

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2016.04.022

以卓越工程师培养为目标的设计类课程教与学

——以土木工程专业建筑混凝土结构设计为例

高向玲,赵宪忠

(同济大学 土木工程学院建筑工程系,上海 200092)

摘要:同济大学土木工程专业自2010年以来结合“卓越工程师教育培养计划”制定了新的培养方案,更加注重提升学生的工程能力和创新能力。土木工程专业本身是一门实践性非常强的学科,每个课群方向都有对应的实践教学环节,针对实践教学环节承上启下的作用,提出了设计类课程中的几个关键知识点。对于建筑工程课群方向,建筑混凝土结构课程设计是首次理论与实践结合的教学环节,通过专业实践课程培养学生结合相应的设计规范、图集以及制图规范独立确定结构方案进行结构设计的能力,使学生从纯理论的书本知识学习向工程师思维转变,按行业标准培养学生从工程师角度提出问题、解决问题的能力,以及独立进行结构设计的能力。

关键词:土木工程专业;卓越工程师;教学方法;专业实践;建筑混凝土结构设计

中图分类号:G642.3;TU318

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2016)04-0090-05

“卓越工程师教育培养计划”是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》的重大改革项目,也是促进我国由工程教育大国迈向工程教育强国的重大举措,旨在培养造就一大批创新能力强,适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,对促进高等教育面向社会需求培养人才,全面提高工程教育人才培养质量具有十分重要的示范和引导作用。同济大学土木工程专业自1998年起,按照宽口径人才培养模式进行了重组,实施知识体系改革与建设,自2001年起,更加注重学生工程素质和实践能力的培养与提升。2005年,同济大学土木工程专业的人才培养体系进一步向创新意识和国际视野这一更深层次发展。2010年以来结合国家首批“卓越工程师教育培养计划”的土木学科专业要求,重新修订了土木工程专业培养计划,在人才培养模式上更加注重学生的工程实践能力和创新能力。土木专业的学生不仅要具有深厚的科学和人文素养,掌握土木工程学科的原理和知识,基础理论扎实,专业知识宽厚,实践能力突出,能胜任一般土木工程的设计、施工和管理的工作,而且要能从事投资与开发等工作,具有继续学习能力、创新能力、组织协调能力和团队精神及国际视野。

收稿日期:2015-11-17

基金项目:同济大学教改项目“土木工程专业复合人才培养模式的探索与实践”

作者简介:高向玲(1968-),女,同济大学土木工程学院建筑工程系副教授,博士,主要从事混凝土结构研究,(E-mail)gaoxl@tongji.edu.cn。

一、课程设置的目的是

针对目前土木工程专业的人才培养目标,该专业的学生在大学一、二年级接受的是专业基础性教育。在大学三年级时开始进行课群方向的分流,课群方向主要包括地下工程、桥梁工程、岩土工程、道路工程、轨道交通工程、水利工程和建筑工程。针对卓越工程师的培养计划,按照通用标准和行业标准培养工程人才,强化培养学生的工程能力和创新能力。从2014级本科生开始,改变以往课程设计随课程进行的现状,强化知识系统性、连贯性,培养学生的工程能力。学生在三年级第一学期和第二学期的前九周系统进行课群方向专业课基础理论知识的学习,第二学期的后九周将进行相关专业课的课程设计学习。学习基本理论的最终目的是学以致用,而实践课程正是基本原理与工程实践之间的桥梁,经过这一环节的训练,通过具体的结构设计,使学生形成一个系统、完整的结构概念,而不是支离的构件层次上的概念。在整个课程设计过程中,学生应按行业标准要求应用相关的结构设计规范,逐步具有工程师的思维方式。从整体上把握结构,强调结构整体性的受力分析,并结合结构所在地的实际情况进行材料的合理选择,同时应加强有关设计规范和制图标准的学习,注重有关的构造要求,最后进行结构施工图的绘制和出图。通过这一相对系统的土木工程师基本培养训练,学生应初步具备从事其课群方向的结构设计能力。

土木工程专业建筑工程方向的学生为了获得良好的工程师培训,强化工程能力和创新能力,更好地胜任房屋工程的设计、施工与管理的工作。该课群方向的学生在校期间应进行一系列的实践课程培训,学生将在九周的时间集中学习建筑混凝土结构与砌体结构设计、建筑钢结构设计等课程。

通过建筑混凝土结构与砌体结构设计课程的实践学习,学生应掌握砌体结构房屋以及混凝土单层厂房的设计。与该课程紧密相关的理论基础课程是混凝土结构基本原理^[1-2]和砌体结构^[3-4],通过这两门课程的课堂教学,学生应掌握建筑混凝土结构以及砌体结构的材料力学性能、各类受力构件的承载力计算、混凝土楼板及楼梯等的受力分析和设计计算、混凝土结构和砌体结构房屋整体力学模型建立和内力计算方法。在此基础上,学生进行两个完整的结构体系设计,主要内容包括结构方案的确定、

荷载的取值、厂房预制构件的选取、结构的内力分析、构件的设计,以及地基基础设计,并熟悉有关规范,明确结构施工图的表达内容和表达方式,从而初步达到按行业标准进行结构设计的工程能力,为毕业设计阶段与企业结合,进行大型复杂工程项目的管理、创新奠定基础。

二、课程学习基本要求

建筑混凝土结构与砌体结构设计要求学生进行两种类型房屋的设计,一类是砌体结构房屋,另一类是混凝土单层排架结构厂房,通过这两个设计任务使所学的基本理论知识在实践中得到综合运用,并且按行业标准应用相关的规范、图集,培养学生的工程能力。

(一)砌体结构房屋的设计

通过该项目的设计,初步掌握一般砌体结构房屋设计的方法,具体要求如下:

- (1)掌握砌体结构房屋静力计算方案的一般原则;
- (2)掌握钢筋混凝土楼盖结构布置的一般原则;
- (3)掌握钢筋混凝土连续梁、板、楼梯的设计方法;
- (4)掌握砌体墙体的设计方法;
- (5)掌握墙下条形基础的设计方法;
- (6)熟悉相关的规范、规程以及图集。

(二)单层工业厂房排架结构的设计

通过此工程的设计,初步掌握单层工业厂房排架结构的设计方法,具体要求如下:

- (1)初步掌握钢筋混凝土单层厂房结构布置和结构选型的原则;
- (2)掌握单层厂房荷载效应组合的方法;
- (3)掌握装配式结构计算的特点及节点构造设计;
- (4)熟悉装配式钢筋混凝土结构房屋施工图的绘制方法;
- (5)掌握墙下条形基础及柱下独立基础的设计方法;
- (6)熟悉相关的规范、规程以及图集。

此次课程设计是两个完整的结构体系训练,严格按照结构设计流程进行把控,学生应掌握工程计算书所包含的信息,计算书务必条理清楚,书写规范,便于校对;结构施工图要求能准确表达设计意图,图面布置匀称美观、线条清晰、字体端正、尺寸详

细,符合施工图要求,图纸采用CAD绘制并打印出图,为了训练学生的绘图基本功,要求应有1~2张的手绘图纸。通过这两个完整的房屋工程训练,学生应初步学会从工程师的角度考虑问题:一是要全面,从结构整体出发,包括结构选型以及经济性的比较;二是设计必须结合实际(地质情况、材料供应、施工难易程度等),从而设计出结构体系合理、传力明确、便于施工、经济合理的房屋。

三、课程学习中关键知识点的掌控与改进

在进行设计课程时,教师应明确卓越工程师的培养要点,按行业标准要求,强化学生的工程能力和创新能力。教师应采用实际案例,并且控制整个设计进度,最终使学生从实际工程入手进行结构设计。围绕卓越工程师培养这一目标,在建筑混凝土结构与砌体结构设计过程中,关键知识点的讲解应从工程师的角度出发。

(一) 实践案例的提出

在以往的课程设计中,通常教师会提供一份完整的课程设计任务书,任务书中将结构方案、结构设计的有关参数甚至计算的主要步骤等均逐一列出,学生基本上按照教师提供的参数进行计算即可,而对于参数“如何确定”以及“为什么这么取”这些关键问题则一带而过,由此将“设计”变成了“计算练习”,学生缺少独立解决实际工程问题的能力,没有真正达到培养工程师的目的。

针对目前普遍存在的情况,在此特别强调实践案例是学生进行实践课程的前提条件,案例应具备合理性、可行性以及代表性,案例应根据实际工程提出,不应过多地给出结构设计的确定性参数,应由学生根据建筑方案确定结构方案,从而逐一确定相关的结构参数,进一步完成结构设计。这样一个完整的训练是土木工程专业建筑工程课群方向必不可少的实践环节,也是学生第一次接受完整的结构设计,良好的职业习惯应在此阶段逐渐形成。

(二) 结构方案的选型及整体体系的概念

结构设计的第一步是根据建筑方案进行结构方案的选型,主要内容包括竖向结构体系、水平结构体系等。对于这两个设计而言,结构竖向体系基本明确,但学生应进行承重墙体、柱的合理布置和基础选型,现浇混凝土肋型楼盖中主、次梁的合理布置,明确预制楼板的选型依据等,并在此基础上初步确定构件的尺寸。

学生在前期的专业课程学习中,主要学习各类基本构件的受力分析和设计,因此结构整体的概念相对较弱,而结构的构件设计相对较强。在基础理论学习阶段,梁、板、柱以及砌体墙体等构件的内力是作为已知条件给定的,是在已知荷载或内力的情况下进行构件设计,但对于构件的内力是如何得到的,并没有十分明确的认识。这一点正是课程设计需要强调并完善的知识点之一,培养学生从整体上把握结构体系,明确合理的结构选型比单纯的计算正确更为重要。

(三) 力学计算简图的确定

这一步骤是培养学生从工程师的角度出发全面考虑问题的重要一步,结构体系的计算模型是将空间的结构简化为力学模型,从而明确结构的内力计算方法。此部分内容对于混合结构房屋应确定静力计算方案,对于厂房应确定排架的计算简图,要求学生根据实际工程确定各种荷载的取值,然后进行各种荷载作用下的内力计算,进而进行内力组合,并根据控制截面的内力组合进行竖向构件的设计(墙体、排架柱)。在进行柱的正截面承载力计算时应注意柱的轴力和弯矩对应关系,在进行柱的斜截面承载力计算时应注意柱的剪力和轴力对应关系,合理选取柱的控制截面内力,进行柱的配筋设计。设计中未考虑地震作用时,应明确房屋不考虑地震作用的条件。

在混凝土肋梁楼盖设计中,次梁、楼板按连续梁进行内力计算(按塑性理论计算内力),同样主梁也是按照多跨连续梁设计(按弹性理论计算内力)。此时应明确两个概念:一是主梁作为连续梁计算的条件,二是主梁下的支承简化为铰支座的条件。第二点学生通常不加考虑,参照书上例题按铰支座进行分析,到毕业设计时,学生对框架结构的主梁也按多跨连续梁计算,所以应明确支承简化的条件,从结构整体上分析结构。同时应注意屋面按弹性理论计算内力,主梁应进行变形和裂缝宽度的验算。

(四) 相关规范的合理应用

按照工程师的培养计划和行业标准培养工程人才。此实践课程是学生第一次进行房屋结构的设计,应通过此实践课程的锻炼,使学生学会应用规范,并逐步熟悉相关的规范,如《建筑结构荷载规范》^[5]《混凝土结构设计规范》^[6]《砌体结构设计规范》^[7]和《建筑地基基础设计规范》^[8]等。通过对规

范中相关条文的应用,达到初步进行工程师培训的目的。通过这一环节,使学生初步形成独立自主的学习能力。这一观念的形成对学生后续专业课学习、设计能力提高以及分析和解决实际工程问题均十分有益。

(五)结构的构造措施以及选材

结构的构造措施因没有具体的工程实践,是学生掌握比较薄弱的环节。在此特别强调构造措施的重要性,构造措施是保证结构安全的必要措施,房屋所用建筑材料钢筋、混凝土、块体以及砂浆的选取既应满足相关规范对材料强度等级的要求,又要符合房屋所在地的实际情况,合理选材。

同时应注意《砌体结构设计规范》^[6]中第4.3.5条地面以下或防潮层以下的砌体墙所用材料的最低强度等级。一般构造要求中的第6.2.7条和第6.2.8条,当梁的跨度达到一定值时,应考虑设置垫块、壁柱。同时关注第6.5条中防止或减轻墙体开裂的主要措施,以及构造柱、圈梁的合理设计。对于厂房应注意排架柱、吊车梁、抗风柱与预制构件的连接部位以及预埋件的设置。在进行牛腿设计时,应特别注意《混凝土结构设计规范》^[5]对于牛腿的构造要求。让学生意识到结构设计并不仅仅是承载力的计算和变形、裂缝宽度等,还需有必要的构造措施,才能设计出安全合理的结构体系。

(六)预制构件的选型

对于钢筋混凝土单层工业厂房排架结构需进行屋面板、屋架、天窗架、天沟、吊车梁、基础梁等混凝土预制构件的选型。在此应着重培养学生搜集相关资料以及根据资料选取有关构件的工程能力,同时亦应结合当地的实际情况,考虑预制构件的承载力、使用范围、运输以及安装等成本。应从工程师的角度全面考虑问题,而不是单纯受力和计算。此阶段相对应的图集主要包括:

(1)04 G410—1 1.5 m×6.0 m 预应力混凝土屋面板(预应力混凝土部分);

(2)04 G410—2 1.5 m×6.0 m 预应力混凝土屋面板(钢筋混凝土部分);

(3)04 G415—1 预应力混凝土折线形屋架(预应力钢筋为钢绞线,跨度18~30 m);

(4)95 G316 标准图 II 型钢筋混凝土天窗架;

(5)04 G323—1 钢筋混凝土吊车梁(工作级别 A6);

(6)04 G323—2 钢筋混凝土吊车梁(工作级别 A4、A5);

(7)04 G320 钢筋混凝土基础梁;

(8)05 G336 柱间支撑;

(9)起重机产品样本(2004年),机械工业出版社。

(七)基础的布置以及设计计算

建筑工程专业学生对地基基础部分相对比较陌生,从实际工程角度出发,应提供给学生一份完整的地质勘察报告,而不是仅给出持力层的地基承载力。学生应通过查阅地质勘察报告,进行持力层的选取,确定基础埋深等,进行基础尺寸的确定。通过此次课程设计实践,使学生熟悉两类基础形式以及《建筑地基基础设计规范》^[8]。对于混合结构房屋砌体墙体采用墙下条形基础形式,对于单层排架混凝土结构厂房建议采用柱下独立基础形式。应特别注意在确定基底面积时根据地基承载力以及基底的总反力确定,而在进行基础本身的承载力设计时应采用地基的净反力。学生根据实际地质情况和结构体系进行持力层的选取和基础选型设计。

(八)结构施工图的绘制

图纸是结构工程师的语言,图纸表达应清晰、简明,能够准确反映设计意图,符合设计、施工、存档的要求,适应工程建设的需要。图纸应符合《房屋建筑制图统一标准》^[9]《建筑结构制图标准》^[10]等制图规范的要求,保证图纸质量。线条粗细适当,文字大小合适,同时应完成一定量的CAD制图和手绘制图。学生还应熟悉国家建筑标准设计图集^[11],通过完整的结构施工图绘制以及出图,学生能全面掌握施工图的表达方式。

四、结语

卓越工程师的培养要求是按行业标准培养工程人才,强化学生的工程能力和创新能力。实践课程是理论课程与实际工程相结合的桥梁,通过实践环节的教学,学生可进一步巩固所学的基本理论知识,同时加强理论知识的应用,解决实际工程问题,做到学以致用。培养学生从工程师的角度在结构整体上把握结构,确定结构方案、荷载、计算模型、构件选型等,并应具有经济意识,注重结合地方的实际情况。通过这一阶段的强化训练,全面提高学生的工程能力和创新能力。

参考文献:

- 建筑工业出版社,2010.
- [1] 顾祥林. 混凝土结构基本原理[M]. 上海: 同济大学出版社, 2012.
- [2] 顾祥林. 建筑混凝土结构设计[M]. 上海: 同济大学出版社, 2012.
- [3] 苏小卒. 砌体结构设计[M]. 上海: 同济大学出版社, 2013.
- [4] 高向玲. 砌体结构[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [5] GB 50009—2012 建筑结构荷载规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [6] GB 50010—2010 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [7] GB 50003—2011 砌体结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [8] GB 50007—2011 建筑地基基础设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [9] GB/T 50001—2001 房屋建筑制图统一标准[S]. 北京: 人民出版社, 2001.
- [10] GB/T 50105—2001 建筑结构制图标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [11] 11G101—1,2,3 混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图[S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.

Design contents and teaching methods of the course of building concrete structures design

GAO Xiangling, ZHAO Xianzhong

(College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, P. R. China)

Abstract: Since 2010, the training program for the civil engineering major has been adjusted to meet the requirement of the excellent engineering education in Tongji University. The undergraduate students of civil engineering major need to be able to solve practical problems and its every professional direction should have corresponding practical teaching steps. The practical courses are a connecting link between the basic theory and the practical application and several key points in the design courses are presented to improve the teaching method of the courses. For Building Concrete Structures Design, it is the first time that the basic theory should be combined with the practice. Through the practical course the undergraduate students should be familiar with the related design code, professional atlas and drawing specifications. Meanwhile, they should be able to determine the structural scheme of the buildings and to analyze and design the structures by themselves. The primary aim of the design courses is to train the undergraduate students to solve the engineering problems as an engineer. Therefore through the course study, the undergraduate students can identify and solve practical problems and can design the reinforced concrete building structures independently.

Keywords: civil engineering major; excellent engineering talents; teaching method; professional practice; building concrete structure design

(编辑 周沫)