

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2016.05.033

钢筋混凝土楼盖课程设计教学探索与实践

李永梅

(北京工业大学 建筑工程学院 工程抗震与结构诊治北京市重点实验室,北京 100124)

摘要:课程设计是培养学生理论联系实际、检验教学效果、实现卓越工程师培养目标的重要实践教学环节。针对土木工程专业钢筋混凝土楼盖课程设计存在的问题,与现行国家规范紧密联系,文章对RC楼盖设计进行有益的教学探索与实践,以夯实学生所学的理论知识,激发学生主动学习的兴趣,强化学生的工程意识,培养学生独立完成设计的能力。

关键词:钢筋混凝土结构;楼盖;课程设计;教学研究

中图分类号:G642.0;TU375-4 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2016)05-0141-04

实践环节是培养学生创造性思维和实际工作能力的重要教学手段。课程设计是土木工程专业实践性教学环节的重要组成部分。混凝土结构设计作为土木工程专业第一门直接面向工程技术应用的课程,是建立学生工程性思维和传授工程科学方法的重要课程。该课程的实践环节设置有“钢筋混凝土楼盖课程设计”和“单层工业厂房结构课程设计”。钢筋混凝土楼盖课程设计是学生遇到的第一个专业课程的实践性教学环节,是学生首次进行较为全面的房屋结构设计训练。学生毕业后进入设计院工作,首先面对的工作常常是各种类型的板设计和楼梯的设计,因此,楼盖课程设计是学生职业生涯的第一课。如何搞好楼盖课程设计教学,如何通过该课程设计夯实学生所学的专业知识,培养学生独立完成设计的能力,提高学生理论联系实际和综合分析问题、解决问题的能力,使课程设计真正成为毕业设计的预演,为学生今后走上工作岗位打下坚实的基础,是值得讨论和研究的重要问题。

一、钢筋混凝土结构楼盖课程设计存在的主要问题

从20世纪70年代后期到现在,尽管我国混凝土结构设计规范历经74版规范、89版规范、2002版规范,以及目前现行的2010版规范,但混凝土结构课程设计的内容变化并不大。各高校钢筋混凝土肋梁楼盖课程设计任务,普遍是设计一个多层工业厂房楼盖或民用建筑楼盖(如车间仓库、商场、图书馆书库等),多采用四周为砖墙的内框架结构形式^[1-3]。目前,钢筋混凝土楼盖课程设计往往通过调整柱网平面尺寸和荷载取值等方式形式上做到了每生一题,但设计过

收稿日期:2015-12-09

基金项目:北京工业大学教育教学研究课题(ER2015C010111)

作者简介:李永梅(1971-),女,北京工业大学建筑工程学院副教授,博士,主要从事结构工程专业教学、科研与设计,(E-mail)liy@bjut.edu.cn。

程过于格式化,即学生只要按照教材“照葫芦画瓢”,单纯机械式模仿,就能完成相应的结构计算和设计。从教学效果看,这样的设计过程无法让学生真正掌握结构设计方法,也很难激发学生学习的主动性和积极性。

二、楼盖课程设计教学改革与实践

钢筋混凝土楼盖课程设计作为土木工程专业一门重要的实践环节,教学中必须确立学生在设计中的主体地位,发挥教师的主导作用,与国家现行规范紧密联系,以便于学生更好地理解所学内容和理论联系实际,培养他们独立分析、解决问题的能力,最大限度地激发学生主动学习的意识。

(一)课程设计任务书要具有真实性,以任务驱动引领教学,按行动导向实施教学

课程设计任务书中以具体的工作任务驱动引领教学,按照“教、学、做”一体化模式组织教学,强调“为了项目工作而学习”和“通过项目工作来学习”,使工作过程与学习过程相统一,培养学生的工程意识,加强责任心和工作规范的教育。

课程设计任务书要引导学生用全局、专业的眼光去分析问题,不急于作具体构件的设计。课程设计任务书要求明确以下内容:

(1)明确所设计结构的安全等级和设计使用年限。混凝土结构的安全等级,与结构重要性系数有关。

《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)^[4]第3.4.2条和第3.4.3条中对应的“使用年限”对混凝土强度等级的最小水泥用量、最大氯离子含量、最大碱含量等均作了严格的要求。

《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)^[5](以下简称《荷载规范》)增加可变荷载设计使用年限调整系数 γ_L ,调整和完善可变荷载,适当提高安全度。由《荷载规范》第3.2.5-1条,设计使用年限为5年、50年和100年, γ_L 分别为0.9、1.0和1.1。

(2)明确所设计结构属工业建筑或民用建筑,并明确所设计建筑结构的活荷载。民用建筑和工业建筑楼面均布活荷载分别见《荷载规范》5.1和5.2,其标准值、组合值系数和准永久值系数的取值是设计的重要依据。《荷载规范》3.2.4-2条明确“对标准值大于4 kN/m²的工业房屋楼面结构的活荷载,可变荷载的分项系数应取1.3;其它情况应取1.4”。

在布置任务时,通过改变楼盖建筑功能,要求每

个学生根据下达的建筑结构的功能,自己动手从荷载规范中查得相应荷载楼面均布活荷载值。

(3)明确所设计结构的环境类别。《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)表8.2.1对混凝土保护层厚度给出了严格的限制,如当构件所处二类a环境类别时,混凝土强度等级C25~C45,板混凝土保护层的最小厚度为20 mm,梁、柱混凝土保护层的最小厚度为25 mm;当构件所处一类环境类别时,相应减小5 mm。当混凝土强度等级为C20、C25时,板、梁、柱混凝土保护层的最小厚度相应增加5 mm。

在布置任务时,要求每个学生根据下达的建筑结构环境类别,自己动手从混凝土规范中查得保护层厚度。

(4)明确建筑平、剖面尺寸、建筑标高和建筑面积。尽管学生学过房屋建筑学课程,但大多数学生作楼盖课程设计时,基本上没有建筑标高与结构标高的概念。任务书中应不仅要求绘制结构平面布置图,还需根据工程实际,提供相应建筑标高。让学生明白,给出的建筑标高是指建筑物装饰装修层完成后的标高,而用于结构计算和结构平面布置图中标注的标高应是结构标高,即装饰装修层完成前的标高。培养学生结构图应标注结构标高,而非建筑标高的工程意识。

每个学生应根据任务下达的建筑平面柱网尺寸及层高,自己确定结构方案,即学生自己布置梁、板、柱,确定楼(屋)面面层的建筑做法,即楼(屋)面保温材料、找坡层、防水材料等,并自己选定梁板所采用的混凝土、钢筋强度等级等。

(二)结构方案采用框架结构体系

楼盖课程设计采用内框架结构与现行规范和建筑业的发展趋势明显不符。《建筑结构抗震规范》(GBJ11-1989)删去了“底部内框架砖房”的结构形式。《建筑结构抗震规范》(GB50011-2001)将“内框架砖房”的结构形式限制于多排柱内框架。考虑到“内框架砖房”已很少使用且抗震性能较低,《建筑结构抗震规范》(GB50011-2010)^[6]取消了“内框架砖房”的相关内容,标志着“内框架砖房”结构形式已不复存在。因此,必须对钢筋混凝土肋梁楼盖课程设内容进行调整,选择更符合目前规范和工程实际的框架结构形式。

(三)楼盖结构布置的问题

在设计初期,由于学生无设计经验,对结构整体

力学性能概念不甚清晰,较难作出合理的结构布置。其突出的问题主要表现在如下几个方面:

学生在结构布置时,一般都是一个方向布置主梁,另外一个方向布置次梁(包括与柱相连的梁)。通常房屋横向刚度比纵向刚度弱,采用横向承重框架可以改善横向与纵向刚度相差较大的缺点,为了提高建筑物的侧向刚度,主梁宜沿建筑物的横向布置。这种结构布置形成楼盖两个方向的刚度差别较大,结构整体性差,不利于学生建立整体的结构概念,并形成结构设计只要注意一个方向的错误观点。《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)5.1.1条规定:一般情况下,应至少在建筑结构的两个主轴方向分别计算水平地震作用,各方向的水平地震作用应由该方向抗侧力构件承担^[3]。因此,对于要求计算抗震的结构而言也宜设计成双向承重框架。

(四)单向板、双向板划分的问题

单向板(即梁式板):弹性理论, l_2/l_1 (长边与短边长度之比) ≥ 2 ;塑性理论, $l_2/l_1 \geq 3$ 。《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)第9.1.1条规定:“当长边与短边长度之比大于2.0,但小于3.0时,宜按双向板计算;当按沿短边方向受力的单向板计算时,应沿长边方向布置构造钢筋。”这样,如果不能很好地学习理解规范,很可能在板的长边与短边之比大于2又小于3时,按单向板计算,其含钢量达不到新规范的要求。

(五)肋梁楼盖梁柱体系中连续梁模型和框架模型适用范围的辨析

确定框架梁、柱截面尺寸时,要考虑梁、柱线刚度比的限值,因此必须让学生明白教材中主梁计算简图采用多跨连续梁,是有局限性的;工程设计实际情况是,为满足“强柱弱梁”的抗震设计原则,在大多数情况下,主梁计算简图实为框架结构。当计算简图为框架结构时,主梁的内力计算方法与多跨连续梁就有了本质的不同。通常当梁、柱的线刚度比大于3~5时,由于柱对梁的约束作用较小,而将柱作为梁的不动铰支座,梁按铰支于钢筋混凝土柱上的连续梁模型计算。当梁、柱的线刚度比小于3~5时,必须考虑柱对梁的约束作用,此时梁柱节点为刚性结点,梁与柱共同形成框架,简化为框架模型计算,按框架进行结构分析^[1]。值得注意的是,一般多层房屋中梁柱为刚接的框架结构,各层柱的计算长度 l_0 按《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)表

6.2.20-2取用,现浇楼盖,底层柱1.0H;其余各层柱,1.25H。

(六)基本组合的荷载分项系数问题

通常参考教材中仅考虑“1.2×永久荷载标准值+1.4×可变荷载标准值”作为楼板荷载组合设计值,因此必须让学生明白基本组合的荷载分项系数问题,引导学生研读规范条文。

《荷载规范》3.2.3条:荷载基本组合的效应设计值应从可变荷载控制的效应设计值与永久荷载控制的效应设计值中,取用最不利的效应设计值。

《荷载规范》3.2.4-1条:当永久荷载效应对结构不利时,对由可变荷载效应控制的组合,永久荷载的分项系数应取1.2,对由永久荷载效应控制的组合,永久荷载的分项系数应取1.35;当永久荷载效应对结构有利时,永久荷载的分项系数不应大于1.0。

《荷载规范》3.2.4-2条:对标准值大于4kN/m²时的工业房屋楼面结构的活荷载,荷载分项系数应取1.3。

(七)改进楼盖配筋方式

目前教材、参考书中,为了节省钢筋,楼盖配筋方式仍多采用以前倡导的弯起式。《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)第9.1.4条规定:“采用分离式配筋的多跨板,板底钢筋宜全部伸入支座;支座负弯矩钢筋向跨内延伸的长度应根据负弯矩图确定,并满足钢筋锚固的要求。”分离式配筋施工方便,已成为工程中钢筋混凝土板的主要配筋方式。在主梁配筋计算时,建议不要考虑主梁上、下部钢筋的联系,不使用弯起钢筋,主梁斜截面抗剪由箍筋承担。

(八)应进行结构构件裂缝宽度验算

目前教材、参考书中,楼盖课程设计示例一般未进行裂缝宽度和挠度验算。若板的跨厚比钢筋混凝土单向板不大于30,双向板不大于40;次梁、主梁截面尺寸满足高跨比要求,挠度验算可忽略;但对板、梁必须进行裂缝宽度验算,是不应忽略的,否则不能保证结构构件正常使用极限状态要求。

(九)应重视构造钢筋

构造问题是结构和构件承载受力的基本条件。若不能满足,则结构分析和截面设计中的基本假定和计算简图就根本不能成立,设计出来的结构安全度就会大有问题。譬如,当按简支边或非受力边设计的现浇混凝土板,当与混凝土梁整体浇筑时,板面构造钢筋从混凝土梁边、柱边伸入板内的长度不宜

小于 $l_0/4$; 当整体浇筑嵌固在砌体墙内时, 钢筋伸入板内的长度不宜小于 $l_0/7$ 。若是框架结构, 板面构造钢筋从混凝土梁边、柱边伸入板内的长度不宜小于 $l_0/4$, 不是教材中的 $l_0/7$ ^[7]。

(十) 积极推进手算、电算的结合

课程设计教学内容若仍采用手算体系的教学框架, 将明显与当今信息化社会脱节^[8]。引入 PKPM 系列软件中 PMCAD 的教学内容, 对结构布置和结构计算部分, 采用“先手算、后电算”, 对结构施工图的绘制采用 PMCAD 与 AUTOCAD 相结合, 加强电算与手算相结合, 以及结构构造措施环节的建设, 培养学生手算、电算和概念分析等能力, 激发学生自主学习的兴趣。

三、结语

针对钢筋混凝土楼盖课程设计中存在的突出问题, 围绕提高教学质量, 培养学生工程实践能力的主线, 充分发挥教师的主导作用, 确立学生的主体地位, 使学生通过课程设计对建筑结构设计有较全面的理解和认识, 逐步建立工程思维方式, 提高学生发现问题、分析问题和解决工程实际问题的技能, 为毕

业设计和今后从事结构设计工作奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 白国良. 混凝土结构设计[M]. 新一版. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2011.
- [2] 侯治国. 混凝土结构[M]. 第4版·修订版. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2011.
- [3] 沈蒲生. 混凝土结构设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [4] 东南大学, 同济大学, 天津大学. 混凝土结构(中册)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [5] 中华人民共和国住建部. 建筑结构荷载规范 GB50009 - 2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [6] 中华人民共和国住建部. 建筑抗震设计规范 GB50011 - 2010[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [7] 中华人民共和国住建部. 混凝土结构设计规范 GB50010 - 2010[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [8] 李永梅. RC 楼盖课程设计引入 PKPM 软件的教学实践[C]. 第十三届混凝土结构教学研讨会论文集, 昆明理工大学学报: 社科版, 2014, 26 卷, 40 - 43.

Teaching practice and exploration of the curriculum design of monolithic reinforced concrete floor

LI Yongmei

(Beijing Key Laboratory of Earthquake Engineering and Structural Retrofit, College of Civil Engineering and Architecture, Beijing University of Technology, Beijing 100124, P. R. China)

Abstract: The course design is an important practical teaching link to cultivate students' ability on theoretical application, testify teaching effect and complete the aim on outstanding engineers. Aiming at those main problems on the curriculum design of monolithic reinforced concrete floor for civil engineering specialty, some good teaching practice and exploration have been carried out by means of the close combination with present country code, which can advantage students.

Keywords: reinforced concrete structures; monolithic floor; curriculum design; teaching research

(编辑 王 宣)