

高等职业教育建筑工程类规划教材

混凝土结构 与砌体结构

● 主 编 王作兴 张德琦

HUNNINGTUJIEGOU
YUQITIJIEGOU

煤炭工业出版社

高等职业教育建筑工程类规划教材

混凝土结构与砌体结构

主编 王作兴 张德琦

煤炭工业出版社

·北京·

内 容 提 要

本书是高等职业教育建筑工程类规划教材之一。

本书包括混凝土结构和砌体结构两部分,共十七章。第一章至第十三章为混凝土结构部分,主要介绍钢筋混凝土结构设计原理,材料力学性能,受弯、受压、受拉和受扭构件承载力计算,构件变形和裂缝计算,预应力混凝土结构计算,钢筋混凝土现浇楼盖、单层厂房结构、框架结构;第十四章至第十七章为砌体结构部分,主要介绍砌体材料及其力学性能,砌体结构承载力计算,混合结构房屋墙、柱设计,过梁、墙梁及挑梁设计等内容。

本书是高等职业院校、高等专科学校土建类建筑工程技术专业教材,也可作为中等专业学校、成人教育学院和技工学校土建类各专业的教学用书,同时也可供建筑企事业单位、工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构与砌体结构/王作兴,张德琦主编. —北京:煤炭工业出版社,2004

高等职业教育建筑工程类规划教材

ISBN 7-5020-2475-1

I. 混… II. ①王… ②张… III. ①混凝土结构—高等学校:技术学校—教材②砌块结构—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TU37②TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 050954 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址:www.cciph.com.cn
北京京科印刷有限公司 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 787mm×1168mm 1/16 印张 28
字数 681 千字 印数 1—6,000
2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷
社内编号 5246 定价:42.00 元

版权所有 违者必究
本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

高等职业教育建筑工程类规划教材 编审委员会

主任:牛维麟

副主任:杜蜀宾 张乃新 王以功 陈连城 张德琦
杨平均 王作兴

委员(按姓氏笔画排列):

于锦伟	王 强	王长平	王玉辉	王社欣
王德利	方洪涛	马芝文	卢经扬	宁掌玄
吕志彬	仲兆金	刘伍诚	刘禄生	刘胜利
刘余强	祁振悦	孙世奎	孙荆波	李万江
李志忠	李淳敏	李永怀	张廷刚	张克俊
张志英	张贵良	陈晋中	吴文金	吴光林
宋 群	初明祥	冷冬兵	邹 波	邹绍明
杨 锐	武玉龙	罗达新	周文平	赵建民
郝临山	钟来星	侯印浩	郭清燕	徐 卓
黄国斌	梁珠擎	游普元	曹长春	常跃军
韩连顺	韩应军	翟永利	蔡建国	魏焕成

前 言

本书依据国家颁布的最新《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)和最新制订的建筑工程专业“混凝土结构与砌体结构课程大纲”编写而成。本书适用教学时数为 130~150 学时。

本教材具有如下特点:

(1) 内容新。本书全部采用国家颁布的最新规范,既重视基本理论的阐述和基本技能的训练,也重视对最新科技成果的介绍,以适应 21 世纪对人才培养的要求。

(2) 实用性强。本书以理论联系实际为原则,从建筑工程技术专业毕业生的就业岗位能力出发,精选教材内容,通过工程实例,培养学生分析工程实际问题和解决工程实际问题的能力,同时考虑到教学的实际情况,增加了部分内容以满足课程设计和毕业设计的需要。

(3) 体系完善。本书作为高等职业教育建筑工程技术专业系列教材的一门重要课程,从建筑工程技术专业课程设置的整体性出发,按照高等职业教育教学改革的方向统一协调,整合教学内容,与其他各门课程组成了有机的联系,避免了各教材内容之间的重复和交叉,构建起合理的知识和能力结构体系。

本书分混凝土结构和砌体结构两部分。第一章至第十三章为混凝土结构部分,主要介绍钢筋混凝土结构设计原理,材料的力学性能,受弯、受压、受拉和受扭构件承载力计算,构件变形和裂缝计算,预应力混凝土结构计算,同时对钢筋混凝土现浇楼盖、单层厂房结构、框架结构进行了详细的叙述;第十四章至第十七章为砌体结构部分,主要介绍砌体材料及其力学性能,砌体结构承载力的计算,同时对混合结构房屋墙、柱设计,过梁、墙梁及挑梁设计作了详细的叙述,书中有完整的例题,可供读者参考。

本书由王作兴、张德琦任主编,武玉龙、郭大州任副主编。具体编写分工如下:绪论,第三章、第四章、第五章、第十四章、第十五章由王作兴编写;第一章、第二章、第六章、第十一章、第十三章由张德琦编写;第七章、第八章由武玉龙编写;第九章、第十章由张日清编写;第十二章由郭大州编写;第十六章、第十七章由许卫东编写。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2004.2

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第一部分 混凝土结构

第一章 钢筋混凝土结构的基本计算原理	(8)
第一节 结构功能及其极限状态	(8)
第二节 结构可靠度应用概率论的基本知识	(10)
第三节 建筑结构的荷载	(16)
第四节 极限状态设计法	(24)
习 题	(29)
第二章 钢筋混凝土材料的力学性能	(31)
第一节 混凝土的力学性能	(31)
第二节 钢筋的种类及力学性能	(38)
习 题	(42)
第三章 受弯构件正截面承载力计算	(43)
第一节 概 述	(43)
第二节 受弯构件正截面承载力的试验研究	(44)
第三节 受弯构件正截面承载力计算的基本理论	(47)
第四节 单筋矩形截面正截面承载力的计算	(52)
第五节 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力的计算	(59)
第六节 T形截面受弯构件正截面承载力的计算	(65)
习 题	(72)
第四章 受弯构件斜截面承载力计算	(75)
第一节 概 述	(75)
第二节 受弯构件斜截面承载力的试验研究	(76)
第三节 受弯构件斜截面承载力的计算	(77)
习 题	(85)
第五章 受弯构件的构造要求	(86)
第一节 梁、板的一般构造要求	(86)
第二节 纵向钢筋的弯起、截断和锚固	(89)
习 题	(98)

第六章 钢筋混凝土受扭构件承载力计算	(99)
第一节 概 述	(99)
第二节 钢筋混凝土受扭构件的限制条件	(100)
第三节 矩形截面剪扭承载力计算	(104)
第四节 矩形截面弯、剪、扭构件承载力计算	(105)
第五节 受扭构件的构造要求与计算步骤	(106)
习 题	(111)
第七章 钢筋混凝土受压构件承载力计算	(112)
第一节 轴心受压构件	(113)
第二节 偏心受压构件	(119)
第三节 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	(138)
习 题	(138)
第八章 受拉构件承载力的计算	(140)
第一节 轴心受拉构件正截面承载力计算	(140)
第二节 偏心受拉构件正截面承载力计算	(141)
第三节 受拉构件斜截面承载力计算	(144)
习 题	(145)
第九章 钢筋混凝土构件变形与裂缝验算	(146)
第一节 受弯构件的变形计算	(146)
第二节 裂缝宽度验算	(151)
习 题	(155)
第十章 预应力混凝土构件	(157)
第一节 基本概念	(157)
第二节 施加预应力的方法和锚具	(158)
第三节 预应力混凝土材料	(162)
第四节 张拉控制应力和预应力损失	(163)
第五节 预应力混凝土轴心受拉构件	(167)
第六节 预应力混凝土构件的构造	(178)
习 题	(179)
第十一章 钢筋混凝土梁板结构	(180)
第一节 概 述	(180)
第二节 整体式单向板肋形楼盖	(182)
第三节 双向板肋形楼盖	(211)
第四节 井字楼盖	(220)
第五节 装配式楼盖	(224)
第六节 楼 梯	(230)
第七节 雨 篷	(242)
习 题	(245)

第十二章 单层工业厂房结构	(249)
第一节 单层工业厂房的结构组成和受力特点	(249)
第二节 单层工业厂房的结构构件选型与支撑布置	(253)
第三节 排架结构内力分析与组合	(265)
第四节 单层厂房钢筋混凝土柱的设计	(282)
第五节 柱下独立基础	(292)
第六节 单层工业厂房铰接排架设计实例	(298)
第十三章 多层房屋结构和高层房屋结构	(314)
第一节 多层房屋和高层房屋的结构类型	(314)
第二节 框架结构布置及计算简图	(317)
第三节 多层多跨框架的内力和侧移计算	(322)
第四节 框架的内力组合及截面配筋	(335)
第五节 现浇框架的一般构造要求	(338)
习 题	(340)

第二部分 砌体结构

第十四章 砌体材料及其力学性能	(342)
第一节 砌体材料	(342)
第二节 砌体种类	(345)
第三节 砌体的力学性能	(347)
习 题	(356)
第十五章 砌体结构构件的承载力计算	(357)
第一节 以概率论为基础的极限状态设计法	(357)
第二节 受压构件	(358)
第三节 局部受压计算	(364)
第四节 受拉、受弯和受剪构件	(371)
习 题	(374)
第十六章 混合结构房屋的墙、柱设计	(375)
第一节 房屋的结构布置	(375)
第二节 房屋的静力计算方案	(377)
第三节 墙、柱的构造要求	(380)
第四节 刚性方案房屋墙体计算	(387)
第五节 弹性及刚弹性方案房屋的墙体计算	(396)
习 题	(400)
第十七章 过梁、墙梁和挑梁的设计与计算	(401)
第一节 过 梁	(401)
第二节 墙 梁	(405)

第三节 挑 梁	(414)
习 题	(418)
附 录	(419)
参考文献	(436)

绪 论

一、建筑结构的分类

由结构构件(梁、板、柱、基础等)组成的能承受荷载作用及其他间接作用(温度、地基不均匀沉降等)的体系,叫做建筑结构,简称结构。它的作用是形成建筑功能所要求的基本空间和体型,并在各种作用下,确保建筑结构的安全可靠和正常使用。

1. 建筑结构按所用的材料分类

(1) 混凝土结构。它是钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、素混凝土结构的总称。其中钢筋混凝土结构应用最为广泛。钢筋混凝土结构的主要优点是强度高,耐久性好,抗震性能好,并具有可模性,可制成各种形状;其缺点是自重大,抗裂性能差,现浇时耗费模板多,工期长等。随着建筑科学技术的发展,钢筋混凝土结构的缺点正逐步得到克服,如采用轻集料混凝土减轻自重,采用预应力混凝土提高构件的抗裂性,采用预制构件克服模板耗费多和工期长的缺点,等等。

(2) 砌体结构。指用普通粘土砖、承重粘土空心砖、硅酸盐砖、中小型混凝土砌块或粉煤灰砌块、料石或毛石等块材通过砂浆砌筑而成的结构。砌体结构的主要优点是造价低、耐火性高、工艺简单、施工方便;其缺点是自重大、强度较低、抗震性能差、施工速度慢。不能适用建筑工业化的要求等。砌体结构因能就地取材,广泛地用于建造住宅、旅馆、办公楼、教学楼等中小型建筑。

(3) 钢结构。指用钢材制作的结构。其优点是强度高、重量轻、材质均匀、制作简单、运输方便;缺点是易锈蚀、耐火性差等。钢结构主要用于大跨度屋盖、高层建筑、重型工业厂房、承受动力荷载的结构等。

(4) 木结构。指以木材为主的结构。由于木材的用途广泛,而其产量受到自然条件的限制,因此目前大中城市中已限制采用木结构,只是在林区和农村的房屋中还有少量采用。

2. 建筑结构按承重结构的类型分类

(1) 混合结构。通常指墙、柱等竖直构件用砌体,而梁、板构件为混凝土的结构。它多用于六层及其以下的住宅、旅馆、办公楼、教学楼等中小型建筑中。

(2) 排架结构。通常指由柱子和屋架组成的结构。柱子和屋架多为混凝土结构,也可以采用钢结构,这种结构跨度一般为(12~36) m,可以是单跨和多跨,广泛用于各种工业厂房建筑。

(3) 框架结构。通常指由梁、柱组成的结构。多采用钢筋混凝土建造,有的也采用钢框架。一般钢筋混凝土框架结构多为10层左右的建筑。

(4) 框架—剪力墙结构。在框架结构内纵横方向适当布置在柱与柱之间大于140 mm厚的钢筋混凝土墙体的结构体系。剪力墙由于其平面内刚度较大而承担着大部分水平荷

载(风载、地震荷载)作用下产生的剪力,框架主要承担垂直荷载,充分发挥了框架和剪力墙各自的优点。在高度 15~30 层的建筑中较常使用。

(5) 剪力墙结构。纵、横墙体全部由钢筋混凝土剪力墙组成,墙体既承受竖向荷载也抵抗水平荷载,还起到围护和分割建筑的作用。一般 15~50 层的住宅和旅馆建筑多采用剪力墙结构。

(6) 筒体结构。随着房屋高度的增加,为了更好地抵抗更大的水平荷载,建筑结构需要更大的侧向刚度。筒体结构是由钢筋混凝土墙或密集的柱围成的一个侧向刚度很大的筒体,犹如一个与基础固定的竖向筒形悬臂梁。由于采光的要求,在筒壁上往往开有孔洞,而成为空腹筒或框筒。当要求侧向刚度更大时,可采用筒中筒(外筒套内筒)或束筒。筒体结构多用于高层或超高层结构中(高度超过 100 m 的建筑为超高层建筑)。

(7) 大跨度结构。竖向多采用钢筋混凝土柱,屋盖常采用钢网架、悬索或钢筋混凝土薄壳等结构。它常用于建造大跨度的体育馆、火车站、航空港等。

二、钢筋混凝土结构的特点和发展

(一) 钢筋混凝土结构的特点

钢筋混凝土由钢筋和混凝土两种物理力学性能不同的材料所组成,钢材的抗拉和抗压性能都很高。混凝土的抗压能力较强而抗拉能力较差,因此混凝土受拉力时很容易开裂,这使得单纯混凝土结构的应用受到了很大的限制。例如,有两根截面尺寸、跨度和混凝土的强度都相同的简支梁,一根为素混凝土梁,另一根为配有 2 ϕ 16 钢筋的钢筋混凝土梁(见图 0-1)。在集中荷载作用下,在梁的中和轴以下产生拉应力,素混凝土梁因混凝土抗拉强度很低,很快便被拉裂,从而导致整个梁的破坏,破坏荷载仅为 10.1 kN。在钢筋混凝土梁中,当受拉区混凝土开裂以后,拉力可转由钢筋承担,因而可以继续加载,直到钢筋达到屈服以后,梁才破坏,破坏荷载可达 55.7 kN。可见,在混凝土中配置钢筋可以大大提高构件的承载力。通常在钢筋混凝土结构中,混凝土主要承担压力,钢筋主要承担拉力,必要时也可承担压力。因此在钢筋混凝土结构中,两种材料的强度都能得到充分利用。

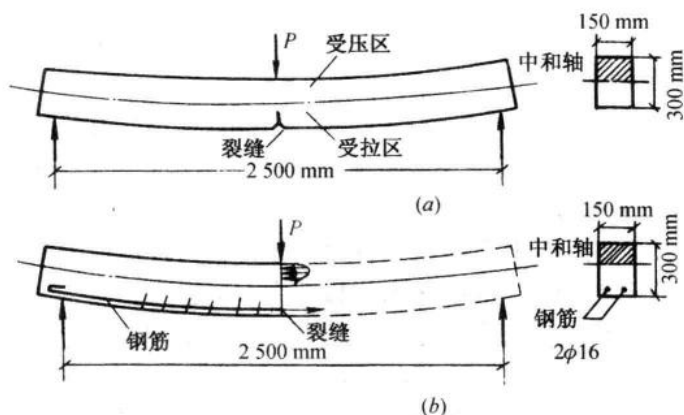


图 0-1 两种混凝土梁受力后情况比较

a—素混凝土梁; b—钢筋混凝土梁

钢筋和混凝土这两种材料的物理力学性能差异很大,但能共同工作。其原因是:钢筋和混凝土之间有粘结力,在荷载作用下两者能协调变形,共同工作;钢筋与混凝土的温度线膨胀系数很接近,钢筋为 1.2×10^{-5} ,混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}$,当温度变化时,两者间不会产生很大的相对变形而破坏它们之间的结合。

(二) 钢筋混凝土结构的发展简况

钢筋混凝土结构自 19 世纪中叶开始应用,与砖石结构、钢结构相比,历史并不长,但它的发展很快。1824 年阿斯普丁(J. Aspdin)发明了波特兰水泥(硅酸盐水泥);1850 年法国人朗波特(Lambot)用加筋的方法制造成了一条小水泥船,用钢筋来弥补混凝土抗拉强度低的缺陷;1887 年科伦(M. Koenen)首次发表了钢筋混凝土的计算方法;1918 年艾布拉姆斯(D. A. Abrams)发表了著名的计算混凝土本身强度的水灰比理论;1928 年法国弗列新涅(F. Freyssinet)提出了混凝土收缩和徐变理论,为预应力混凝土技术在工程中的应用奠定了基础。现在钢筋混凝土结构已成为现代工程建设中应用最广泛的结构,目前世界上最高的钢筋混凝土建筑已高达 275 m,最高的预应力混凝土电视塔高达 549 m,预应力混凝土桥的跨度已达 300 m。钢筋混凝土在以下四个方面有了很大的进步:

1. 材料方面

混凝土材料主要发展方向是高强、轻质、耐久、提高抗裂和易于成型,钢筋的发展方向是高强、较好的延性和较好的粘结锚固性能。

目前国内常用的混凝土强度等级为 $(20 \sim 40) \text{ N/mm}^2$,国外常用的强度等级为 60 N/mm^2 。在实验室内,我国已制成 100 N/mm^2 以上的混凝土,在工程应用中将达到 80 N/mm^2 ,美国已制成 200 N/mm^2 的混凝土。今后常用的混凝土强度可达 100 N/mm^2 ,在特殊结构(如高耸、大跨度、薄壁空间结构等)的应用中,可配制出 400 N/mm^2 的混凝土。

为了减轻混凝土结构的自重,国内外都在大力发展轻质混凝土。轻质混凝土主要采用轻质骨料。轻质骨料主要有天然轻集料(浮石、凝灰岩等)、人造轻集料(页岩陶粒、粘土陶粒、膨胀珍珠岩等)和工业废料(炉渣、矿渣、粉煤灰、陶粒等)。轻质混凝土的体积密度一般为 $(14 \sim 18) \text{ kN/m}^3$,可在预制或现浇混凝土结构中使用。目前国外轻质混凝土的强度为 $(30 \sim 60) \text{ N/mm}^2$,国内轻质混凝土的强度为 $(20 \sim 40) \text{ N/mm}^2$ 。由轻质混凝土制成的结构自重可比普通混凝土减少 $20\% \sim 30\%$,在地震区采用轻质混凝土结构可有效地减少地震作用,节约材料,降低造价。

为了提高混凝土的抗裂性和耐久性,掺入高分子化合物的混凝土,如浸渍混凝土、聚合物混凝土、树脂混凝土等将会得到发展和应用。实验室研究显示,这类混凝土不仅抗压强度高,抗拉性能也很好,而且耐磨、抗渗、抗冲击、耐冻等性质大大优于普通混凝土。纤维混凝土因改善了混凝土的抗裂性、耐磨性及延性,在一些有特殊要求的工程中开始应用。

外加剂的发明与应用对改善混凝土的性能起到了很大作用。目前的外加剂主要有四类:①改善混凝土拌合物流动性的外加剂,如各种减水剂、增塑剂等;②调节混凝土凝结时间的外加剂,如缓凝剂、早强剂、速凝剂等;③改善混凝土耐久性的外加剂,如引气剂、防水剂、阻锈剂等;④改善混凝土其他性能的外加剂,如加气剂、防冻剂、膨胀剂、着色剂等。今后一段时间内各种高性能的外加剂还会不断地研制出来。

对于钢筋,主要是向高强并有较好延性、防腐、高粘结锚固性等方向发展。我国用于普

通混凝土结构的钢筋强度已达 435 N/mm^2 , 在中等跨度的预应力构件中将采用强度为 $(800 \sim 1370) \text{ N/mm}^2$ 的中强螺旋肋钢丝, 在大跨度的预应力构件中将采用强度为 $(1570 \sim 1860) \text{ N/mm}^2$ 的高强钢丝和钢绞线。试验结果显示, 中强和高强螺旋肋钢丝不仅强度高、延性好, 而且与混凝土的粘结锚固性能也优于其他钢筋。为了提高钢筋的防腐性能, 带有环氧树脂涂层的热轧钢筋已开始在某些有特殊防腐要求的工程中应用。

2. 结构方面

预应力混凝土是 20 世纪工程结构的重大发明之一, 现在已有先张法、后张法、无粘结预应力和体外张拉等技术, 预应力技术将来还会有重大发展。在锚具方面将发展高效而持久的锚夹具, 在施加预应力方面也有新的技术出现, 近期在国内外已研究将预应力用于组合结构。又如体外张拉预应力筋的技术, 初期只是用于结构的加固补强, 因体外张拉预应力筋可以避免制孔、穿筋、灌浆等工序, 并且发现问题时易于更换预应力筋, 目前已开始用于新建结构, 在预制构件方面正在发展采用高强钢丝、钢绞线和高强度混凝土的大跨度高效预应力楼板, 以适用大开间住宅的需要。

钢和混凝土组合结构近年来应用范围逐渐扩大。在约束混凝土概念的指导下, 钢管混凝土柱、外包钢混凝土柱已在高层建筑、地下铁道、桥梁、火电厂厂房以及石油化工企业构筑物中应用。钢混凝土组合梁、钢骨混凝土(劲性钢筋混凝土)构件, 由于其具有强度高、截面小、延性好以及简化施工等优点, 今后也将得到更加广泛的应用。

在工程结构实践的基础上, 将会有更多的大型、巨型工程采用混凝土结构。

3. 施工技术方面

在混凝土结构施工过程中, 施工技术的改进起了很大作用。预应力技术的发明使混凝土结构的跨度大大增加, 滑模施工法的发明使高耸结构和贮仓、水池等特种结构的施工进度大大加快。泵送混凝土技术的出现使高层建筑、大跨桥梁可以方便地整体浇注。蒸汽养护法使预制构件成品出厂时间大为缩短。喷射混凝土、碾压混凝土等施工技术也日益广泛地应用于公路、水利工程中。

在模板方面, 除了目前使用的木模板、钢模板、竹模板、硬塑料模板外, 今后将向多功能发展。发展薄片、美观、廉价又能与混凝土牢固结合的永久性模板, 将使模板可以作为结构的一部分参与受力, 还可省去装修工序。透水模板的使用, 可以滤去混凝土中多余的水分, 大大提高混凝土的密实性和耐久性。

在钢筋的绑扎成型方面, 正在大力发展各种钢筋成型机械及绑扎机具, 以减少大量的手工操作。钢筋的连接方面, 除了现在的绑扎搭接、焊接、螺栓及挤压连接方式外, 随着化工胶结材料的发展, 将来胶接方式也会有较大发展。

可以预见, 今后混凝土结构的施工技术还将有很大发展。

4. 设计理论方面

目前在建筑结构中已开始应用基于概率论和数理统计分析的可靠度理论, 使钢筋混凝土的极限状态设计方法更趋完善, 考虑混凝土非线性变形的计算理论已经有了很大的进展, 并在板、连续梁及框架结构中得到了应用, 随着对混凝土性能的研究和电子计算机的应用, 目前已能对各种构件从加载到最后破坏进行全过程的分析。由于将电子计算机、有限元方法和现代化的测试技术引用到钢筋混凝土的理论和试验中来, 使得钢筋混凝土的计算

理论和设计方法日趋完善,并向更高阶段发展。

三、砌体结构的特点和发展

(一) 砌体结构的特点

砌体结构与钢筋混凝土结构相比具有以下特点:

(1) 从受力性能看,砌体与混凝土都属抗压性能较好,而抗弯、抗拉性能差的材料,且砌体的抗压、抗拉、抗弯性能都比混凝土差。在混凝土中设置钢筋构成钢筋混凝土结构,但在砌体中设置钢筋会给构造和施工带来困难,因此配筋砌体的使用受到了限制。砌体结构一般需要较大的截面尺寸,且不宜用于承受较大弯矩和拉力的构件,多作为建筑物的墙体和基础或桥梁中跨度不大的拱。

(2) 从材料来源看,砌体更易于就地取材,但砖砌体的粘土用量很大,我国每年因烧砖而毁坏的农田约 3.5 万公顷。

(3) 从施工制作看,砌体结构不像钢筋混凝土工程那样需要模板和特殊的技术设备,但现场的劳动量大,工期长,施工质量不易保证。

(4) 从技术性能看,砌体结构有更好的保温、隔热、耐火、耐久性能以及化学和大气稳定性,但抗震性能差。

(二) 砌体结构的发展

砌体结构在我国有着悠久的历史,素有秦砖汉瓦之称。隋代所建的河北赵县的安济桥(单孔,跨度 37 m,圆弧石拱结构)、明代所建成的南京灵谷寺(无梁,屋顶用砖建造)、北京的万里长城都是我国砌体结构的杰出代表作品。解放后,砌体结构得到了很大的发展,取得很大的成绩。

1. 应用范围扩大

解放以来,我国砖的产量逐年增加,近几年的年产量已为世界各国砖产量的总和,在全国以砌体材料为主要建筑材料,并用以建造的各类房屋仍占 90% 以上。20 世纪 50 年代砌体结构房屋一般为三四层,现在已大量建造五六层,有的城市建到七八层。20 世纪 60 年代至 70 年代,在中小型单层工业厂房和多层轻工业厂房以及影剧院、食堂、仓库等建筑中,曾广泛采用砖墙、柱承重结构。我国还逐步积累了在地震区建造砌体结构房屋的经验,唐山地震以后,按照抗震规范设计的带有构造柱做法的砌体房屋,已在多次地震中得到了考验。

2. 新材料、新技术和新结构的不断研制和使用

20 世纪 60 年代以来,我国承重空心砖的生产和应用有较大发展。南京市用承重空心砖建成的 8 层旅馆建筑,其中 1~4 层墙厚为 290 mm,5~8 层墙厚 190 mm。由于墙厚减薄,墙体自重减轻,达到了较好的经济效果,同时房屋的使用面积也有所增大。我国大型板材墙体也有发展,20 世纪 50 年代曾用振动砖墙板建成 5 层住宅,承重墙板厚 120 mm。1974 年在南京、西安等地用空心砖做振动砖墙板建成 4 层住宅。1965 年~1972 年在北京用烟灰矿渣混凝土作墙板建成 11.5 万 m^2 的住宅,节约普通粘土砖 900 万块。1986 年在长沙建成内墙采用混凝土空心大板,外墙采用砖砌体的 8 层住宅。

配筋砖砌体结构和约束砖砌体的研究和应用也取得较大进展。20 世纪 60 年代在衡阳和株洲一些房屋的部分墙、柱中采用网状配筋砖砌体承重,节约了钢筋和水泥。20 世纪 50 年代至 70 年代徐州采用配筋砖柱建造了跨度为(12~24) m,吊车起重量为(50~200) t 的

单层厂房共 36 万 m^2 。1984 年中国建筑西北设计院等单位在西安采用配竖向钢筋空心砖墙承重建成一幢按 8 度设防的 6 层住宅。辽宁省建筑设计院设计了一种介于钢筋混凝土框架的填充墙结构与带钢筋混凝土构造柱的砖混结构体系之间的“砖混组合墙体系”。1987 年在沈阳(7 度区)共建成这种带钢筋混凝土约束柱和圈梁的“砖混组合墙体系”8 层住宅 34 幢,共 17 万 m^2 。

近十多年来,采用混凝土、轻集料混凝土,以及利用各种工业废渣、粉煤灰、煤矸石等制成的混凝土砌块在我国有较大的发展。

由于混凝土砌块代替粘土砖作为承重墙体材料既保留了传统砖结构取材广泛、施工方便、造价低廉的特点,又具有强度高、延性好的钢筋混凝土结构的特性。它的最大优势在于砌块的生产不毁坏耕地,而且耗能较低,仅为生产粘土砖的一半,符合国家可持续发展的技术政策,是我国墙体材料改革的有效途径之一。高层配筋砌块建筑也已进行了一些试点工程,20 世纪 80 年代广西建成 10~11 层砌块房屋,1997 年建成盘锦市国税局 15 层配筋砌块住宅楼,1998 年上海建成 18 层配筋砌块住宅,辽宁抚顺市也建成 5 幢 16 层配筋砌块住宅楼。

3. 砌体结构计算理论和计算方法逐步完善

近十多年来,随着砌体新材料、新技术、新结构的推广应用,以及人民生活水平的提高,对砌体房屋结构的可靠性、耐久性提出了进一步的要求,原有的《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)已不适应工程建设的需要。1998 年起,在总结新的科研成果和工程经验的基础上,在全国范围内组织有关高校、科研和设计单位对砌体结构设计规范进行了全面修订,编制了新的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)。新砌体结构设计规范的砌体结构类别和应用范围较原规范(GBJ3—88)有所扩大,增加了组合砖墙、配筋砌块砌体剪力墙结构,以及地震区的无筋和配筋砌体结构构件设计等内容;引入了近年来新型砌体材料,如蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、轻集料混凝土砌块及混凝土小型空心砌块灌孔砌体的计算指标;提高了材料强度等级,适当调整了材料设计强度的取值,补充了以承受永久荷载为主的内力组合,增加了施工质量控制等级的内容,以提高结构的可靠度;补充了砖砌体和混凝土构造柱组合墙、配筋砌块砌体剪力墙的设计方法;对结构和构件承载力计算方法(如局部受压、墙梁计算等)作了进一步改进,并补充和完善了防止墙体开裂的构造措施。此外,新的砌体结构设计规范还明确了工程设计人员必须遵守的强制性条文。新砌体结构设计规范的颁布实施必将促进我国砌体结构设计和应用水平的进一步提高。

四、课程特点和学习方法

本课程的任务是使学生通过课程学习初步掌握混凝土结构和砌体结构的基本构件及房屋结构的设计。

学习本课程所要解决的不仅仅是强度和变形计算问题,更主要是解决结构和构件的设计问题,它不像材料力学、结构力学侧重于构件的应力、内力和变形分析,其解答往往是惟一的。而对构件的设计来讲,所要解决的不仅仅是强度和计算问题,主要包括决定设计方案、截面形式、截面尺寸、材料选择和配筋构造等,还需要考虑安全、适用、经济和施工方面的合理性、可行性等。这是一个综合性的问题,同一构件在给定荷载作用下,可以有不同的截面形式、截面尺寸、配筋数量等多种答案。这往往需要通过试算、调整,并进行材料、造

价、施工等各种指标的综合分析比较,才能作出合理选择。在学习本课程时,要注意培养对多种因素进行综合分析的能力。

本课程的实践性能强。一方面,在设计理论和方法上大部分是建立在结构试验和工程实践经验的基础上,在学习和运用计算公式时要特别注意其适用范围和限制条件;另一方面,设计者除了要具有理论知识外,还要有在方案选择和细部处理等方面的经验,而这些经验需要大量的工程实践才能积累起来。因此,在学习本课程时要加强实践,逐渐积累工程经验。

学习本课程内容时要学会使用《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)和《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001),它们是工程技术人员进行设计必须遵守的法规。

第一部分 混凝土结构

第一章 钢筋混凝土结构的基本计算原理

第一节 结构功能及其极限状态

一、结构功能

在进行建筑物或结构物的结构设计时,所要满足的基本要求是使结构在规定的使用期间内发挥出预期的各项功能,即建筑结构应满足安全性、适用性和耐久性的要求。

(1) 安全性。即建筑结构在预计的使用期限内应能承担在正常施工和正常使用过程中可能施加于它的各种作用。其中包括荷载引起的内力、振动过程中的恢复力以及超静定结构支座沉陷引起的变形、温度变化或混凝土收缩引起的构件变形因受到约束而产生的内力等。此外,在偶然的地震、爆炸、车辆冲撞发生时,也应保持必要的完整性,即使上述情况下结构出现某些局部性的严重破坏,也不至于引起建筑物的连续倒塌。

(2) 适用性。即建筑结构或构件在正常施工或正常使用过程中应具有良好的工作性能。例如,不产生过大的变形或振幅,以免影响使用;也不出现使用户不安的过宽裂缝等。

(3) 耐久性。即结构在正常维护下,应能完好地使用到规定的年限。例如,混凝土不应发生严重的风化、脱落;钢筋不应发生严重的锈蚀,以免影响结构的使用寿命。

任何结构随着使用时间的增加都会渐渐地损坏或渐渐地变得不适用。通常所说的满足预定结构功能的要求,是指目前规定的 50 年基准期以内满足上述要求。应当说明,设计基准期并不等于建筑结构的寿命。超过了设计基准期,建筑物并不一定因损坏而不能使用,只是其完成预定功能的能力越来越差了。

结构的安全性、适用性和耐久性总称为结构的可靠性。

二、结构功能的极限状态

整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计的某一功能要求,此特定状态被称为该功能的极限状态。

建筑结构设计的目的就在于使结构在规定的使用期限内,在不超过各种功能的极限状态的前提下,力争建筑施工和维护成本最低、投资回收最快、施工最方便迅速,经济效益和社会效益最高。我国《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68—84)考虑结构的安全性、适用性和耐久性,将结构的极限状态分为以下两类: