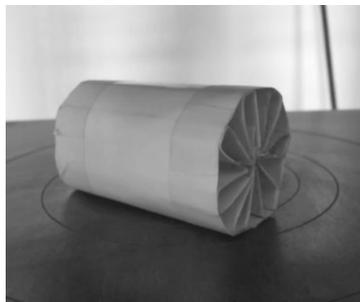


图1 试件照片

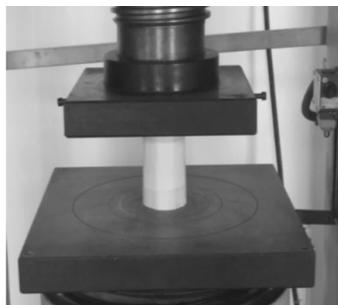


图2 试验机加载图

(二) 模型制作

制作结构模型相当于结构的施工过程,这是比赛中相当重要的一个环节。理论分析只是对模型进行辅助校核和优化,进行理想状态下的结构受力分析;而要完成一个能与数值计算结果吻合、无施工缺陷的模型,则需要全面考虑模型构件的精工细作、节点的处理、基础的加固等多方面因素,通过这些方面的训练,可以加深学生在土木工程施工、基础工程等方面的理解。

不管所用材料是纸张、木材还是其他,杆件都是所设计结构的主要组成部分,为了减轻结构重量,在设计中大多选用薄壁杆件。在设计中,可根据构件所受拉、压、弯、剪的不同情况,有针对性地选择截面形式。这就要求学生从基础知识出发,充分发挥想象力。常用的轻质杆件截面形式有T型、方箱型、H型,甚至空心梯形,这些截面从不同的受力特点出发,合理地进行了材料分配。通过对截面的合理选择,能增强学生的力学概念。此外,模型的制作必须要有极大的耐心,模型中的每一部件都要根据标准化图纸进行制作,每一尺寸都要保证精确。

除了杆件的失效,节点的制作质量也是模型成败的关键,这是因为节点处往往应力集中明显,受力复杂,特别是以受拉为主的节点,容易发生脱黏或撕裂现象。经验表明,许多模型在加载时的失效都是因节点破坏引起的。因此在节点制作时应该多加考虑,如受拉节点制作时可考虑反向缠绕薄木片或纸带,变拉为压。另外,杆件间的连接也可以参考钢结构中的相关构造,例如,铰节点可以通过搭接并施加一定预压力,使之能有效传递力的作用,而刚性节点则需要模拟各方向约束位移的效应,使之还能有效传递弯矩^[3]。对于木结构,节点处采用楔入连接而不使用胶水,也是保证节点可靠性的有效方法。

通过动手制作模型,学生在一次次的失败和改进过程中,既能得到专业地锻炼,同时也能提高解决问题的能力。在这一过程中,学生往往还能设计出许多巧妙新颖的构件形式或连接形式,对于创新能力的培养也大有帮助。

四、教学组织形式

(一) 组织校内竞赛

组织校内结构设计竞赛,作为校园科技活动,将

结构方案设计、结构计算、模型制作、加载试验等内容组织成为具有竞赛性质的活动。这种组织形式不仅要实现一般课程教学要求学生能够达到的理解、应用的基础目的,而且还提出了含有某种具体目标的优化指标,激励学生在理解和应用的过程中,加入积极的创造性探索^[7];开展竞赛,不仅要有指导、学习、实践的环境,而且要把评比、分析纳入教学过程之中。

(二) 开设创新实验课程

要培养大多数土木工程专业本科生的创新能力和实践能力,光靠组织竞赛,其深度和广度都不足,还应该组织相应的创新实验课程。北京交通大学有固定的大学生创新实验课程,选题内容、操作环节同竞赛接近,但相对于竞赛来说,在此教学过程中,教师对学生的实践能力辅导更多、更具体,接受相应培训的学生面更广。该课程已开设多年,一直以来受到学生的欢迎,取得了良好的教学效果。图3为创新实验课程中学生制作的模型。

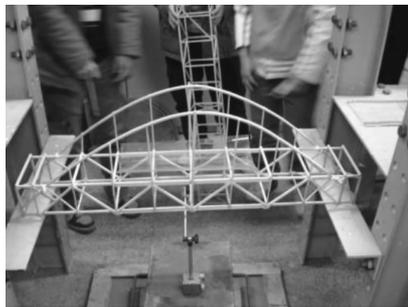


图3 创新实验课程中学生制作的模型

此外,学校还应加强开放性实验室的建设,为学生创造自由的实验环境,将平时教学用开放实验室与赛前培训相结合,有计划、有目的、有指导、有组织地开放实验室^[2]。教学或竞赛结束后,可将学生的训练成果与指导教师的评价作为取得学分的依据,并对优秀作品进行展览,以此激发学生的参与热情。

五、结语

学科竞赛因其独特的趣味性和竞争性,能培养学生综合运用专业知识、主动动手解决问题的能力。通过参与竞赛,以及在竞赛各个环节中指导教师有意识地培训,学生的实践和创新能力、竞赛意识、心理素质都得到了锻炼和提高,这是“大土木、宽口径”模式下应用型人才培养的一个重要环节。

- 参考文献:
- [1]傅军.大学生结构设计竞赛活动的调查研究[J].中国电力教育,2009(12):124-126.
- [2]苗吉,徐雷,刘春燕,等.构建实践性设计竞赛平台,培养创新型人才[J].高等建筑教育,2007,16(3):142-145.
- [3]程涛.结构模型竞赛与土木工程应用型人才的培养[J].实验技术与管理,2010,27(5):133-136.
- [4]杨俊杰,崔钦淑.结构原理与结构概念设计[M].北京:中国水利水电出版社,2006.
- [5]白文辉,梁超锋,孙斌祥,等.基于应用型人才培养的土木工程专业实验教学改革思考[J].高等建筑教育,2009,18(6):25-27.
- [6]李奇霏,徐梁晋.关于桥梁结构模型设计[J].企业技术开发,2009,28(10):32-33.
- [7]陈以一,周克荣,顾蕙若,等.工科学生实践性设计竞赛活动的组织方式[J].高等建筑教育,2001,39(2):42-44.

Practical talents training through structural design competition in civil engineering specialty

YU Zi-ruo, JIANG Hui, AN Ming-zhe

(School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, P. R. China)

Abstract: The undergraduates' practical ability and creative ability could be trained with structural design competition. There are three main teaching links which involved structure selection, calculation and model making in the competition organization. In this paper, corresponding teaching measures are put forward to cultivate the students' ability including conceptual design, numerical calculation and operation. Organizing intramural competition and opening innovative course are two kinds of effective teaching organization. Through these methods, the students' practice ability and application ability using professional knowledge comprehensively can be improved. The prospective targets are achieved.

Keywords: structural design competition; innovative experiment; teaching reform; practical teaching

(编辑 詹燕平)