

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2016.03.037

# MIDAS 在大学生结构设计竞赛中的应用

黄海林, 李永贵, 祝明桥, 吕伟荣

(湖南科技大学 土木工程学院, 湖南 湘潭 411201)

**摘要:**大学生结构设计竞赛是培养土木工程专业学生创造精神、动手能力和团队协作意识的重要平台。文章提出概念设计、优化分析、模型制作是结构设计竞赛的三个重要方面,对比分析了目前国内常用结构分析软件的特点,提出 MIDAS 是指导大学生进行结构模型优化分析的一个很好工具。以湖南省大学生第四届结构竞赛为背景,总结了 MIDAS 建模分析基本流程及其关键点,供模型比选、结构优化设计参考。

**关键词:**土木工程;结构设计竞赛;MIDAS;结构优化

中图分类号:G642.4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2016)03-0156-04

土木工程专业是实践性很强的学科。改革开放以来,随着我国大规模基本建设的开展,对土木工程专业人才的需求迅速增长,开办土木工程专业的高校已由最初的“建筑老八校”增加到迄今为止的 362 所学校,土木工程专业的师生人数在各个高校的工科专业中也达到了最多<sup>[1]</sup>。土木工程学科的规模建设满足了我国对工程技术人才的需求,但在土木工程专业人才的培养过程中也暴露出诸多问题,如缺少创造性,动手实践能力差,团队协作意识欠缺。造成这些缺陷的原因是多方面的,但教育培养模式首先值得反思<sup>[2]</sup>。土木工程专业的学生是作为未来工程师来培养的,要使其能成为一名优秀的工程师,社会责任和人文情怀的培养固然重要,但最重要的素质应该是创造精神、动手能力和团队协作意识。为了培养这些素质,仅靠高校常规的教学环节是不够的,组织开展大学生结构设计竞赛是一个很好的补充培养平台<sup>[3-4]</sup>。

## 一、湖南省大学生结构设计竞赛

湖南省大学生结构设计竞赛是在原省建设厅主办的土木建筑类大学生结构模型创作竞赛基础上发展而来的,现由湖南省教育厅、湖南省住房和城乡建设厅联合主办,由湖南省建设人力资源协会和湖南省高校轮流承办,是湖南省教育厅重点支持的学科竞赛之一。从 2012 年到 2015 年,湖南省大学生结构设计竞赛已成功举办了四届,其宗旨是:通过专业知识的综合运用,多方面培养大学生的创新意识、创新设计能力、动手实践能力和综合素质,加强高校间的交流与合作,并推荐每届的第 1 名参加全国大学生结构设计竞赛。从已举办的四届

收稿日期:2015-12-25

基金项目:国家教育部人才培养模式创新试验区项目

作者简介:黄海林(1984-),男,湖南科技大学土木工程学院讲师,博士,主要从事组合结构及新材料应用研究,(E-mail)hhlvsygenius@163.com。

来看,规模是越来越大,特别是通过网络媒体的宣传展示,其影响力在湖南省各个高校土木工程学子中更加深入人心。各届竞赛概况见表 1。高规格、高层次的结构设计竞赛为培养国家创新型人才起到了推

动和促进作用。对于参赛者来说,结构竞赛是一项高难度的创造性工作,无论获奖与否,学子们都能从挑战中领悟到结构设计和团队协作的真谛,受益终生。

表 1 历届湖南省大学生结构设计竞赛概况

届次	举办时间	举办地点	竞赛题目	参赛学校	参赛队伍	设立奖项名称		
						一等奖	二等奖	三等奖
第一届	2012.12	中南林业科技大学	大跨度空间竹质结构模型设计	14 所高校和 7 个独立学院	49	4	6	9
第二届	2013.12	湖南城市学院	单跨空间木质结构模型设计	16 所高校和 7 个独立学院	55	4	7	11
第三届	2014.11	南华大学	承受颗粒冲击纸质结构模型设计	18 所高校和 10 个独立学院	64	5	8	12
第四届	2015.11	湖南工业大学	多层竹质房屋结构模型设计	18 所高校和 9 个独立学院	63	5	8	12

## 二、结构分析软件

结构设计竞赛中有三个方面的工作非常关键:概念设计、优化分析、模型制作。这三个方面相互联系,各有侧重。从概念设计出发,结构优化分析宜采用简化的手算为主,但由于竞赛的残酷性,决定比赛名次的结构重量或位移往往以克或毫米来计算,这就使参赛者不得不借助高层次的有限元结构分析软件对结构模型进行优化分析。目前我国国内常用的结构分析软件有 ANSYS、SAP2000、MIDAS 等。从土木工程的发展趋势来看,结构规模越庞大,所面临的结构设计问题越复杂,计算机辅助分析在工程结构中的应用越成熟、普遍。土木工程的学生除了要掌握常用的设计软件(如 PKPM、盈建科),深入学习几种有限元分析软件,将对今后从事工程设计和研究工作大有裨益。

上文提到的 ANSYS、SAP2000、MIDAS 这三种软件都由前、后处理模块以及分析计算模块组成,核心部分均为分析计算模块。ANSYS 软件由美国 ANSYS 公司研制,可求解结构、流体、电场、磁场、声场、碰撞问题,功能强大,单元库丰富,应用面非常广泛,但并非专门针对结构专业,初学者不易掌握,用其来做结构竞赛的优化分析显得大材小用<sup>[5]</sup>。SAP2000 程序是由 Edwards Wilson 创始的 SAP 系列程序发展而来的,主要适用于模型比较复杂的土木工程结构,如桥梁、建筑、大坝、海洋平台、发电站、输电塔等,是被广泛使用的结构分析软件之一<sup>[6]</sup>。SAP2000 图形界面的各种功能菜单并不直接显示,有些功能菜单隐藏较深,需要一定的使用经验才能灵活应用,所以本科生上手也会慢一些。MIDAS Family Program 由韩国

开发,中文版由北京迈达斯技术有限公司开发,其软件包中的 MIDAS/CIVIL、MIDAS/Gen 是主打软件,界面比较人性化,相对容易上手<sup>[7]</sup>。其中 MIDAS/CIVIL 是土木工程结构专用分析与优化设计系统,除其他荷载选项外还有移动荷载选型,特别适合于桥梁结构的分析。MIDAS/Gen 是通用结构分析与优化设计系统,适合于一般性的空间结构分析,简单易学。MIDAS/CIVIL 和 MIDAS/Gen 的单元类型基本相同,操作思路也基本相同。对比分析目前国内常用结构分析软件的特点,MIDAS 是指导大学生进行结构模型优化分析的一个很好工具。

## 三、MIDAS 建模分析基本流程及关键点

采用软件进行比赛模型的结构分析,最大的优势就是分析效率高,建一个模型,可以通过改变截面尺寸参数或增减基本构件而得到同类型结构体系的一系列分析结果,特别适合比选优化设计。但必须强调的是,千万不能将全部希望寄托在软件的结构分析上。大量竞赛结果表明:只要有好的概念设计,结构选型巧妙,同时又重视模型的构造制作问题,即使只通过手算分析也可以取得好的成绩。与此相反,若不注重概念设计,结构选型不合理,不重视模型的构造制作问题,即使采用软件分析也难以取得理想成绩。除此之外,还要注意的,由于软件提供的单元、构件截面和支座约束类型有限,要建立与实际结构及加载完全吻合的模型不切实际,此时结构简化、构件截面及加载等效处理显得尤为重要。下面以 2015 年第四届湖南省大学生结构设计竞赛作品为例,介绍 MIDAS/Gen 在结构优化分析中的应用。

### (一) 竞赛作品及其背景介绍

第四届竞赛要求按比赛规程制作一个三层竹质房屋结构模型。竖向加载,除底层外,二、三层楼面和屋面竖向荷载每层均为2个10 kg砝码;水平加载,采用吊挂加载,加载点设定在屋面,通过钢丝绳和滑轮连接,下挂钢结构托盘,以施加150 kg水平侧拉力。要注意的是这个水平侧拉力不通过结构的扭心,所以结构模型最终要受到竖向砝码、水平侧拉力以及扭矩的作用,如何评估这三个荷载对结构所产生的作用效应是模型设计的关键。结构评分按计算书及设计图10分,结构选型与制作质量10分,加载试验80分计算,以总分高低排名次。赛题已在网上公布。

关于框架结构的复合受力设计,最重要的是做好概念设计和结构选型,其次才是数值计算,也就是说概念设计和结构选型是数值计算的前提。本次竞赛最大的亮点在于考察学生对复合受力情况下结构竖向承载力、结构抗侧移和抗扭转能力的认识深度。为了获得较好的竞赛成绩,在能施加竖向砝码的前提下,追求最轻的结构、最大的结构抗侧移和抗扭转能力是正确的方向。为此本校竞赛模型选用带悬挑平台的格构式结构,通过增设悬挑平台来满足比赛规程对水平投影的要求,以及用来堆积砝码,采用下大上小、逐渐收拢的格构式结构来承受水平侧拉力和扭矩。三维模型如图1、图2所示。

### (二) MIDAS 建模分析基本流程及其关键点

(1) 网格建模。直接用MIDAS/Gen网格建模,也可采用AutoCAD画好结构空间网线图后,将其文件选存为DXF文件并导入MIDAS/Gen。本校竞赛作品三维观察线图及实体图分别见图1、图2。

(2) 定义材料和截面特性。竹材按匀质各向同性考虑,弹性模量取 $1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ,抗拉强度取 $60 \text{ N/mm}^2$ ,容重取 $9.3 \times 10^{-6} \text{ N/mm}^3$ 。构件截面库若无实际模型所需截面,根据等效原则对实际构件截面进行等效。

(3) 建立构件单元。实际结构杆件之间主要采用胶结连接方式。为简化计算,采用梁单元模拟所有构件,假定所有构件之间刚接。

(4) 定义边界条件。实际模型柱脚采用压条将两根基础大梁的悬挑段嵌固约束,为此建模时将两根基础大梁的悬挑端面所有节点嵌固。

(5) 荷载定义与输入。二、三层砝码堆放在悬挑平台上,建模时将砝码重量简化为线荷载施加在悬挑平台的两根悬臂梁上。屋面砝码重量简化为集中

荷载,均匀施加在四根角柱上。

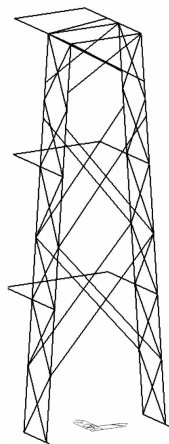


图1 竞赛作品三维观察线图

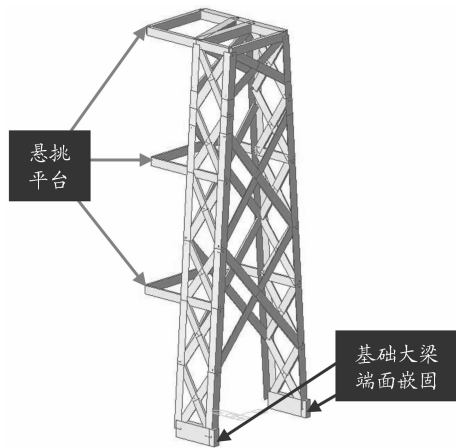


图2 竞赛作品三维观察实体图

(6) 结构分析。结构分析可由MIDAS/Gen自动完成,操作相对较简单。

(7) 静力分析成果。作为结构竞赛常用到的静力分析成果有反力、位移、内力、应力分析结果图表以及输出文本结果。限于篇幅,这里仅举本校竞赛模型中的支撑杆件应力分析图来说明结构优化分析的意义所在。各个框架面支撑杆件的轴向应力分析结果如图3所示,绿色为压杆,黄色为拉杆。通过图3能清楚知道各个框架面支撑杆件的拉、压受力情况,供模型制作参考。其中,图3(c)、(e)所揭示的支撑杆件拉、压杆受力规律,主要由扭矩控制,对于这一点学生在模型制作中很容易发现。问题在于要弄清楚承受侧拉力与扭矩的左右两个框架大面支撑杆件受力规律,对于学生来说难度较大,下面结合图3(b)、(d)进行阐述。左视面支撑杆件拉、压杆受力都很大,因为水平侧拉力与扭矩在支撑中产生的拉、压属性是重合的。右视面支撑杆件拉、压杆受力非常小,因为水平侧拉力与扭矩在支撑中产生的拉、压属性完全相反,彼此相互抵消,对比扭矩引起的支撑杆件应力,水平侧拉力引起的作用效应明显更大。

此时,软件分析结果对模型左右两个框架大面拉、压杆属性的确定和杆件截面优化设计起到了非常关键的作用。

在以上模型的有限元分析中,并未涉及任何绝对位移、应力或其他响应的具体数值,因为有限元模拟主要用来进行模型定性分析,要想进行定量的精确模拟是比较困难的,也不现实。可见,有限元分析在结构大赛中的重要作用,但是最关键的环节还是

后期的模型制作。

#### 四、结语

通过对比分析目前国内常用结构分析软件的特点,MIDAS 是指导大学生进行结构模型优化分析的工具。以第四届湖南省大学生结构设计竞赛为背景,以我校参赛作品为例,总结了 MIDAS 建模分析基本流程及其关键点,供模型比选、结构优化设计参考。

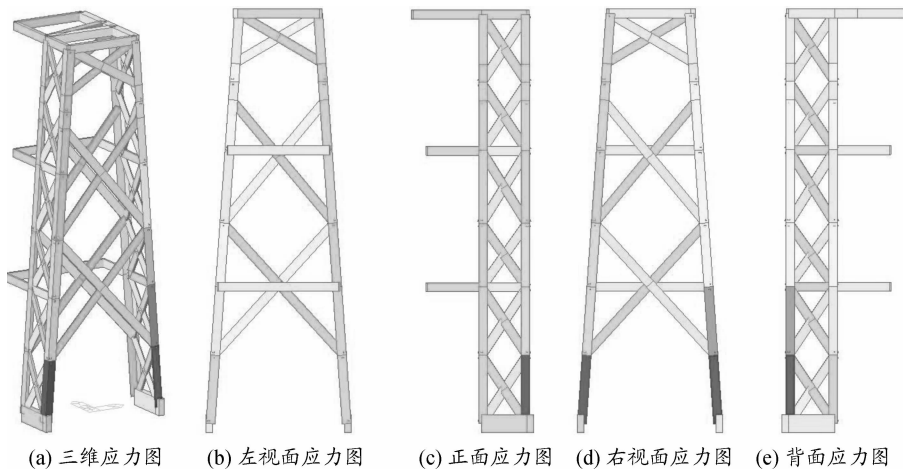


图3 竞赛作品结构模型轴向应力分析图

#### 参考文献:

[1] 祝明桥, 谢献忠, 皇晓东, 等. 深化土木工程本科专业教学改革 加强创新型人才培养[J]. 当代教育理论与实践, 2015(10):56-59.

[2] 祝明桥, 霍海强, 赵文武, 等. 基于学校工程环境实现土木工程专业实践教学信息化[J]. 当代教育理论与实践, 2009(4):71-73.

[3] 舒小娟, 黄柱, 周旭光. 纸拱桥结构模型优化建模分析—大学生结构设计竞赛谈[J]. 力学与实践, 2012(4):89-92.

[4] 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(5):133-136.

[5] 王新敏. ANSYS 工程结构数值分析[M]. 北京:人民交通出版社, 2007.

[6] 北京金土木软件公司. SAP2000 中文版使用指南[M]. 2版. 北京:人民交通出版社, 2012.

[7] 蒋玉川, 等. MIDAS 在结构计算中的应用[M]. 化学工业出版社, 2012.

## MIDAS application in structural design competition for college students

HUANG Hailin, LI Yonggui, ZHU Mingqiao, LV Weirong

(College of Civil Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, P. R. China)

**Abstract:** College student structural design competition is an important platform to train students' creativity and handing ability, as well as team cooperation consciousness. Conceptual design, optimization analysis and model making are the three important aspects in college student structural design competition. Optimization analysis is the key to get good competition results. The characteristics of the structure analysis software widely used at home and abroad are comparatively analyzed. Results show that MIDAS is the ideal structure analysis software for optimization analysis in college student structural design competition. Basic processes and key points in MIDAS simulating analysis are presented for reference in model comparing and structural optimization analysis.

**Keywords:** civil engineering; structural design competition; MIDAS; structural optimization