doi:10.11835/j.issn.1005－2909.2017.03.012

欢迎按以下格式引用:赵必大,刘成清,袁伟斌. 提升工程实践能力的高层建筑结构设计课程教改探讨[J].高等建筑教育,2017,26(3):51－54.

提升工程实践能力的高层建筑结构设计课程教改探讨

赵必大[1],刘成清[2],袁伟斌[1]

(1. 浙江工业大学 建筑工程学院,浙江 杭州　310014;2. 西南交通大学 土木工程学院,四川 成都　610031)

摘要:文章分析了高层建筑结构设计课程教学改革的背景,在教学实践的基础上发现课程教学内容繁杂,教学过程枯燥,与工程实践联系差,考核方式不合理等问题。在调整教学内容、强调结构概念、增加结构设计软件教学、考核方式等方面进行了教学改革的探索,旨在提高学生的工程能力。

关键词:高层建筑结构设计;教学内容;教学改革;工程实践能力

中图分类号:G642.3;TU973　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-2909(2017)03-0051-04

一、课程概况

中国土木工程教育由以下几大模块组成[1]:基本原理与计算分析模块、荷载与工程设计模块、试验与测试模块、施工模块。高层建筑结构设计属于工程设计模块,是一门涉及结构力学、荷载、混凝土结构、结构抗震等众多前置专业课及专业基础课的综合应用性课程,是一门具有明确的专业技术规范背景,与工程实践紧密联系的课程。因此,课程教学质量直接关系到学生的专业素质与能力,影响到用人单位对院校毕业生的感观,其重要性不言而喻。

本科阶段高层建筑结构设计课程(以下简称"高层课程")的主要教学内容包括:结构体系及其设计要求,水平荷载,框架、剪力墙、框架－剪力墙结构的近似计算方法与设计,筒体结构的设计方法,多高层钢结构设计等[2]。在教学内容中既有力学分析计算,又密切联系荷载、结构抗震等各相关设计规范和具体的工程实践,具有知识点多、综合性强、理论与实践并重等特点,无论对教师还是学生都是难度相当大的课程。为了提高教学质量,教育工作者已经从不同的角度进行教学改革[3－5]。文章从提升学生工程实践能力的角度出发,对高层建筑结构课程的教改进行探讨。

二、教学改革的背景

(1)培养"工程能力"人才的需要。中国高层建筑结构发展迅猛,一些县级小城市都高层建筑林立,近些年更是涌现出各类形状奇异的新型高层与超高层建筑结构,这对工程技术人员的专业素质、学习和创新能力提出了更高要求,亦要求学生具有更高的工程素质。具备较强"工程能力"的毕业生往往更受企业

收稿日期:2016－06－30

基金项目:浙江工业大学课堂教学改革项目(KG201509)

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

的欢迎。教育部提出了《卓越工程师教育培养计划》,把培养学生的“工程能力”作为中国高等教育改革的方向。就土木工程专业而言,结构设计能力是体现“工程能力”的重要组成部分,结构设计能力包括将具体工程抽象为力学模型的能力、结构分析与计算能力、结构设计实践能力等,掌握高层建筑结构设计是具备工程结构设计能力的重要体现之一[5]。

(2)学生的工程实践能力跟社会需求形成反差。毕业设计是培养学生运用已学知识解决工程实际问题的环节,高层课程的内容和知识直接贯穿其中。然而,本人指导毕业设计的经历表明,学生在设计实践中不会运用已学的高层建筑结构知识,存在生搬硬套、结构布置呆板等问题。不少学生在建模计算时直接按 PKPM 默认参数一路到底,对计算结果正确与否不加以判断,直接进行配筋设计。即使调整设计计算参数,也大多是直接向教师要答案,少有主动结合高层建筑结构知识深入理解参数的意义后再进行调整。和设计行业资深工程师的交流发现,很多刚从院校毕业的技术人员对高层建筑结构的一些概念理解不透,设计时完全依赖软件的计算结果,不会从力学概念上判断计算结果是否合理,更不会思考结构方案是否需要改进,以及在不影响建筑使用功能的前提下如何改良结构方案。然而,在竞争激烈的当下,用人单位往往希望毕业生具有较强的工程能力,能较快地完成从学生到工程师的转换。因此,院校应更加重视高层课程的教学,提升学生的工程能力。

三、当前教学中存在的问题

(1)内容繁琐,课时少。高校往往将高层课程安排在第 6 或第 7 学期。但高层课程涉及专业基础课多且综合性强,包括风荷载和地震作用等相关知识及其基本原理的讲解,框架、框 - 剪、剪力墙等多种结构体系的近似计算公式的推导及阐释,现行规范的一些概念如结构体系的不规则定义、变形限制、各种调整系数的解释等。虽然多媒体教学缓解了板书授课占用时间多的问题,但 32 课时依然不够用,教师不得不为了讲得全而讲得快,或讲得慢却内容少且粗略,学生对学过的知识点不感兴趣,而新的问题却没有足够时间理解,对教学效果产生不利影响。

(2)教学过程显得枯燥乏味。高层课程因其特点,存在很多理论推导,且结论都用于计算内力及构件设计。虽然现在多媒体教学中插入很多典型高层建筑结构的图片,但教学依然偏重理论推导和计算,再加上课时少而内容多,学生产生枯燥感,无法提高其学习的主动性。

(3)从“构件/平面层次”到“结构/空间层次”转换的效果差。高层课程的学习方式与先前学习的课程有较大不同,比如材料力学、钢筋混凝土结构、钢结构等,往往侧重对单个构件进行截面设计或验算,或者是平面问题的结构力学,学生形成一种习惯性的“构件/平面思维”。而高层建筑结构贴近实际工程,其不再是研究“构件/平面层次”,而是典型的“结构/空间层次”,简化为平面问题是有条件的,需要从“空间整体思维”角度考虑问题。然而,在传统教学模式下,学习思维方式从“构件/平面层次”到“结构/空间层次”转变的效果差,导致分析问题时不由自主地局限于平面思维,进而导致对概念的片面理解,毕业设计时概念性错误屡见不鲜等。

(4)与工程设计实践联系不密切。主要体现在两方面,一方面是对着教材讲解相关规范规定条文,设计理论和规范内容割裂,导致学生对规范理解不透彻,在实践中不会正确查找规范,更不会灵活运用。另一方面体现在与结构设计软件(最常见为 PKPM 系列)的结合差,以 PKPM 为代表的暗箱操作软件在工程设计中得到普遍应用,但结构设计程序应用课程仅讲解具体操作步骤,高层课程又因课时少而忽略了结构设计程序部分。导致学生在毕业设计甚至在参加工作后,对程序的基本理论假定、限制条件等缺乏了解,导致完全依赖程序计算结果,而不是有效地利用程序为设计服务。

(5)课程考核方式不尽合理。大多院校对该课程的考核方式为平时成绩 30%(或 20%),期末考试 70%(或 80%)。期末考试采取开卷(或闭卷),试题包括填空、简答(或名词解释)、计算等,而平时成绩则根据作业和课堂表现综合评定。这样传统的考核方式无法有效检验学生掌握这门课程的效果,该课程对学生今后从事设计与施工起到直接作用,工程实践中更关注的是如何灵活运用所学知识独立完成结构设计,或施工过程中利用所学知识读懂图纸以及发现存在的问题,即更多是检验学生应用与实践的能力而不是掌握知识点的效果。可见,当前的考核方式无法检验学生的“工程能力”,无法反映《卓越工程师教育培养计划》的教育目的。

四、课程的教学改革

(1)教学内容进行调整,减少重复。高层课程综合性强,有些内容与其他专业课存在重叠现象,譬如,框架结构内力计算方法(分层弯矩分配法和 D 值

法)划归钢筋混凝土结构课程中重点讲解,在高层课程中仅作复习和总结。地震作用放在建筑结构抗震设计课程中重点讲解,而高层课程仅重点讲解结构抗震设防目标、设计反应谱的来源、底部剪力法。鉴于抗震设计在工程设计中的重要性,且两门课程在设计实践中往往紧密联系,可考虑将两门课结合为一门课程,2~3位教师分别讲解自己最擅长内容,如此,不仅消除两门课的重叠部分,而且连贯起来后能更好地培养学生的综合应用能力,提升学生的"工程能力"。

(2)加强结构概念的教学。结构设计大致分为结构方案设计、结构计算分析、施工图绘制三大部分。现实中,结构设计人员往往注重结构分析计算和施工图绘制,忽视结构方案设计。然而,结构方案设计才是重点,体现了从整体概念出发来设计结构而非拘泥于某个细节。优秀的结构方案设计,不仅结构受力合理,节约建造成本,有利于防灾减灾,更表明结构工程师掌握了丰富的结构概念,结构概念越丰富则结构概念设计做得越好,反之随着实践的增长,结构概念越丰富,设计成果也越来越创新、完美。因此,在高层课程中不仅要将概念设计贯穿始终,还要强调结构概念。讲到结构布置的扭转规则性时,不仅要讲清楚其中水平位移计算的前提条件,如楼板不是按 PKPM 软件默认的刚性楼板假定而是实际刚度的弹性体,采用的水平力是"给定水平力"而非任意水平力,其中两端的弹性水平位移是指位于主体结构而非悬挑构件(如阳台)部分等,而且要讲解这些前提条件的意义。同时结合具体工程讲解扭转严重不规则时,如何在不影响建筑使用功能及立面造型的前提下通过修改局部予以改善,如简单的加密周边柱子(不影响建筑内部空间)等。讲解结构侧移时,结合数学力学相关概念让学生透彻理解什么是剪切(弯曲)型侧移曲线,在水平均布荷载 q 作用下,将横坐标定义为结构侧移 δ、纵坐标定义为结构高度 z(最高点为 H),根据 Timoshenko 梁理论[6]可知,任意高度 Z 处的挠度(侧移)δ 由两部分组成:弯曲变形 δ_m 和剪切变形 δ_v,其中 $d\delta_{m2}/dz^2 = M(Z)/EI = q(H-Z)^2/EI$,积分并考虑边界条件得

$\delta_m = q(Z^4 - 4Z^3H + 6Z^2H^2)/24EI$, $d\delta_v/dz = \alpha_s V(Z)/GA = \alpha_s q(H-Z)/GA$,得 $\delta_v = \alpha_s q(HZ - 0.5Z^2)/GA$,其中 E、G、I、A、α_s 分别为弹性模量、剪切模量、截面惯性矩、截面面积、剪切系数。框架结构可视为截面高度(框架跨度)很大、空腹(腹板几乎没有)的悬臂梁,再考虑到框架结构总高 H 往往不大,EI 很大而 GA 较小,故框架结构的 δ_v 远大于 δ_m,表现为剪切型侧移;剪力墙结构可视为实腹型悬臂梁,根据力学知识,再考虑到剪力墙结构的总高度 H 往往较大,故其 δ_m 远大于 δ_v,表现为弯曲型侧移。δ_m、δ_v 的二阶导数分别为 $q(H-Z)^2/2EI$、$-\alpha_s q/GA$,显然前者为正、后者为负,由数学知识并结合到自变量 z 为纵坐标可知,曲线外形为前者左凸、后者左凹,深刻地解释了随着高度增加,弯曲型侧移的层间位移增加,而剪切型则降低的规律。如此,将结构知识与力学概念联系,增强学生运用力学概念进行结构分析的能力,再与常见讲解方式(框架结构层间位移为层间剪力与该层总 D 值之比,楼层越低层间剪力越大但每一层总 D 值差异相对较小,故而层间位移呈现下大上小的特点)结合,加深学生对弯曲型、剪切型侧移概念的理解。

(3)增加结构设计程序的教学。工程结构的分析计算往往由计算机程序完成,而结构设计程序应用课程(以 PKPM 系列为主)往往侧重讲具体的建模操作步骤,学生往往不会根据工程实际正确调整软件中各种参数,不会判别计算结果是否正确。在高层课程中不介绍具体操作,但介绍软件中的计算假定(如核心模块 SATWE 中"墙元"有哪些假定)、程序中各种参数的意义、计算结果的判别等。在介绍其中参数时,应结合课程内容讲解为什么调整,如仅作为梁间荷载输入的填充墙,其增强了框架结构的刚度,从而降低了框架结构的周期,故需要将结构分析模型的周期乘折减系数。讲解如何利用周期、振型、位移等来判断计算结果的合理性,如何根据周期序号、平动/振动的系数等来判断扭转振动是否明显,如何判断是否出现平面或竖向不规则,出现严重不规则或者明显扭转振动后如何在结构方案设计中进行调整等。结合结构设计程序应用课程,教师可提供一个不合理的结构方案,让学生课后用 PKPM 进行建模分析,下次课让学生根据计算结果说明结构方案哪里不合理,有哪些改进措施,最后教师进行点评,提高学生的工程能力。

(4)调动学生课堂积极性。笔者的教学经历表明,以下几个措施往往能激发学生学习兴趣、调动课堂积极性。其一是对典型高层建筑实例进行讲解,不仅介绍其先进性(如施工方法等),更要针对其不合理的地方进行批判。如为了获得"世界第一高"的虚名而大量增加无建筑使用功能的塔尖。其二是反例教学法[7],用一些工程事故、不合理的结构设计方案,作为反面案例来激发学生的学习兴趣,培养学生

的工程安全意识,通过引导学生分析其原因并提出解决方法,提升学生的工程能力。案例与理论知识点及教材中规范条文的有效衔接,不仅可加深学生对结构概念和规范条文的理解,还可把抽象、枯燥的规范条文运用于具体工程,加强学生工程能力的培养。其三是科研反哺教学,在课堂中结合当前的相关科研成果,如研究成果在最新设计规范中体现在哪里,与高层结构相关的科研趋势及其对工程设计带来的影响等。

(5)联系工程实践。高层课程是所有专业课程的集大成,与设计实践直接相关。可考虑将本门课程与设计实践相结合,在学生掌握理论知识的同时加强实践能力。比如通过具体工程实例和相关施工图,向学生介绍一些常见的结构构造细部做法、混凝土结构施工图平面表示法等,拓展学生的专业素质,提高学生的学习能力、查找资料能力。

(6)改革考核方式。为达到应用型人才的培养要求,改变考核方式,参照注册工程师考试形式,允许学生携带教材,着重考核学生运用所学理论知识解决实际工程问题的能力,有助于学生对规范的理解,有助于毕业后工作中通过执业资格考试,有助于工程能力培养,达到应用型人才培养的要求。

五、结语

高层建筑结构设计是一门综合性、实践性强的课程,对其教学内容、教学方式进行改革,由单纯传授知识向培养工程能力转变,取得了一定的成果。但由于教学改革是一项系统工程,加上各种因素的影响,该课程的改革还有很多事情要做,只有不断努力和实践,才能达到“卓越工程师”的人才培养目标。

参考文献:

[1]李国强,陈以一,朱合华,等.土木工程专业结构工程课程体系与教学内容改革总体方案[J].高等建筑教育,2002,43(2):53-54.

[3]刘金云,刘文祥.基于学生生源特点探讨高层建筑结构课程教学改革[J].高等建筑教育,2010,19(3):64-66.

[2]钱稼茹,赵作周,叶列平.高层建筑结构设计[M].中国建筑工程出版社,2013.

[4]陈小英,陈明政,黄林青.《高层建筑结构设计》课程教学内容的探讨[J].重庆科技学院学报:社会科学版,2009(6):202-203.

[5]安静波,王春红.高层建筑结构设计课程的教学改革与实践[J].高等建筑教育,2014(2):44-46.

[6]Timoshenko S P, Gere J M.韩耀新,译.材料力学[M].科学出版社,1990.

[7]李庆涛,袁广林.反例教学法在钢筋混凝土结构设计教学中的探索与实践[J].高等学刊,2016(7):142-144.

Exploration of teaching reform in high-rise building structure design course based on the improvement of engineering practice ability

ZHAO Bida[1], LIU Chengqing[2], YUAN Weibin[1]

(*1. College of Building Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, P. R. China*;
2. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, P. R. China)

Abstract: The background of teaching reform of high-rise building structure design course was analyzed; based on teaching practice of the course, the teaching problems of complex contents, boring teaching process, alienated theory from engineering practice, unreasonable assessment methods and other problems existing in the course were analyzed and summarized. In order to improve college students' engineering practice ability, teaching reform for the course was suggested and explored, the measures including adjusting teaching contents, emphasizing structure concept, increasing the teaching of structure design software, perfecting assessment mode and so on.

Keywords: high-rise building structure design; teaching contents; teaching reform; engineering practice ability

(编辑 周 沫)