

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2018.02.017

欢迎按以下格式引用:赵必大,赵滇生.基于工程应用型人才培养的钢结构设计课程教学改革[J].高等建筑教育,2018,27(2):72-75.

基于工程应用型人才培养的钢结构设计课程教学改革

赵必大,赵滇生

(浙江工业大学 建筑工程学院,浙江 杭州 310014)

摘要:对钢结构设计课程教学过程中存在的主要问题进行了分析,从教学内容、教学方法、软件教学、课程设计、毕业设计等方面提出了教学改革建议,并正式开展了系列探索实践,以提高钢结构设计课程教学质量和学生的工程应用能力,培养高素质的应用型专业人才。

关键词:钢结构设计;教学改革;工程能力

中图分类号:TU391;G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2018)02-0072-04

按照承重结构的材料划分,土木工程结构可分为钢结构、钢筋混凝土结构、钢与混凝土组合结构、砌体结构和木结构等。其中,钢结构具有施工周期短、绿色环保、可回收利用、抗震性能好等优点,被广泛应用于厂房、多高层建筑、大跨公共建筑等。大部分院校的钢结构系列课程主要由钢结构基本原理和钢结构设计(含实践环节的钢结构课程设计)两门课程组成。其中,钢结构设计作为钢结构基本原理的后续专业课程,目的是使学生掌握钢结构设计的方法和手段,培养工程实践能力。在当前本科教育面临“毕业生质量不高难以满足用人单位需求”的大背景下,钢结构方向的人才供需矛盾在土木工程领域尤为突出。

浙江工业大学建筑工程学院土木工程专业的学生在第5学期学习完钢结构基本原理课程后,于第6学期学习钢结构设计课程,然后进行为期1周的钢结构课程设计实践。根据“厚基础、宽口径”的应用型专业人才培养要求^[1],课程共40学时,与国内多数高校的32~48学时较接近^[2]。对钢结构课程教学改革已有不少建议^[3-5],目的是让学生全面掌握钢结构设计的基本方法,毕业后能较快胜任钢结构的设计和施工工作。

浙江工业大学(以下简称“浙工大”)“十三五”发展规划提出,要建设区域特色鲜明的综合应用研究型大学。为培养高素质的综合应用型专业人才,适应本科教育可持续化发展和教育领域工程实践教育发展要求,笔者从多角度对钢结构设计课程的教学改革进行了探讨。

收稿日期:2017-01-15

基金项目:浙江省自然科学基金资助项目(LY16E080012);浙江工业大学创新性实验项目(SYXM1719)

作者简介:赵必大(1976—),男,浙江工业大学建筑工程学院讲师,博士,主要从事钢结构、高层建筑结构和结构抗震研究,(E-mail)zhaobida@126.com。

一、钢结构设计课程教学中存在的问题

(一)课程内容多,与其他课程有重叠

钢结构设计课程涉及内容多,包括轻型门式刚架、中重型工业厂房、大跨度屋盖结构、多层及高层房屋结构、平台钢结构或轻型住宅钢结构(新增),各部分内容均包含设计理论与节点连接构造设计,与规范、规程联系紧密,仅钢结构部分涉及的规范、规程就有 GB50017《钢结构规范》、GB51022《门式刚架轻型房屋钢结构规范》、GB50018《冷弯薄壁型钢规范》、JGJ7《空间网格结构技术规程》、JGJ99《高层民用钢结构技术规程》等。40 学时的课堂教学加上一周的课程设计实践课时明显不足,教师只能有选择地讲授部分内容,造成有些问题讲得不够深入、不够系统,教学效果不甚理想。此外,教师必须具备扎实的力学基础知识、深厚的钢结构理论,熟悉土木工程相关专业知识与规范,有一定的工程实践经验。

浙工大土木工程专业在第 6 个学期还开设了结构选项与概念设计、公共建筑结构设计两门课程,均涉及网架、网壳等大跨钢结构,尤其是公共建筑结构设计对大跨钢结构的体系和计算要点进行了较详细的讲解,学生反映在大跨度钢结构这部分内容有重复。

(二)课程设计题目单一、内容与工程实践脱节

钢结构课程设计是课堂学习之后的具体实践,为期 1 周,时间偏少(很多兄弟院校安排 10 天或 2 周),题目一般为普通钢屋架设计,内容包括屋盖结构布置、杆件和节点设计及施工图绘制。但由于角钢加节点板组成的钢屋架在工程实际中的应用越来越少,且屋架只是厂房整体结构中的一个构体,难以培养学生的整体设计思想,从而导致学生片面认为“学校学的东西在工作中用不到”。

(三)学生缺乏工程常识,设计制图质量差

虽然课堂教学中引入了大量工程图片,但由于学生实际接触的角钢屋架结构很少,部分学生空间想像力差,加之钢结构施工图比混凝土结构要求更加详细,导致学生对钢结构设计的绘图方式不熟悉、更谈不上看钢屋架施工图^[6];因此,学生在课程设计时往往直接照抄课程设计指导书中的钢屋架施工图,其施工图往往无法正确表达设计意图,表达欠规范。

(四)课程设计实践缺乏创新

一方面,课程设计时钢屋架的外形(梯形或三角形)、跨度等由教师给定,缺乏设计方案对比环境,学生主观能动性受限。另一方面,部分学生直接照抄课本或指导书上的案例,不查阅相关设计规范和设计资料,更不会利用 excel 等工具软件来缓解手算的

繁琐,工程实践能力难以提高。

上述问题在相当程度上导致学生学习钢结构设计的兴趣不高,毕业设计选择钢结构课题的人很少,这显然与浙工大建设区域特色鲜明的综合应用研究型大学的目标不相符。

二、钢结构设计课程的教学改革

(一)教学内容的调整

鉴于公共建筑结构和钢结构设计这两门课程在大跨无盖钢结构内容重叠问题,建议将大跨屋盖钢结构中涉及整体分析计算的部分划给公共建筑设计,钢结构设计着重介绍节点连接设计,或者直接将钢结构设计和公共建筑设计整合为 64~80 个学时的钢结构设计。此外,鉴于管桁架结构应用日益广泛,但大多数工程设计人员对这种连接方式的受力特点并不熟悉,可考虑在 64~80 个课时的钢结构设计课程中增加这部分内容的介绍。

(二)教学方法改革

传统以书本为主、使用板书或多媒体的课堂教学方式存在被动、填鸭式教育等缺点,难以激发学生学习和兴趣。将模型引入钢结构设计教学,能增加学生感性认识,开阔视野,更直观地了解各个部件间的关系及工程实际做法,提升学生的工程能力。笔者在讲解网架螺栓球节点构造时,直接用实物节点进行组装和拆卸演示,取得了较好的教学效果。不仅教师在课堂提供模型,还可以在课程设计中增加以小组为单位的模型制作环节,以 4~6 人为一组,用硬卡纸(或塑料、竹材料)模拟钢材、胶水(或玻璃胶等)模拟焊接材料,按施工图制作 1:50 左右的缩尺结构模型。在制作模型过程中可发现之前施工图中出现的错误并加以改进,加深学生对施工图设计要点的理解,提高学生分析和解决工程问题的能力,培养团队精神。教师还可以从中挑选最好的结构模型(如门式刚架等)用于以后的课堂教学。

此外,课堂教学应注重理论联系实际,强化工程概念和规范意识。钢结构基本原理讲解的是梁、柱等构件,理论性较强,而钢结构设计直接面向工程实践,需要用到各种规范手册,因此,在课堂教学中应强调实用性培养,其中最关键、最根本的就是实践和工程应用能力。解决实际问题的实践能力培养上不去,创新能力就是无源之水。利用多媒体手段向学生展示工程图片、动画以及录像资料的同时,配合讲解结构受力特点、细部构造和安装连接工艺,加深学生的感观认知。强调规范对工程实践的指导作用并将其贯穿于教学全过程,是加强理论联系实际教育的有效措施。结合授课内容对最常用的几个钢结构设计规范之间的差异进行分析。以门式刚架设计为

例,其构件腹板采用有效宽度,这是因为规范 CECS102(GB51022的前身)强调腹板屈曲后强度的利用,GB50017有所不同。再如,在变截面柱稳定验算部分要抓住 CECS102 与 GB50017、GB50018 规范在验算公式方面的区别和联系,培养学生正确理解使用规范条文的意识和能力。结合实际工程施工图讲解,也是加强学生工程能力培养的有效措施。

课程涉及轻型门式刚架厂房、大跨空间结构、多高层民用建筑钢结构等多种结构体系,授课时应将每一类结构体系的特点和难点作为重点,详细讲解,做到重点突出层次分明。如多高层钢结构的分析和计算与高层建筑结构和混凝土结构设计基本相同,可以简略,着重突出支撑和梁柱连接节点构造等内容。又如:轻型门式刚架结构,构件腹板有效宽度、变截面构件的稳定验算公式及计算长度系数、檩条的计算(双向受弯、且要考虑拉条的侧向约束)等作为重点详细讲解。

科研反哺教学是激发学生、拓宽知识面的有效手段。如半刚性连接节点在钢结构工程中的应用,有别于混凝土的整体现浇。钢结构是通过焊接、螺栓等方式将部件或构件连接成构件或结构,其连接节点严格来讲并不是理想的刚接或铰接,而是属于典型的半刚性连接^[7]。当前国内传统的钢结构设计依然是将其简化为刚接或铰接,钢框架或门式刚架梁与柱的连接经常简化为刚接假定,为此,在梁柱节点域设置一定的附加加劲件才能满足,这无疑增加

了成本,尤其是劳动力成本。如变成半刚性连接节点,则不仅可简化构造减少附加加劲件降低成本,而且已有研究表明半刚性节点的抗震性能在很多情况下往往效果更佳。此外,中国颁布实施的《端板式半刚性连接钢结构技术规程》促进了半刚性连接钢结构在工程实际中的应用。教师可结合有限元分析典型,让学生深刻理解半刚性及节点域局部变形概念。图1为笔者上课时向学生讲解节点局部变形和半刚性概念的常用例子:两端梁承受相同弯矩作用的矩形钢管柱与工字钢梁直接焊接节点,图1(a)为根据结构力学概念建立的杆模型(学生比较熟悉),根据这个模型,加载端梁(施加集中弯矩处)的位移由梁的弯曲变形产生,模型无法表明梁柱节点域的局部变形,而根据通用有限元软件 ABAQUS 的 S4R 壳单元建立有限元模型(图1b)的分析表明,与梁上下翼缘连接的钢管柱管壁出现明显的凹凸变形,如图1c所示,即为节点局部变形,这种局部变形使梁产生刚体转动,故加载端梁的位移除了梁本身的弯曲变形外,还包括因节点局变形而导致的刚体位移,后者反映了节点半刚性特性。此外,通过制作动画,还可以让学生深刻了解节点域的应力分布特点及其随着荷载增加的变化,图1d为某一个加载时的节点域的应力分布,其中黑色为接近钢管材料屈服的高应力区,灰色(梁根部上、下翼缘附近的钢柱管壁)为屈服区域。

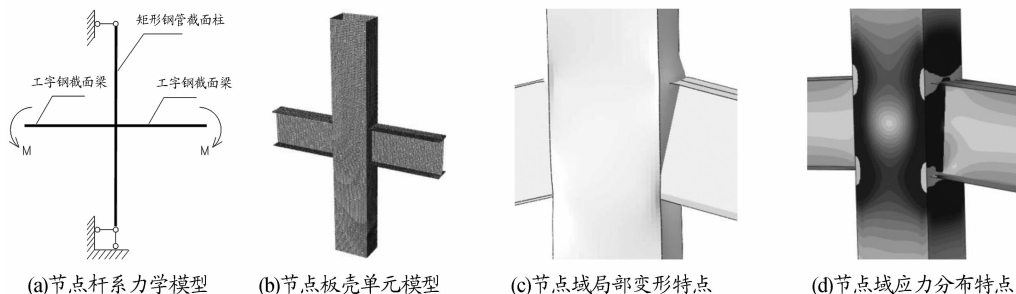


图1 解释半刚性和节点局部变形的例子

(三) 增加软件教学

设计分析软件的运用也是工程能力培养的一个重要方面,土木工程设计施工辅助软件通常包括绘图软件 AutoCAD、结构设计软件 PKPM 与 3D3S、结构分析有限元软件 SAP2000、通用有限元软件 ANSYS 与 ABAQUS 等。就本科阶段而言,掌握 STS(PKPM 的钢结构模块)或 3D3S 专用设计软件即够用,但目前浙工大的结构设计程序应用课程(主要为 PKPM)不仅安排在第7个学期,与钢结构设计、高层建筑结构设计等实践性很强的设计类课程不同步,而且不讲授钢结构设计,也导致选择钢结构设计作

为毕业设计的学生较少。为此,可考虑在钢结构课程设计环节增设 4~6 个学时,主要讲授 STS(或 3D3S)在工程中最常见的门式刚架、钢桁架和钢框架中的应用和操作,并在建模过程中讲解参数的意义,增强学生对知识点的掌握,使学生将理论知识、工程实践通过计算模型融为一体,从而达到培养学生计算机辅助设计的能力。

(四) 课程设计的改革

钢结构课程设计是配合专业课实践教学的重要环节,重点培养学生对所学专业知识的综合运用和实践能力。课程设计环节的改革,笔者认为大致可

从以下几个方面入手。一是改变选题过于单一、与社会脱节的现象。现在大多数院校钢结构课程设计一般多选择由角钢组成的钢屋架,但这类结构在现实中应用较少,可考虑更新为实际工程中应用较多的轻型门式刚架或多高层钢框架。二是着力培养学生运用规范和计算手册的能力。就课程设计而言,学生大都参考教材依葫芦画瓢,许多内容和方法并不未真正理解,为此不仅需要增加课程设计的课时,更要求教师加强课程设计环节的教学,如引导学生查阅规范和资料、培养学生独立获取知识的能力等。三是培养学生应用工具软件的能力,如:利用结构力学求解器计算屋架(桁架)、利用小软件计算(验算)锚栓或节点焊缝,求解门式刚架或钢框架的内力,避免繁琐的重复性计算。

(五) 重视毕业设计选题与实践

与大多兄弟院校类似,浙工大建筑工程专业方向的毕业设计选题多为钢筋混凝土框架结构,钢结构选题很少。钢结构设计比混凝土复杂繁琐,涉及的基础理论知识较多且较难,加上当前片面强调“宽口径”和“通识教育”导致大量专业课程被压缩甚至删除,使学生对钢结构题目“敬而远之”。为此,笔者建议,在毕业设计方面应重视钢结构课题,一方面可考虑规定毕业设计课题中钢结构选题的比例,学生在选题前按抽签方式决定混凝土或钢结构方向;另外一方面,教师结合实际提供更为丰富的钢结构类型,如轻型门式刚架、中重型厂房结构、多层或小高层钢框架、大跨钢结构(包括屋盖钢结构与支撑屋盖的梁柱墙等下部结构)等,供学生选择,以强化学生的钢结构计算及构造、设计软件应用等能力。毕业设计是学生走上工作岗位前的一次“大练兵”,对学生工程实践能力的培养起着重要作用,为此,教师应加强毕业设计,将其分解为结构选型、荷载计算与组

合、结构和构件内力计算、构件截面与节点设计等几个阶段,在每个阶段进行详细讲解并进行检查,及时为学生答疑,避免学生匆忙集中赶设计,培养学生通过查阅规范等方式独立获取知识,通过编辑 excel 等工具软件计算或验算檩条等构件和节点焊缝的能力。如此,让毕业后从事钢结构设计施工的学生获得一次钢结构设计方面的综合锻炼,从而避免学生走上工作岗位对钢结构设计一筹莫展的尴尬。

三、结语

钢结构设计是一门综合性、理论性、实践性很强的课程,对培养学生分析和解决工程设计问题能力作用明显。建议从课程的教学内容、教学方式、课程设计等方面进行一系列改革尝试,促进由单纯传授知识向学生工程素养培养转变,激发学生的学习兴趣 and 积极性,更好地培养学生的工程能力,实现卓越工程师的人才培养目标。

参考文献:

- [1] 王晓茜. 钢结构课程的教学方法分析与探讨[J]. 高等建筑教育. 2009, 18(3): 118-119.
- [2] 胡忠君, 邱建慧, 王庆华. 钢结构设计教学方法改革探讨[J]. 教育教学论坛. 2014(24): 51-52.
- [3] 方慧, 田春竹. 钢结构设计课程实践教学方法探索[J]. 高等建筑教育, 2011, 20(1): 135-137.
- [4] 李昆. 基于实践能力培养的“钢结构设计”课程教学改革研究[J]. 中国电力教育, 2011, 16(2): 122-123.
- [5] 余卫华, 王正中, 蔡坤. 钢结构课程设计教学改革与实践[J]. 高等建筑教育, 2015, 24(1): 69-71.
- [6] 陈绍蕃, 郭成喜. 钢结构下册房屋建筑钢结构设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [7] 陈惠发. 钢框架稳定设计[M]. 上海: 世界图书出版社, 1999.

Teaching reform of the steel structure design course based on application-oriented personnel training

ZHAO Bida, ZHAO Diansheng

(College of Building Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, P. R. China)

Abstract: The main problems in the teaching process of steel structure design course were analyzed in the paper. The suggestion and exploration of course teaching reform from teaching contents, teaching reform, software teaching, curriculum design and graduation project choosing were put forward in the paper. The course teaching reform aimed at improving teaching quality and students' engineering ability, training the high-quality and application-oriented professionals.

Keywords: steel structure design; teaching reform; engineering ability