

结构电算在土木工程专业课程设计教学中的应用

李永梅¹, 孙国富¹, 董 峥¹, 郑志英²

(1. 北京工业大学 建筑工程学院, 北京 100124; 2. 北京石油化工设计院有限公司, 北京 100101)

摘要: 课程设计是土木工程专业教学计划中的一个重要环节。结合土木工程专业混凝土结构课程设计的教学实践, 将 PKPM 系列结构设计软件 CAI 教学引入课程设计教学环节, 加强手算与电算相结合环节的建设, 使理论教学与工程实际更加紧密。从而保证这个重要环节手段先进、实践性强。其意义在于创建“对比复核式”的课程设计新模式、以便培养出更加适应市场需要的土木工程专业人才。

关键词: 土木工程; 课程设计; CAI 教学; 结构电算

中图分类号: TU-4

文献标志码: A

文章编号: 1005-2909(2009)05-0112-04

现代结构工程趋向大型化、复杂化, 结构分析很难靠手算来完成。目前, 设计单位在进行结构设计时, 普遍利用结构软件来完成结构计算和施工图, 最后经过手工复算来调整完善施工图。鉴于计算机辅助设计已经在工程设计中得到广泛应用, 计算机应用能力是衡量毕业生能力的一个重要指标, 熟练使用结构设计应用软件是土木工程专业学生应具备的基本能力。因此, 面对计算机技术的迅速发展, 以及工程设计日益计算机化的大趋势, 高校土木工程专业建筑结构方向的课程设计必须改变原有的传统“纯手算”教学模式, 激发学生学习兴趣, 合理的分层次地引入目前国内应用最为广泛的 PKPM 系列设计结构软件的 CAI 教学, 让学生了解此系列软件的一般性能和使用方法, 基本掌握结构设计的完整步骤和相关内容, 提高学生结构设计能力、更好地完成毕业设计等。为此, 本人将其应用于混凝土结构课程的“钢筋混凝土楼盖结构设计”、“单层工业厂房钢筋混凝土结构设计”两个课程设计中, 提出手算、电算“对比复核式”新的课程设计教学模式, 使理论教学与工程实际紧密地结合在一起。

一、构建土木工程专业课程设计的 PKPM 系列结构设计软件的 CAI 系统教学内容

受学时所限, 在课程设计的选题上应突出以基本训练为主, 设计题目应该典型, 但难度和规模适中, 一定要适合手算复核, 不片面追求大和难, 让学生通过做课程设计, 了解实际工程结构设计的基本程序和掌握结构设计的方法, 真正达到基本训练的目的, 为毕业设计打下坚实的基础。

收稿日期: 2009-08-22

基金项目: 北京工业大学教育教学研究项目(ER2009-B-42)

作者简介: 李永梅(1971-)女, 北京工业大学建筑工程学院副教授, 工学博士, 国家一级注册结构工程师,

主要从事建筑结构研究, (E-mail)liyongmei@bjut.edu.cn.
欢迎访问重庆大学期刊社, <http://jks.cqu.edu.cn>

PKPM 系列结构设计软件要用到结构力学、建筑结构、建筑抗震、地基基础等大量理论知识。根据混凝土结构课程设计的任务要求,教学内容选定 PKPM 系列结构设计软件中最基本、最常用的五部分:结构平面计算机辅助设计软件(PMCAD)、钢筋混凝土框架、排架计算设计与施工图绘制软件(PK)、多层建筑结构空间有限元分析设计软件(SAT-8)、梁柱结构施工图、基础工程计算机辅助设计(JCCAD)。为保证课程设计的质量,引入 PKPM 系列结构设计软件 CAI 的辅助教学,分基本操作过程训练和分析能力提高训练两大部分,切实加强学生结构设计软件的应用。

基本操作过程训练这部分教学目的是让学生了解 PKPM 系列结构设计软件的基本功能和主要技术条件,熟悉各级菜单命令,掌握基本操作技能,其教学内容包括 PMCAD 人机交互式建模、楼面计算和配筋及绘制板结构施工图,PMCAD 接力 PK 或 SAT-8,进行梁柱内力计算和配筋,绘制梁柱结构施工图,以及 SAT-8 或 PK 接力 JCCAD,输入地质资料、进行地基基础计算和配筋,绘制基础结构施工图等操作。

分析能力提高训练这部分教学目的是使学生的实践能力由基本操作技能向专业技能、技术应用能力和创新能力提高,其教学内容是指 PMCAD、PK 或 SAT-8 在进行配筋计算与验算后,可以得到板、梁、柱的配筋简图及一些文本,即子菜单“分析结果图形和文本显示”中的内容,包含可用平面简图方式输出位移、内力、配筋等计算结果的“图形文件输出”,以及结构设计信息 WMASS.OUT,周期、振型、地震力 WZQ.OUT,结构位移 WDISP.OUT,各层内力标准值 WNL*.OUT,各层配筋 WPJ*.OUT,超配筋信息 WGCPJ.OUT 等的“文本文件输出”。这部分内容实际上是对计算结果的直观显示和表达。由于软件的全部计算过程是隐蔽、看不到的,只有让学生通过查看结果图形和文本文件,学会分析判断各工况下的荷载传递情况、荷载图、弯矩包络图、剪力包络图等是否正确,结构平面、竖向布置是否合理,计算结果(水平侧移、裂缝、挠度等)是否符合规范、规程要求等。

教师应随课程设计的进度,定期向学生传授、现场演示上述软件的功能、应用及基本建模、分析及后处理过程。如:在楼盖课程设计中,引入结构平面计算机辅助设计软件 PMCAD 的辅助教学,使学生熟悉各级菜单命令及其操作方法,循序渐进地掌握 PM-

CAD 结构建模的主要步骤、荷载的输入、计算数据文件形成、结构平面施工图的绘制(如图 1 所示)。又如:在单层工业厂房课程设计中,引入框排架计算机辅助设计 PK 的辅助教学,对其中一榀排架可以用 PK 软件,计算出内力和配筋等。

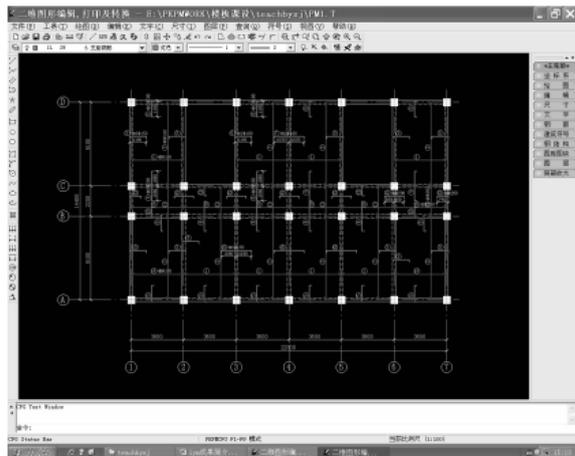


图 1 钢筋混凝土楼盖 PMCAD 配筋图

在基本操作过程训练阶段,由于学生刚刚接触这类软件,教学过程中除了正常答疑外,要引导学生采用正确的检查方法,对自己所做项目的中间过程进行质量控制,以保证结构布置信息、计算信息等输入的正确性,否则,后续工作将没有意义。如:通过对整楼模型的仔细观察,检查构件布置是否正确;通过检查荷载图(如图 2 所示),分析荷载输入的正确性等。在学习结构施工图这部分时,一些学生往往只关心图纸是否齐全,不太考虑图纸的质量、图纸能否用于施工,譬如:由于板、梁、柱和基础构件种类较多,施工非常麻烦;图纸上缺少必要的结构说明等。教师对症下药,讲解对配筋计算结果进行合理归并的意义,培养学生解决实际问题的能力。

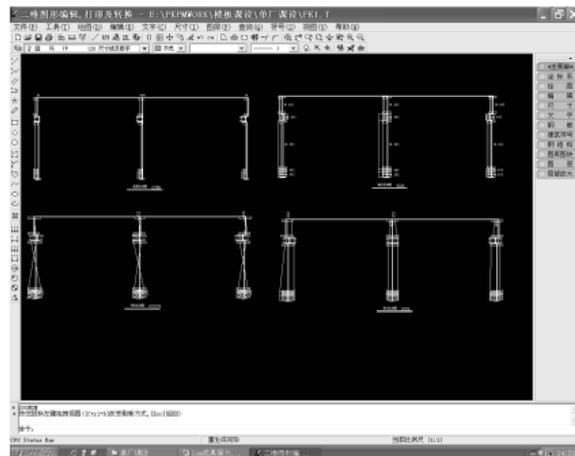


图 2 单层工业厂房结构一榀排架 PK 建模

在分析能力提高训练阶段,部分学生往往只关

心软件能否计算下去,没有仔细阅读分析计算结果文件的习惯;即便有的学生想知道自己的计算结果是否正确,却又不知道从何下手,这些现象普遍存在。教师首先必须及时指出“不会分析”所导致的严重后果,然后应结合具体的工程实例(课程设计宜选择结构简单、有代表性的工程中的一部分),重点分析、讲解计算结果出现的常见问题和解决对策,然后由学生对自己课程设计题目的计算结果进行分析(如图3所示),找出数据不合理的原因,提出改正措施,修改后再计算,分析后再修改计算,直到找到理想的结果。在这个不断修改的过程中,学生将综合运用所学的混凝土结构、结构力学、地基基础等知识,有助于学生综合分析问题能力的提高,有助于学生对结构设计形成完整性的认识,使学生接受到工程师的训练。

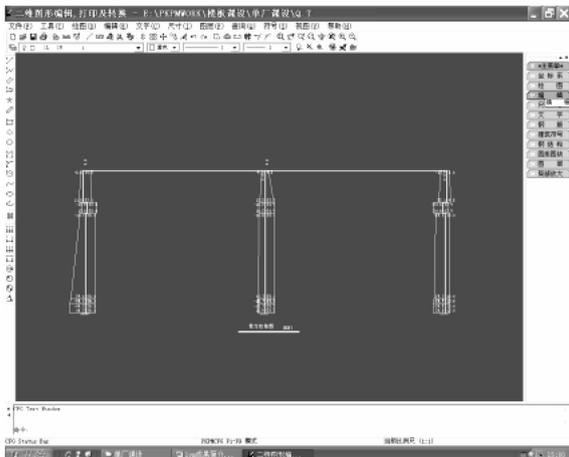


图3 单层工业厂房结构一榀排架 PK 内力分析

二、重视对学生概念设计观念的培养

结构电算引入到课程设计中,若教师重视不够,可能会导致部分学生过分依赖计算机分析结果,忽视结构概念设计和构造措施,既严重影响课程设计的教学质量,又不利于学生结构设计能力的提高。所谓概念设计,就是在结构设计过程的每一环节中,从结构方案、结构布置,到计算简图、结构分析与计算,最后截面设计与细部构造处理等,都应该用科学的概念作指导,依据建筑结构设计规范、规程和法规,结合实践经验,综合考虑各方面的因素来确定。由此让学生知道,计算机是不可能代替设计人员来实现概念设计的。由于概念设计依靠的是渊博的专业理论知识和丰富的实践经验,故在课程设计这一教学环节中时,一方面要借助计算机来完成一些重复计算、设计和绘图,另一方面则必须重视基础知识、专业知识的学习和实践经验的总结,即在模型简

化、荷载汇总、结构计算、构件设计及施工图绘制的全过程中,必须引导学生认真实施设计的每一环节,掌握所选用的结构体系和计算模型之间的关系,弄清基本概念、原理和设计思路,注意设计软件的适用条件及其技术条件,加强概念设计,使计算模型的简化与工程实际相吻合、计算假定与实际情况相一致,正确合理使用每一结构设计参数,切实保证计算结果准确,保证结构满足各项构造措施的要求。

三、手算和电算的合理结合,是加强对学生结构概念设计培养的必要途径

PKPM 系列结构设计软件功能虽然强大,但不是万能的,存在着一定缺陷。如:PKPM 软件目前还不能处理板上布置砖墙线荷载、局部面荷载或集中荷载的问题;PKPM 软件自动化程度虽然相当高,但平面配筋图运行“自动配筋”子菜单后,所绘出的图纸配筋相互重叠、零乱,必须人工操作,才能保证图面清晰,且钢筋修改后,配筋表中的钢筋不能随之改变,必须人工调筋,这些都会带来很大的工作量。再有,由于 PK、SATWE 软件进行的计算过程是自动和隐蔽的,不利于初学者的学习。计算机的程序化,弱化了人的作用,使部分学生在结构设计中会忽略设计应考虑的一些细微之处。如:在钢筋混凝土楼盖课程设计中涉及的结构配筋图,对于钢筋的搭接长度、钢筋的截断点和钢筋的锚固长度等都是 PM-CAD 软件自动生成的,不利于学生理解细节问题。因此,为了培养学生掌握基本的计算方法和结构概念,在课程设计阶段,手工计算和手工制图都是必不可少的,而且是不得削弱的。因为手算有利于帮助学生理解知识、综合运用知识和培养基本技能,故在课程设计中,即便在计算机辅助设计十分普及的今天,也不能动摇其主导地位。

在课程设计的手算阶段,教师应该培养学生综合运用所学专业知识的能力和查阅专业资料的能力,指导学生利用基本的理论知识,对已知建筑结构选取合理的计算模型,确定恰当的计算简图,进行受力分析,组合最不利内力后,进行截面配筋设计和细部构造处理。因此,在课程设计任务书中,应明确要求有手算的结构计算书、部分结构施工图应采用手工制图,加强对学生基本技能的培养。对结构施工图,要求结构平面布置图和基础平面布置图可以分别用 PMCAD 软件和 JCCAD 软件绘制;而板、梁、柱的配筋详图,则应该要求用手工制图,其目的是对学生绘图基本功的锻

炼、结构构造要求的掌握以及对结构设计规范的学习。另外,强调手算和电算的计算结果应进行复核、比较,分析两者结果差异的原因,并将这一部分明确作为结构计算书的内容来要求。

譬如:在做钢筋混凝土楼盖课程设计中,应要求学生必须手算,利用 PMCAD 软件复核手算结果,最后将手算和电算的计算结果进行比较分析。学生发现手算和如图 1 所示的电算计算结果,板的配筋无论跨中、还是支座,均存在着一定差异。通过让学生亲自动手查 PMCAD 设计手册技术条件,学生总结原因如下:由于 PMCAD 软件单、双向板弹性设计其计算跨度的选取与手算规定存在差异,总体来说考虑的要简单些;另外,泊松比 PMCAD 程序取 $1/5$ ^①,也不同于手算时钢筋混凝土一般取 $1/6$ 。以此,引导学生发现 PMCAD 软件目前还存在的一些问题。如:不含单向板按塑性理论计算的内容;双向板虽然在承载能力极限状态下的内力计算分析过程中可用塑性设计(但是相当于“黑箱”设计,给不出计算书),但在正常使用极限状态下却未考虑板的塑性内力重分布性质,结果导致 PMCAD 塑性算法在正常使用极限状态下裂缝控制验算结果偏大等等。

再比如:在做钢筋混凝土单层工业厂房课程设计中,利用 PK 软件对结构设计计算部分进行手算、

电算校核。若手算和如图 3 所示的电算计算结果有较大偏差,说明有问题。先对照图 2 检查各项荷载输入是否有问题。若果荷载输入无问题,再检查图 3 内力计算是否正确。对检查出的无论是手算还是电算出的问题,分析原因,对症下药,进行更正,这样既可以大大提高学生应用以前所学知识解决实际问题的能力,又可以增强对新学软件课程知识的掌握。

四、结语

近几年,将 PKPM 系列结构设计软件的 CAI 教学引入到混凝土结构课程设计的教学实践表明:采用手算、电算“对比复核式”课程设计教学模式,不仅加强了学生对教学知识点的掌握,增强了概念设计理念,而且能大大调动学生自主学习的积极性,使学生熟练掌握软件操作,提高学习效率,更能使学生对以前所学建筑结构类课程基础理论知识的应用有一个新的认识和提高,培养学生对各种错综复杂因素的综合分析能力和解决工程实际问题的能力,对学生毕业设计、实现零距离就业起到了很大的帮助作用。

注释:

①中国建筑科学研究院建筑工程软件研究所. 复杂多、高层建筑结构分析与设计软件 SATWE 用户手册及技术条件(2005 版). 北京.

Structure analysis with computer for course design in civil engineering specialty

LI Yong-mei, SUN Guo-fu, DONG Zheng, ZHENG Zhi-ying

(College of Civil Engineering and Architecture, Beijing University of Technology, Beijing 100022, P. R. China)

Abstract: The course design is an important links of teaching plan in civil engineering specialty. Based on teaching practice, we introduced computer-assisted instruction (CAI) into course design, and combined computer calculation with manual calculation by using structural design software PKPM. They can make theory teaching well connect to engineering practice, and ensure advanced and practical course design of constructing new contrast-checking training models to cultivate civil engineering majors who can meet market demands better.

Keywords: civil engineering; course design; computer-aided instruction (CAI); structure analysis with computer

(编辑 梁远华)