

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2014.02.027

结构模型竞赛在土木工程专业大学生创新能力培养中的作用

陈俊岭, 黄 皇

(同济大学 建筑工程系, 上海 200092)

摘要:土木工程专业结构模型设计大赛已成为培养大学生创新能力、实践能力和竞争意识的一个新兴实践教学环节。文章从结构模型竞赛中材料选用和设计原则的角度出发,分析了结构模型竞赛在培养学生创新能力、计算能力和综合素质等方面发挥的作用,探讨模型制作应注意的问题以及与实际工程的关系,对未来结构模型竞赛发展方向提出建议。

关键词:结构竞赛;竞赛模型;能力培养;土木工程

中图分类号:G642.0;TV3-4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2014)02-0103-05

结构模型设计竞赛是培养土木工程专业大学生创新意识、创新能力和动手实践能力的一项重大科技竞赛活动,对土木工程专业卓越工程师的培养发挥着重要作用。2000年,同济大学率先开展第一届大学生结构模型与设计竞赛,在校内外引起很大反响。随后国内高校纷纷效仿举办结构设计竞赛,华东地区、浙江省、中南地区、河南省、湖南省等省级比赛陆续展开。2005年,由教育部高等教育司和中国土木工程学会教育工作委员会主办,浙江大学承办的第一届全国大学生结构设计竞赛,共有26所高校、49支队伍参赛,至2012年重庆大学承办第六届全国大学生结构设计竞赛时已发展为85所高校、86支队伍参赛。通过不同级别的结构模型竞赛活动,使学生的专业基础知识更扎实,计算分析能力、创新能力、实践能力、团队合作精神、沟通能力和综合素质等得到有效提高,也推动和加强了高校学生间的相互交流与合作。

一、模型竞赛与实际工程的关联

结构模型设计与实际工程设计有着紧密的联系,其设计过程与实际结构设计过程大同小异。结构模型设计过程需要结构工程学科的基本理论知识和专业知识,是了解学生是否掌握力学基本原理与分析方法、工程材料的基本性能和适用条件、结构构件的力学性能和计算原理等的最直接检验^[1-5],可为学生今后从事结构工程设计、施工、管理以及研究开发等实践性工作打下基础。但是由于结构模型在几何外形上远远小于实际结构,因此二者在材料选用、材料性能、设计原则、制作加工工艺等方面存在很大的差别。

收稿日期:2013-10-14

作者简介:陈俊岭(1974-),女,同济大学土木工程学院建筑工程系副教授,博士,主要从事钢结构和高耸结构研究,(E-mail)chenjl@tongji.edu.cn。

(一) 材料选用

目前,实际工程常用的结构材料有混凝土、钢材、砌体等。研究人员对材料的力学性能已经进行了大量的研究,相关的设计参数可以按设计规范采用。美国土木工程师协会土木工程竞赛中的混凝土轻舟和钢桥项目,所用材料为轻质混凝土和钢材,模型的设计、加工和制作与实际工程更为接近。但这种模型制作的成本较高,很难在高校中普及。国内举办的各种级别的结构竞赛活动,一般模型尺寸很小,钢材、混凝土、砌体等常见建筑材料并不适用,多以便于手工制作的木片、竹片、有机玻璃、PVC材料、硬卡纸或铝材等作为模型制作材料,杆件之间采用胶水或白胶作为粘结剂。这类材料的材性受生产厂家、外界环境、制作工艺等多种因素影响而差异性较大。

(二) 设计原则

目前,实际工程结构设计采用分项系数表达的以概率理论为基础的极限状态设计方法,进行结构设计时应根据使用过程中结构可能同时出现的荷载,按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行最不利荷载组合,并进行结构设计。为保证结构的可靠度,通过在设计表达式中采用作用分项系数和抗力分项系数来实现。同时,优秀的结构设计应该对局部缺陷不敏感,不会因局部构件破坏影响结构的整体稳定性,因此,结构应有一定的安全储备。建筑设计和结构设计是设计过程中最重要的两个环节,建筑设计决定了建筑物的外形、布局和使用功能,在整个设计过程中占主导地位,因此,实际工程中更注重建筑方案的美观、新颖和标新立异,这往往使得结构工程师不能选择最为经济合理的结构体系。

结构模型设计竞赛则重在考查结构体系的经济合理性。在各种级别的结构模型竞赛中,模型质量和刚度在评分中占有很大比重,模型的外观评分一般不超过10%。因此在竞赛中脱颖而出的模型一般结构布置简单、传力路径明确、质量较轻、刚度相对较高、力学性能发挥到极致,而造型复杂、外形新颖、注重美观的模型往往难以取得较好的成绩。同时,参与结构模型设计竞赛的作品和实际结构在设计理念上有很大差异,结构模型设计集专业知识、专业技能和竞技精神为一体,模型作品在满足参赛要求的前提下,以取得尽可能好的综合评定成绩为目标。

模型质量最轻的,可能刚度较小;模型刚度大的,静载性能良好,但在动载作用下表现未必良好。因此,相对于实际结构设计,结构模型设计竞赛在结构专业知识和实践能力上需要考虑的内容更多,但是结构布置受建筑使用功能影响较小。

二、模型竞赛对学生综合素质的提高

(一) 创新能力

土木工程专业大学生的创新能力是指运用专业理论知识,在土木工程领域中不断提供具有经济价值、社会价值、生态价值的新思想、新理论、新方法和新发明的能力。“创新”可以是创造前所未有的结构形式,也可以是在模仿和仿造的同时在结构局部体现新的发展和突破。结构模型设计竞赛为学生提供了一个展示自己结构设计能力的平台,依托此类竞赛,学生可以运用专业知识和理论大胆尝试新颖的结构形式。在结构模型的选型、计算分析、计算书的编制、模型制作和最终加载的各个环节,参赛学生需明确分工又要通力协作,能有效提高学生的计算分析能力、动手实践能力、团队合作能力和逆境处理能力。

图1为第九届华东地区高校结构设计邀请赛作品,此两个作品都取得了不错的成绩。赛题规定了模型的最大横截面尺寸和模型高度,要求设计一双悬臂结构,在竖向静力加载和水平静力加载下模型刚度满足要求,侧向摆动加载作用下主体结构不倒塌。从设计要求来看,此结构模型的受力状态和现实生活中的塔吊的受力状态类似。因此参赛的大部分作品在外形上均如图1作品A所示塔吊外形,塔身外形为自上而下边长相等的四边形,虽然模型顶部的悬臂加载端斜向拉杆稍显赘余,但是总体而言这种结构布置合理,且在加载过程中也有不俗的表现。但图1作品B在设计理念上完全不同于作品A,给人以视觉的冲击。乍一看,给人感觉可能不尽合理,塔身横截面随塔高扭转,外形奇特,异于常规。但仔细一看,其中结构的传力途径又暗藏奥妙,虽然不同高度塔身横杆处扭转,但通过8根斜塔柱的巧妙转换,到塔底又变为常规的四边形,结构的竖向刚度并未被削弱。由此可见,即使根据结构模型的受力特性可在实际生活中找到结构原型,但参赛学生的奇思妙想和设计创意给大家的感觉仍然是耳目一新。

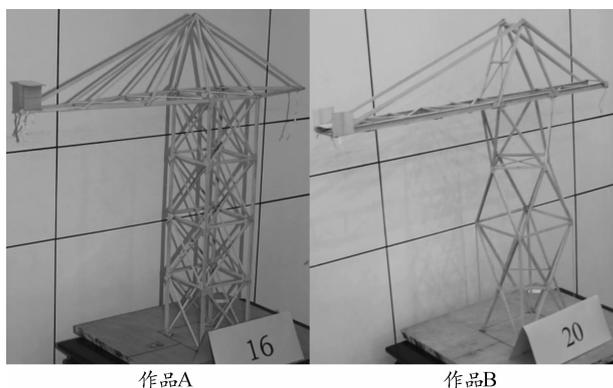


图1 第九届华东地区高校结构设计邀请赛作品

在各种级别的结构模型竞赛中,为公平起见,主办方均提供统一的模型制作工具。对于以竹材、木材和白卡纸为模型材料的比赛,一般主办方会提供美工刀、钢尺和胶水等必备品,但可能不提供锉刀和剪刀等便于模型制作的辅助工具,且不允许自带工具。但是学生的思维能力和创造能力在结构竞赛中常有无极限发挥。如在马来西亚举行的第七届亚洲地区校际土木工程邀请赛中,因主办方不提供锉刀和镊子,模型制作的精度及效率受到限制,同济大学参赛队的几名同学别出心裁地采用1mm厚的木片层层粘成木棒,自制了图2所示的镊子和木锉,为结构模型的顺利制作创造了条件。

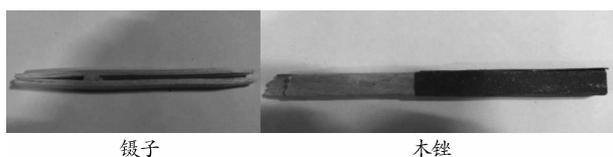


图2 自制工具

(二) 计算能力

一个优秀的结构模型作品,不仅应满足竞赛规定的外形尺寸,具有协调、合理的结构布置,还应在静力和动力加载环节具有足够的承载力和较好的刚度。虽然结构模型的刚度与制作质量的关系很大,同样的构件截面因构件制作和节点处理的不同刚度会有很大的差异,但是通过计算分析可以掌握结构体系的传力路径、内力分布和杆件受力特性。充分利用拉杆的抗拉性能对减小模型重量有很大帮助,而判断构件的拉压性质需通过对各加载工况进行充分的受力分析方能判别,这就需要学生掌握一种常用的结构设计软件或有限元分析软件,如sap2000、3d3s和ANSYS等。因此,参赛学生在拿到赛题后,需要根据所需专业知识进行结构方案的比选,通过

计算分析确定较为合理的结构形式,进而通过精细作来实现模型所预期的力学性能。历届结构模型竞赛的结果表明,取得优异成绩的参赛学生均对结构体系的受力特性有充分的了解,在结构选型、荷载计算、内力分析和承载能力估算过程中,学生的计算分析能力得到不断的提升。

(三) 综合能力

结构模型竞赛的目的在于鼓励学生将理论与实践相结合。通过对专业知识的灵活运用和同组成员的努力,锻炼学生的动手实践能力、团队合作精神和创新能力。结构模型竞赛一般要求学生组成几人大小组参赛。由于在结构方案、计算分析、计算书整理以及模型制作过程中有大量的工作要做,模型制作一般均在比赛现场完成。这就要求小组学生具有团队合作精神,成员之间分工明确、配合默契、充分发挥各自的长处,方能在竞赛中取得优异的成绩。比如小组成员或擅长手工制作,或力学知识扎实,或善于计算分析,对于需要进行方案陈述的竞赛,还应有较好的口头表达能力。同时,在编写计算书、绘制结构图和利用多媒体介绍的过程中,会用到3ds Max, Autocad, Excel和Powerpoint等软件,无形中学生在竞赛中主动掌握很多软件的使用,甚至有些知识已超出了对本科生能力的要求。但也正是这种竞赛活动,促使学生有兴趣、有目的、有动力地学习各方面的知识,综合能力得到极大提高。

此外,结构模型竞赛的参赛对象是在校大学本科生,由于学校的学业压力很重,参赛学生只能利用业余时间备赛,因此备赛的过程非常辛苦,需要付出比其他学生更多的努力和汗水。为取得优异成绩,参赛学生需要制作多个模型进行试加载,而加载成功与否对学生心智的磨练是其他教学活动无法替代的。进一步而言,即使加载成功,但由于结构竞赛是一个追求无极限的过程,在正式比赛之前,学生一直处于追求相对更轻的模型重量、相对更高的模型承载力和相对更好的模型刚度的过程。在这个过程中,学生花费几天时间做出来的模型也许在加载的几秒内就毁于一旦,有的学生可能因无法忍受挫折而中途放弃,也有的学生愈挫愈勇,在失败中找到结构薄弱点后进一步改进,不仅巩固了自己的专业知识,同时也提升了自己克服困难的决心、能力和毅力,这种耐得住辛苦的坚毅品格正是土木工程专业

人才所需要的素质。

三、模型竞赛中应注意的问题

(一) 材性测试的必要性

结构模型竞赛中常用模型材料为木材、竹片、白卡纸等,不同的生产厂家或产地对这些材料的材性影响很大。木材和竹材是实际工程中也会用到的建筑材料,由于材料的强度及其相关的力学参数受试件尺寸的影响(尺寸效应),虽然相关的设计规范中有对材料的强度、弹性模量等基本力学参数的规定,但是材料在结构模型中所表现出来的力学性能和在实际工程中有很大的差异,因此,不能直接拿来应用。为了得到较为准确的模型材料性质,掌握相对准确的构件承载性能,对模型材料进行简单的力学性能试验是必要的。

(二) 重视结构计算

结构模型竞赛的参赛对象是全日制大学本科生,由于高年级学生有考研、出国和就业等压力,因此一般低年级的学生参与较多。但是低年级学生尚未接受专业课教育,缺乏结构设计的相关概念,在专业知识和计算能力方面较欠缺,因此,他们更重视模型制作而忽视计算分析。尤其在一些大学的校内结构赛中,由于大家在计算方面的缺失,学生之间相互模仿、抄袭,最后可能出现大批外形几乎完全相同的结构模型,对此,应给予高度重视。

(三) 制作工艺的影响

由于结构模型几何尺寸很小,模型的制作质量主要取决于构件的制作质量和连接节点的可靠性。一般而言,结构布置越简洁,传力途径越直接,节点和所用粘结剂越少,构件破坏的可能性越小,这也得到参赛学生的普遍认可。参赛学生在备赛过程中需要制作多个模型进行试加载,很多时候构件截面完全相同的模型,大家按照同样的方法制作模型,但在加载阶段模型的表现不尽相同,甚至可能会出现前面加载全部满足要求的模型再重新制作之后加载失败的情况,这主要取决于模型的制作质量。

此外,模型材料厚度、密度和力学性能等的离散型对模型质量也有很大影响,这就需要参赛学生在模型制作之前进行选材。有条件的情况下可采用电子秤对原材料进行称重,挑选质地相对较好的木片或竹片。模型制作完毕后,构件表面上残存的胶水、木屑等对构件力学性能无益但会增加模型质量,对

模型表面进行打磨既可清除表面的残留物,又可提高外表面的观感质量。

(四) 指导教师的作用

为培养大学生的结构设计概念和计算分析能力,一般校际、省级、全国甚至国际结构模型竞赛都允许指导教师对本校的参赛队进行专业指导。由于很多学校对在结构模型竞赛中是否获奖非常在意,因此给参赛学生和教师很大压力。在有些赛事中指导教师亲自上阵帮助学生进行结构布置、计算分析和结构设计,学生只是执行指导教师的设计方案。指导教师的参与度太高会影响竞赛的公平性,因此,建议在今后的结构竞赛中弱化甚至取消指导教师,以使学生在同样的环境下靠自己的能力完成比赛。指导教师的作用应该体现在赛前对学生设计概念和计算能力的培养,而非体现在应对具体的竞赛中。

(五) 评分规则

各类结构模型竞赛对模型外观、制作质量、计算书编写、模型在静载下的刚度和动载下的抗倒塌能力的评估在总评中都占有一定权重,这就决定了结构模型竞赛具有一定的竞技性。为在竞赛中取得优异的成绩,参赛学生不仅需要在模型设计和制作上下工夫,同时还要研究评分规则中各要素的影响权重。比如增大模型的质量以换取模型的刚度、放弃追求唯美的外形以换取较为合理的结构形式等,目的是为了获得更高的总评成绩。实际上竞赛中的评分规则反映了实际工程项目的全过程,如在方案比选阶段,建筑物的外形是决定性因素;在进入施工图设计阶段后,成本控制和安全性(对应结构赛中的模型质量、刚度)处于控制性的位置;从整个建设过程来看,各种技术资料是建筑物各种性能的重要档案(对应模型竞赛中的计算文件编写),对建筑物的正常使用和日后维护起着决定性作用。由此可见,学生参与结构模型竞赛的过程相当于实际工程项目各阶段的再现,因此制作结构模型的过程对锻炼和培养学生的结构概念、动手能力和计算能力等各方面都有很大的帮助。

四、结论

文章通过分析结构模型设计竞赛和实际工程的关联,从材料选用和设计原则的角度出发,阐述结构模型设计和实际工程设计的差异,分析了结构模型竞赛在培养大学生创新能力、计算能力和综合素质

等方面发挥的作用,提出了大学生在结构模型竞赛过程中应对模型材料进行测试、注重模型的受力分析、提高模型的手工制作质量,建议在今后的结构设计竞赛中逐渐弱化指导教师的作用,指出竞赛评分规则与实际工程各阶段的相互关系,以及对大学生各方面能力培养的作用。

参考文献:

[1] 金凌志,曹霞,李豫华.土木工程专业应用型人才培养探

讨[J].高等建筑教育,2008,17(2):16-18.

[2] 庞永师,林昭雄,陈德豪.应用型人才创新能力培养模式探索[J].高等工程教育研究,2008(2):145-148.

[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):133-139.

[4] 吴勇明.大学生结构模型设计竞赛若干问题的探讨[J].建筑技术开发,2007,34(5):22-24.

[5] 袁剑波,郑健龙.普通本科院校应用型人才创新能力培养研究[J].高等工程教育研究,2008(2):137-140.

Effect of structure model design competition on innovation ability training of civil engineering undergraduates

CHEN Junling, HUANG huang

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

Abstract: The structure model design competition has become a new process of practical teaching in civil engineering. The material selection and design principles in structure model design competition were introduced, the function of model competition for training undergraduates' innovation ability, computing ability and comprehensive quality was analyzed, some key problems in model making and its relationship with practical engineering were discussed, and some suggestions were proposed to promote the development of structure model design competition.

Keywords: structural competition; model design competition; ability cultivation; civil engineering

(编辑 王 宣)