

土木工程专业钢结构课程本科教学探讨

王若林, 郭耀杰, 杜新喜

(武汉大学 土木建筑工程学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 钢结构作为土木工程专业的主干课程。建立钢结构概念及开展工程应用实践,并了解该类型结构的发展现状是钢结构课程本科教学的首要任务。如何达到“卓越工程师教育培养计划”对该课程的教学要求,文章对此作了探讨。

关键词: 钢结构;卓越工程师教育培养计划;教学研究

中图分类号: G642.0 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2013)04-0051-04

“卓越工程师教育培养计划”(以下简称“卓越计划”)是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》的重大改革项目,也是促进中国由工程教育大国迈向工程教育强国的重要举措。其核心主旨是强化大学本科教育阶段学生实际工程能力的培养,着力提高学生的工程意识、工程素质和工程实践能力,培养造就一批创新能力强、适应企业发展的优秀工程师,以满足科学技术和经济社会快速发展对工程型人才的需求^[1]。

钢结构作为土木工程专业的主干课程,对钢结构概念的建立及其工程应用实践,并了解该类型结构的发展现状是本科期间教学的首要任务。要实施和完成对课程教学有更高要求的“卓越计划”,应该重新设计和规划钢结构课程的教学内容和教学组织。

一、学科特点要求教学与实践具有系统性

土木工程是一个传统学科,它建立在力学理论、材料理论、工程机械、劳动组织,以及融资融券的现代金融手段和人类社会规划等基础之上,学科自身的高度系统性自然不言而喻。对初步进入学科领域的土木工程专业本科学生,如何在教学规划和组织中帮助他们由浅入深、由表及里地进行理论认识和实际操作训练,体现教学和实践的系统性,是“卓越计划”人才培养中应该建立的观念和目标。

(一) 系统设置课程体系

目前,中国大多数高校土木工程专业的课程设置、教材、课程设计、实习规划和内容等,是建国初期在借鉴前苏联相关课程体系的基础上,进行调整而形成的大土木的课程设置。近年来国内外土木工程领域的科研和实践都有长足进

收稿日期:2013-03-07

作者简介:王若林(1969-),女,武汉大学土木建筑工程学院副教授,博士,主要从事结构工程、智能材料、结构新材料新工艺和防灾减灾等方面的研究,(E-mail)rl.wang@whu.edu.cn。

展,然而新的科研成果和实践经验鲜有及时系统地编入本科教材,而传统的教材、课程学时计划等和当前行业的设计要求与手段明显脱节。表面上看,土木工程的设计、施工越来越依赖成熟的商业软件,但这并不意味着结构工程实践变得容易,恰恰相反,这样的进步对结构工程技术人员理论功底要求更高,因为计算和控制手段的进步,意味着对结构性能要求更高,在技术上更加注重细节,对结构的理解更加深刻,更加接近结构的本质。因此,需要对现有课程设置进行认真研讨,及时补充新的设计要求和科研实践的新成果。

(二) 系统设置实践内容

商业软件的成熟和快速发展,使结构设计手段完全脱离了旧有模式,表面看似一切设计程序都是参数化的,结构理论在设计过程中完全被参数取代,设计人员的理论水平似乎无法体现。事实上,这种表象误导了很多人,尤其是年轻学生。目前,实践中结构设计更加注重结构真实性能的分析,对设计理论的应用和探讨更加深入。比如,30年前,结构工程的设计领域几乎不涉及结构的弹塑性时程分析,但是目前对于高层建筑、大跨度结构,尤其是地震区的高层和超高层设计,结构弹塑性时程分析基本上作为设计中的独立项目进行。欧美设计规范中应用较多的基于性能的抗震设计和结构抗连续倒塌设计,是中国旧规范中的空白,几年前该内容仅仅出现在高校和科研院所的研究课题中,教科书根本没有涉及。随着研究理论的成熟,特别是近年该学科的高速发展,中国即将颁布的新规范明确了这些设计理论,对设计人员的理论要求也越来越高。类似于性能的抗震设计、结构抗连续倒塌设计等,诸多理论课程的结构动力学、混凝土非线性理论、结构有限元等,国内的本科教学计划却极少涉及。

如何适应行业实践的进步,特别是针对“卓越计划”的人才培养目标,本科教学过程中如何体现从理论到实践的系统性,是高校土木工程教师必须面对的课题。

二、钢结构课程教学存在的问题

(一) 现有教材体系

目前,本科阶段钢结构课程教学内容主要分为两部分:一是钢结构原理和钢结构设计;二是作为选修课的高层建筑钢结构、大跨度结构、钢—混凝土组合结构。其中钢结构原理是钢结构课程教学的基础、核心和重点,钢结构基本概念的建立和基本结构

设计思路都是在这门核心主干课完成的。目前钢结构课程教材仍然沿用过去的结构“绪论—基本材料(钢材力学性能及影响因素)—基本构件的设计原理—简单结构设计”,课堂讲授也主要围绕教材内容进行。由于本科阶段的教学内容主要是专业基础,对该阶段的学生来说,这样的教材体系仍然适用。但是,从“卓越计划”的培养目标来说,让学生在本科期间这一有限的时间里,对土木工程结构整个知识体系有一个全面系统的认识,还需要任课教师进行有效的引导和讲解。

(二) 本科期间钢结构课程教学特点

本科期间,钢结构课程教学重点在于使学生理解钢结构设计和施工的基本原理,其中结构钢的特性、钢结构的弹塑性性能、钢结构稳定性、使用环境和受力特点对钢结构性能的影响、钢结构的连接设计、连接构造等内容是教学的核心内容和难点。钢结构课程一般安排在土木工程三大力学(理论力学、材料力学、结构力学)和混凝土结构课程之后进行,一方面学生有了一定的材料力学和结构力学的基础,对结构有了初步认识。但是,对于三大力学在结构工程中的具体应用,是历届学生普遍反映的难点。这些问题的出现,反映出当代学生实践经验少,对工程材料和结构的感性认识不足,需要教师在教学过程中,针对学生特点组织教学。在课堂教学过程中,教师对钢结构知识点的讲解应有一个系统全局的把握,从感性认识和理论上帮助学生扎实掌握好钢结构的基本概念和工程实践的基本专业知识。

三、在钢结构课程教学中注重系统性

(一) 钢结构本科教学中系统性的含义

目前钢结构课程教材以及教学设计实践,普遍围绕“基本构件”进行。这样的基础理论教学,往往缺乏实践性,而学生一旦从学校进入实际工作,面临具体的工程实践,需要在实践中发现问题、分析问题,乃至最后解决实际工程问题,这就要求具有“整体结构”的理念,所体现的是一个结构的系统概念;而且,本科期间对构件的讲解集中于理论讲解,对规范的理解应用涉及得并不多。这一课程设置,与“卓越计划”的要求存在差距。因此,课堂教学过程中,教师对土木工程专业重点的把握成为非常关键的一个环节。笔者在多年的课程讲授和课程设计中积累了一些经验,体会到系统性在土木工程理论和实践教学中的重要性。

土木工程专业作为认识自然、改造自然的一门学科,应将理论和实践教学系统性体现在各个环节。具体到钢结构课程教学,教师在具体内容的讲解过程中,应把握局部构件在整体结构体系中的作用,整体结构中各构件工作状态的协同,构件基本材料的性能以及影响因素,制造过程与使用过程中对构件和整体结构性能的可能影响等等,引导学生在本科阶段就形成对土木工程的材料—制造—构件—连接—整体结构—使用影响—存在问题—最新的研究方向这一知识架构,这样,有利于学生从感性认识上加深对理论知识的理解,同时对结构设计施工规范的建立和发展有一个系统的认识。

(二) 钢结构课程系统性教学实践

1. “绪论”部分的讲解

针对当前土木工程专业学生普遍缺乏实践感性认识的现状,先不讲解“钢结构的特点,而是从从钢结构课程的“第一章绪论”开始讲解结构概念:屋面板(楼面板)—梁(梁格体系:次梁—主梁)—柱—基础—地基(岩土)。其中地基部分不属于构筑物,而基础是整个构筑物与大地的连接部位,是整个构筑物能否与大地紧密相连的关键。因此,它的设计施工,与上部结构有关,也与岩土状态有关,这个部分的知识放在“岩土力学”“地基处理”等课程中学习。而“基础”作为构筑物的一部分,因为往往位于岩土中,所以为了防止岩土环境中水分以及化学成分的影响,即使上部采用钢结构,但是基础仍然采用钢筋混凝土。而各种构件之间通过连接构造形成相互依赖相互作用的整体结构;同时,连接构造也是整体结构中构件之间力的传递中枢,因此连接构造的安全可靠至关重要,而钢结构中连接构造与混凝土结构节点由于材料性能的不同,其构造方式有本质的区别,这是相关章节讲述的重点。

对于梁格体系,虽然在房屋建筑学和混凝土结构中也会涉及,但是知识的反复出现会加深学生的理解。因此通过对梁格结构的进一步讲述,使学生深入了解楼板与梁系的连接,结构跨度对梁格体系组成的影响,加深对单向板、双向板,以及结构力学计算简图中均布力、集中力、三角形分布力和梯形分布力的由来的认识。

如此,在反复讲解结构概念的基础上,再来讲述钢结构的一般性能,并且与混凝土进行对比。提到塑性和韧性这两个钢结构显著的优点时,学生往往

困惑于概念的差异,那么讲述过程中一定要强调“塑性对应于结构承受静力荷载时的变形能力,而韧性反映结构在动力荷载作用下的瞬态响应,它们之间有本质的不同”。

2. “钢结构疲劳”部分的讲解

钢结构疲劳破坏是钢结构课程无法回避的问题。讲解中,应把疲劳问题出现的原因,以及概念的几个要点作为重点讲解。

钢结构的疲劳问题主要源自钢材冶炼和加工过程,特别是焊接过程。这样,讲述焊接残余应力对结构性能的影响时,应再次讲解疲劳的产生。

疲劳概念的要素:(1)微裂纹的产生(对于钢结构来说,在冶炼和轧制过程中,夹杂,气孔等先天缺陷形成裂纹;焊接过程中钢材内部金属的物态变化过程形成微裂纹等);(2)反复荷载作用下,微裂纹处于高峰应力(应力集中),造成微裂纹的扩展;(3)直至钢结构有效截面逐步缩小,发生突然断裂;(4)疲劳破坏性质:脆性破坏,危害极大。需要在钢结构的加工焊接过程中严格控制质量,并且进行质量等级检测。

检测的基本方法,因为微小裂纹的存在是钢结构疲劳破坏的关键,因此及时检测发现内部微裂纹是检测的目的。这种内部探伤常用的方法是超声波、X射线和磁粉。

3. “钢结构焊接残余应力”部分的讲解

目前常用的钢结构教材对于焊接残余应力的讲解采用的是宏观概念,即基于“金属在温度变化下的热胀冷缩的受限制”的讲解。教学实践中,这样的概念讲解常常使学生对“焊接残余应力是自相平衡的”感到困惑,普遍反映难以理解。因此,对于焊接残余应力,应更多地基于材料本质的“焊接”来进行补充讲解。特别是焊接过程中,金属的微观组成变化,即在焊接不平衡快速加热和快速冷却下,材料产生物理和化学的不均匀性,焊缝金属中结晶偏析,低熔点共晶,组成元素 S、P、Si 等发生偏析,冶金过程带来的夹杂及夹杂,过饱和的 N、H、O 气体元素,热影响区中由于快速加热和冷却使金属中空位浓度的增加,材料组织转变等,在焊接应力作用下都是促成焊接裂缝产生和扩展的冶金条件^[4],产生如图 1 所示的微裂纹。这样借助焊接专业知识和形象的图片演示,使学生对焊接过程中残余应力和残余变形,以及钢结构疲劳、刚度降低对动力性能的影响的理解更为清晰。

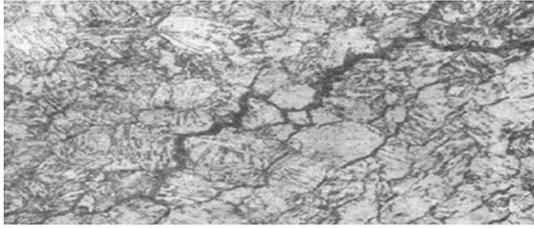


图1 焊接裂缝产生和扩展

4. “钢结构稳定性”部分的讲解

对钢结构稳定理论的理解对于本科生来说有一定难度。对“整体稳定”和“局部稳定”概念的认识,可引导学生从以下几个环节来理解:(1)变形现象的描述要明确;(2)丧失稳定性的原因要明确;(3)明确控制稳定性的手段:计算公式的推导和物理本质,构造做法和原理;(4)一些工程实例;(5)由于涉及到的钢结构稳定承载力验算有相当多的概念,因此,对设计规范公式里每个参数的含义应讲解清楚。

四、结语

对于土木工程专业的教学实践而言,系统性是

一个重要的理念,值得在教学的各个环节有意识地主动运用。在“卓越计划”人才培养目标中,帮助学生逐步建立扎实的理论基础和较强的实践能力是一项重要的教学要求,因此在教学中建立系统的综合工程思维模式是值得探讨的课题。

参考文献:

- [1] 林健,“卓越工程师教育培养计划”通用标准研制[J],高等工程教育研究,2010(4):21-29.
- [2] 高等学校土木工程专业指导委员会. 土木工程专业本科教育(四年制)培养目标[EB/OL]. <http://edu.zgtm.com/jy/jy-pyfa.htm>.
- [3] 曾家驹. 应用型人才培养必须走改革创新之路[J],中国高教研究,2002(2):79-80.
- [4] 李德林,李砚珠. 焊接金相分析[M]. 机械工业出版社,1987.
- [5] 宁宝宽,陈四利,鲍文博,等. 土木工程专业应用型人才培养的课程体系研究[J]. 高等建筑教育,2008,17(3):45-47.

Steel structure teaching for undergraduate students of civil engineering specialty

WANG Ruolin, GUO Yaojie, DU Xinxu

(School of Civil Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, P. R. China)

Abstract: Steel structure is a central main course for the major of civil engineering with the primary cultural goal for students to establish the concepts of steel structure and basic practical capability in engineering, also with the strategy knowledge on development direction of such type of structure. Especially for the higher national education target “a plan for educating and training outstanding engineers (PETOE)”, systematic view on teaching concept and course practice are presented in this paper.

Keywords: steel structure; PETOE; teaching research

(编辑 王 宣)