



建筑结构(上)

JIANZHU JIEGOU (shang)

主编/成仲君 王映梅
主审/田树涛

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建筑结构(上)

主 编 成仲君 王映梅
副主编 周美川 曾在平 赵玉霞
主 审 田树涛



内 容 提 要

本书根据高等院校建筑工程专业的培养目标和建筑结构课程的教学大纲编写。全书分上、下两册，共包含三篇内容。上册为第1篇混凝土结构，主要介绍了混凝土结构材料的物理力学性能，极限状态设计法，梁、板和柱的基本构造，弯矩、剪力和扭矩作用下构件的截面承载力，混凝土构件的变形、裂缝及耐久性和预应力混凝土构件等。下册为第2篇砌体结构和第3篇钢结构，砌体结构介绍了砌体材料的力学性能、无筋砌体结构构件承载力计算、混合结构房屋墙体设计、过梁、挑梁、墙梁以及墙体构造措施等；钢结构介绍了建筑钢材的力学性能、钢结构连接、钢结构基本构件的计算等。

本书适合作为高等院校建筑工程技术专业、工程监理专业等土木施工类专业及与土建类相关的桥梁、市政、道路、水利等专业的教学用书，也可作为工程技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构. 上/成仲君, 王映梅主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-5640-9581-9

I. ①建… II. ①成… ②王… III. ①建筑结构—高等学校—教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第186935号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 20

字 数 / 485千字

版 次 / 2014年8月第1版 2014年8月第1次印刷

定 价 / 52.00元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言 FOREWORD

本书根据高等院校建筑工程专业的培养目标和建筑结构课程的教学大纲编写。教学内容精炼，叙理清楚。

本书按照我国最新版《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）、《砌体结构设计规范》（GB 50003—2011）、《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）等编写。在内容上，注重收集和引入工程实例，深入浅出、简明扼要、图文并茂、通俗易懂；在编排上，每章在开始时提出本章摘要，在结束时进行本章小结，前后呼应，使学习者目标明确，思路清晰。同时，每章编有课后习题，以培养学生工程设计和计算能力。

《建筑结构》共有22章，其中第1篇为混凝土结构部分，介绍了建筑结构的极限状态设计方法、钢筋混凝土材料的力学性能、混凝土基本构件的计算及构造要求、梁板结构计算特点、混凝土结构施工图平法制图规则；第2篇为砌体结构部分，介绍了砌体材料的力学性能、砌体基本构件和局部承压的计算等；第3篇为钢结构部分，介绍了建筑钢材的力学性能、钢结构连接、钢结构基本构件的计算等。

本书的编写特邀请了甘肃建投二公司总工程师杜雪花高级工程师参与，参与编写人员都具备丰富的教学经验和工程实践经验。本书编写分工为：成仲君负责编写第1、6、15、16、17、18章，赵玉霞负责编写第2、11、13、14章，曾在平负责编写第3、4、5、9章，周美川负责编写第7、

10、19、20、21、22章，其他章节及附录由以下老师合编：聂凤玲、王映梅、甘桂其、杨振秦、张蕾、黄瑞。主编为成仲君、王映梅，副主编为周美川、曾在平、赵玉霞，由成仲君统稿。田树涛副教授审阅了书稿，并对本书的编写提出了有益的建设性意见，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，引用和参考了有关单位和专业文献、资料，未在书中一一注明出处，在此表示感谢。

由于编者的水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请广大读者和专家批评指正。

编 者

目 录 CONTENTS

第1篇 混凝土结构

第1章 绪论	1
1.1 建筑结构的概念和分类	1
1.2 混凝土结构的特点和应用	2
1.3 学习本课程应注意的问题	7
第2章 钢筋混凝土材料的力学性能	10
2.1 钢筋	10
2.2 混凝土	13
2.3 混凝土与钢筋的粘结	19
第3章 混凝土结构设计的基本原则	26
3.1 结构设计的基本知识	26
3.2 结构的功能要求和极限状态	27
3.3 结构上的作用及结构抗力	30
3.4 概率极限状态设计方法	35
3.5 混凝土结构的耐久性	38
第4章 受弯构件正截面承载力计算	43
4.1 基本概念与构造要求	43
4.2 受弯构件的试验研究	48
4.3 受弯构件正截面承载力计算基本公式	52
4.4 基本公式在实际工程中的应用	57

4.5	双筋矩形截面梁正截面承载力计算	62
4.6	T形截面受弯构件的正截面承载力计算	69
第5章	受弯构件斜截面承载力计算	82
5.1	基本概念	82
5.2	斜截面受剪承载力计算公式	85
5.3	斜截面受剪承载力的设计计算	90
5.4	斜截面受弯承载力构造要求	95
第6章	钢筋混凝土受压构件	105
6.1	基本概念与基本构造要求	105
6.2	配有普通箍筋的轴心受压构件的正截面承载力计算	108
6.3	配有间接钢筋的轴心受压构件的正截面承载力计算	113
6.4	偏心受压构件正截面承载力分析	116
6.5	矩形偏心受压构件正截面承载力计算	123
6.6	对称配筋矩形偏心受压构件正截面承载力计算	129
6.7	对称配筋偏心受压构件 N - M 相关曲线	133
6.8	偏心受压构件斜截面承载力计算	135
第7章	钢筋混凝土受拉构件	141
7.1	基本概念	141
7.2	轴心受拉构件正截面承载力计算	142
7.3	两种偏心受拉构件	143
7.4	偏心受拉构件斜截面承载力计算	146
第8章	钢筋混凝土受扭构件	148
8.1	基本概念	148
8.2	纯扭构件的受扭承载力计算	152
8.3	弯剪扭构件的受扭承载力计算	154
第9章	钢筋混凝土构件的裂缝及变形验算	165
9.1	基本概念	165
9.2	裂缝宽度验算	166
9.3	变形验算	174

第10章 预应力混凝土结构构件计算	182
10.1 基本概念.....	182
10.2 张拉控制应力与预应力损失值.....	188
10.3 预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析.....	194
10.4 预应力混凝土轴心受拉构件的计算和验算.....	199
10.5 预应力混凝土构件的构造要求.....	208
第11章 钢筋混凝土梁板结构	212
11.1 概述.....	212
11.2 现浇单向板肋形楼盖.....	214
11.3 现浇整体钢筋混凝土双向板肋形楼盖.....	230
11.4 现浇整体式单向板肋梁楼盖设计实例.....	232
11.5 现浇钢筋混凝土楼梯.....	244
第12章 钢筋混凝土结构施工图平法识读	250
12.1 结构施工图平法.....	250
12.2 框架结构平法识图.....	251
12.3 有梁楼盖中板平法识图.....	257
附录A 钢筋混凝土结构常用数据	262
附录B 钢结构常用数据	279
附录C 现浇整体式单向板肋梁楼盖设计任务书	309
参考文献	312

第 1 篇 混凝土结构

第 1 章 绪 论

◎ 本章摘要

本章介绍了建筑结构的概念和分类,混凝土结构的特点、应用及其发展。本章还介绍了学习本课程应注意的问题。

1.1 建筑结构的概念和分类

建筑是供人们生产、生活和进行其他活动的房屋或场所。各类建筑都离不开梁、板、墙、柱、基础等构件,它们相互连接形成建筑的骨架。在建筑物(包括构筑物)中,由建筑材料做成用来承受各种荷载或者作用,以起骨架作用的空间受力体系称为建筑结构。

建筑结构有多种分类方法。按照承重结构所用的材料不同,建筑结构可分为:

(1)混凝土结构。它是指以混凝土材料为主制作的结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。

(2)砌体结构。它是由块材和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构。

(3)钢结构。它是以钢材为主制作的结构。

此外,还有木结构和混合结构等。现代建筑结构中混凝土结构、砌体结构、钢结构这三种结构应用最为广泛,所以本书主要讲述混凝土结构、砌体结构、钢结构这三种结构。

按其承重结构的类型,建筑结构又可分为:

(1)框架结构。框架结构是指由梁和柱以刚接或者铰接而成,构成承重体系的结构(图 1.1),即由梁和柱组成框架共同抵抗使用过程中出现的水平荷载和竖向荷载。结构的房屋墙体不承重,仅起到围护和分隔作用,一般用预制的加气混凝土、膨胀珍珠岩、空心砖或多孔砖、浮石、蛭石、陶粒等轻质板材等材料砌筑或装配而成。

框架建筑的主要优点:空间分隔灵活,自重轻,节省材料;具有可以较灵活地配合建筑平面布置的优点,利于安排需要较大空间的建筑。

(2)剪力墙结构。剪力墙又称抗风墙或抗震墙、结构墙,房屋或构筑物中主要承受风荷载或地震作用引起的水平荷载的墙体,以防止结构剪切破坏,一般由钢筋混凝土建造。剪

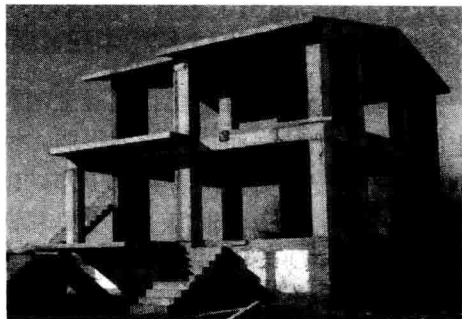


图 1.1 框架结构

力墙结构是用钢筋混凝土墙板来代替框架结构中的梁柱，能承担各类荷载引起的内力，并能有效控制结构的水平力，这种用钢筋混凝土墙板来承受竖向和水平力的结构称为剪力墙结构。

剪力墙结构由于用整个墙体作为承重结构，因而其抗侧刚度很大，可以用来建造高度较高(如 30 层及以上)的房屋。但是剪力墙不能拆除或破坏，不利于形成大空间，住户无法对室内布局自行改造。

(3)框架-剪力墙结构。在框架结构中布置一定数量的剪力墙，构成灵活自由的使用空间，满足不同建筑功能的要求，同样又有足够的剪力墙，有相当大的侧向刚度，这种结构称为框架-剪力墙结构或框-剪结构。

框架-剪力墙结构中，剪力墙主要承受水平荷载，竖向荷载由框架承担。该结构一般适宜用于 10~20 层的建筑。

(4)筒体结构。筒体结构由框架-剪力墙结构与全剪力墙结构综合演变和发展而来。筒体结构是将剪力墙或密柱框架集中到房屋的内部和外围而形成的空间封闭式的筒体。其特点是剪力墙集中而获得较大的自由分割空间，多用于写字楼建筑。筒体结构可细分为筒体-框架、框筒、筒中筒、束筒四种结构。筒体结构在各个方向的侧移刚度都很大，是目前高层、超高层结构中常采用的结构形式。

1.2 混凝土结构的特点和应用

1.2.1 素混凝土结构的特点和应用

素混凝土是针对钢筋混凝土、预应力混凝土等而言的。素混凝土是钢筋混凝土结构的重要组成部分，由水泥、砂(细集料)、石子(粗集料)、矿物掺合料、外加剂等，按一定比例混合后加一定比例的水拌制而成。普通混凝土干表观密度为 $1\,900\sim 2\,500\text{ kg/m}^3$ ，是由天然砂、石作集料制成的。当结构构件的配筋率小于钢筋混凝土中纵向受力钢筋最小配筋百分率时，应视为素混凝土结构。这种材料具有较高的抗压强度，而抗拉强度却很低，故一般在以受压为主的结构构件中采用，如柱墩、基础墙等。

1.2.2 钢筋混凝土结构中配置钢筋所起的作用

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种不同材料组成的。在钢筋混凝土结构中，利用混凝土的抗压能力较强而抗拉能力很弱，钢筋的抗拉能力很强的特性，用混凝土主要承受压力，钢筋主要承受拉力，两者共同工作，以满足工程结构的使用要求。

图 1.2 表示出素混凝土简支梁和钢筋混凝土简支梁的受力和破坏形态。在图 1.2(a)所示的外加集中力和梁的自身重力作用下，梁截面的上部受压，下部受拉。对素混凝土梁，由于混凝土的抗拉性能很差，在荷载作用下，梁的跨中附近截面边缘的混凝土一开裂，梁会突然断裂，破坏前变形很小，没有预兆，属于脆性破坏类型。为了改变这种情况，在受拉一侧区域内配置适量的钢筋构成钢筋混凝土梁，如图 1.2(b)所示。钢筋主要承受梁中性轴以下受拉区的拉力，混凝土主要承受中性轴以上受压区的压力。由于钢筋的抗拉能力和混凝土的抗压能力都很大，即使受拉区的混凝土开裂后梁还能继续承受相当大的荷载，直

到受拉钢筋达到屈服强度,以后,荷载再略有增加,受压区混凝土被压碎,梁才破坏。破坏前,变形较大,有明显预兆,属于延性破坏类型。可见,与素混凝土梁相比,钢筋混凝土梁的承载能力和变形能力都有很大提高,并且钢筋与混凝土两种材料的强度都能得到较充分的利用。

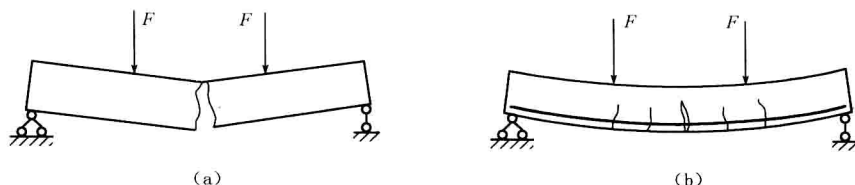


图 1.2 简支梁受弯破坏
(a)素混凝土; (b)钢筋混凝土

钢筋和混凝土是两种物理力学性能很不相同的材料,它们能够有效地结合在一起共同工作是由它们自身的材料性质决定的。首先,混凝土硬化后,钢筋和混凝土之间存在粘结力,使两者之间能传递力和变形,有时钢筋的表面也被加工成有间隔的肋条(称为变形钢筋,如:螺纹钢、月牙钢)来提高混凝土与钢筋之间的机械咬合。粘结力是使这两种不同性质的材料共同工作的基础。其次,钢筋与混凝土这两种材料有着近似相同的线膨胀系数(钢筋 $1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; 混凝土 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$),当温度变化时,钢筋和混凝土的粘结力不会因两者之间过大的相对变形而破坏,同时,也不会因为环境不同产生过大的应力(也就是一起膨胀和收缩,两者不会因为膨胀和收缩引起较大的摩擦应力)。此外,混凝土中的氢氧化钙提供的碱性环境,在钢筋表面形成了一层钝化保护膜,使钢筋相对于中性与酸性环境下更不易腐蚀,进而起到保护钢筋的作用。

由于钢筋混凝土结构合理地利用了钢筋和混凝土两者性能特点,可形成强度较高、刚度较大的结构,其耐久性和防火性能好,可模性好,结构造型灵活,以及整体性、延性好,自身重量轻,适用于抗震结构等特点,因而在建筑结构及其他土木工程中得到广泛应用。

预应力混凝土将在后面的章节中讲述,本书着重讲述钢筋混凝土结构的设计原理。

1.2.3 钢筋混凝土结构的优缺点

钢筋混凝土结构在土木工程结构中有广泛的应用,这是因为它有很多优点,其主要优点有:

(1)强度高。和砌体、木结构相比,其强度高,并在一定条件下可以用来代替钢结构,达到节约钢材、降低造价的目的。

(2)耐久性好。表现在:①混凝土的强度在良好环境下,随着时间增长,混凝土强度增大;②混凝土对钢筋具有保护作用,不像钢结构需经常保养与维修。

(3)耐火性好。混凝土传热性能差,发生火灾时钢筋不会很快达到软化的危险程度,可以避免结构倒塌破坏,比钢、木结构耐火性好。

(4)整体性好。现浇或装配式结构,整体性好,有利于抗震、防爆。

(5)可模性好。根据需要可浇筑成任何尺寸及形状。

(6)易就地取材。混凝土所用原材料为砂、石,可就近、就地取材,运输费用少,降低造价,也可用工业废料(矿渣、粉煤灰等)制成人造集料用于混凝土结构。

混凝土结构也有它的缺点：

(1)自重。对大跨、高层结构抗震等不利，但可用轻质高强度混凝土来改善。

(2)抗裂性差。正常使用情况下，一般钢筋混凝土结构中存在裂缝，这将导致结构刚度下降，变形增大，影响其耐久性。

(3)需用模板。其工序多，周期长，且受季节气候条件限制，对已建成的结构，补强、维修工作困难。

以上缺点，在一定条件下限制了钢筋混凝土结构的使用范围，但预应力混凝土使用高强度材料(高强度钢筋和高强度混凝土)，可以做到不裂或者控制裂缝宽度，节约材料，降低自重，具有技术革命意义。

正因为有以上优点，随着科学技术的发展及所用材料结构形式、施工技术等方面的革新和改进，钢筋混凝土的应用范围将不断扩大。

1.2.4 混凝土结构的发展和应用

从现代人类的工程建设史来看，相对于砌体、木结构而言，混凝土结构是一种新兴结构，它的应用也不过 100 多年的历史。但有的考古学者认为，水泥的起源约在几千年前。在公元前 3000 年，埃及人用熟石膏和石灰混合在一起建造了著名的金字塔，它是现存的最早的混凝土结构物。其后在古希腊和古罗马时代，人们用这种水泥建造了很多建筑物和公路。

进入近代以来，经过了 J. Smeaton 和 J. Parker 等人的试作阶段，1824 年，英国的烧瓦工人 Joseph Aspdin 调配石灰岩和黏土，首先烧成了人造的硅酸盐水泥，并取得专利，成为水泥工业的开端。此后，对如何克服混凝土抗拉强度很低这一问题，人们进行了研究，1854 年，法国技师 J. L. Lambot 将铁丝网放入混凝土中制成了小船，并于第二年在巴黎博览会上展出，这可以说是最早的钢筋混凝土结构制品。从此以后，Francois Conigne 和 Wilkinson 等人改进了 Lambot 的制品，到 1867 年，法国技师 Joseph Monier 取得了用格子状配筋制作桥面板的专利，钢筋混凝土结构工艺迅速地向前发展。1867 年是全世界公认为最早的钢筋混凝土结构桥架设的一年。1877 年，美国的 Thaddeus Hyatt 调查了梁的力学性质，1887 年，德国的 Konen 提出了用混凝土承担压力和用钢筋承担拉力的设计方案，德国的 J. Baushinger 确认了混凝土中的钢筋不受锈蚀等问题，于是钢筋混凝土结构又有了新的发展。1892 年，法国的 Hennebique 阐述了箍筋对抗剪的有效作用，并于 1898 年提出了 T 形梁的方案。关于柱子，前面提到的 Conigne 在钢筋混凝土桩方面获得了很多专利，Considerere 根据实验于 1902 年取得了螺旋钢筋柱的专利。

在工程应用方面，混凝土结构最初仅在最简单的结构物如拱、板等中使用。随着水泥和钢材工业的发展，混凝土和钢材的质量不断改进，强度逐步提高。例如，在美国 20 世纪 60 年代使用的混凝土抗压强度平均为 28 N/mm^2 ，20 世纪 70 年代提高到 42 N/mm^2 ，一些特殊需要的结构混凝土抗压强度可达 $80 \sim 100 \text{ N/mm}^2$ ，而实验室做出的抗压强度最高已达 266 N/mm^2 。苏联 20 世纪 70 年代使用的钢材平均屈服强度为 380 N/mm^2 ，20 世纪 80 年代提高到 420 N/mm^2 ；美国在 20 世纪 70 年代使用的钢材平均屈服强度已达 420 N/mm^2 ，预应力钢筋所用强度则更高。这些均为进一步扩大钢筋混凝土的应用范围创造了条件，特别是自 20 世纪 70 年代以来，很多国家已把高强度钢筋和高强度混凝土用于大跨、重型、高层结构中，在减轻自重、节约钢材上取得了良好的效果。

为了克服钢筋混凝土易于产生裂缝这一缺点,预应力混凝土出现了。预应力混凝土的应用又对材料强度提出新的更高的要求,而高强度混凝土及钢材的发展反过来又促进了预应力混凝土结构应用范围的不断扩大。预应力混凝土除了用以改善建筑结构外(如增大跨度、减小截面等),还应用于高层建筑、桥隧建筑、海洋结构、压力容器、飞机跑道及公路路面等方面。预应力混凝土的应用已不仅在某些范围内用来代替钢结构和改善普通钢筋混凝土结构,而且在一些方面,例如,原子能发电站的高温高压的大型压力容器,只有采用预应力混凝土结构建造,才能保证安全。对防腐蚀有特殊要求的海洋结构——如采油平台,也必须采用预应力混凝土或钢筋混凝土建造。

为改善钢筋混凝土自重大的缺点,世界各国已经大力研究发展了各种轻质混凝土(由胶结料、多孔粗集料、多孔或密实的细集料与水拌制而成),其干容重一般不大于 18 kN/m^3 ,如陶粒混凝土、浮石混凝土、火山灰混凝土、膨胀矿渣混凝土等。轻质混凝土可在预制和现浇的建筑结构中采用,例如可制成预制大型壁板、屋面板、折板以及现浇的薄壳、大跨、高层结构。但在应用中应当考虑到它的一些特殊性能(弹性模量低、收缩、徐变大等),国外轻质混凝土用于承重结构的强度等级为 C30~C60,其容重一般为 $14\sim 18 \text{ kN/m}^3$ 。国内常用的强度等级为 C20、C30,也可配制 C40 或更高的强度,其容重一般为 $12\sim 18 \text{ kN/m}^3$ 。由轻混凝土制成的结构自重较普通混凝土可减少 $20\%\sim 30\%$,由于自重减轻,结构地震作用减小,因此,在地震区采用轻质混凝土结构可有效地减小地震力,节约材料和造价。

由于轻质、高强混凝土材料的发展以及结构设计理论水平的提高,混凝土结构的应用跨度和高度都在不断增大。例如,目前世界上最高的混凝土建筑香港中环广场,高达 78 层 374 m,其次是平壤柳京饭店,达 105 层 300 m,芝加哥水塔广场大楼达 76 层 262 m;最高的全部轻混凝土结构的高层建筑是休斯敦贝壳广场大厦,共 52 层 215 m;预应力轻集料混凝土建造的飞机库(西德)房盖结构跨度达 90 m;预应力混凝土箱形截面桥梁跨度已达 240 m 以上(日本沃名大桥);苏联及加拿大分别建成了 533 m 及 549 m 高的预应力混凝土电视塔。

所有这些都显示了近代钢筋混凝土结构设计和施工水平日新月异,迅速发展。此外,对于防射线混凝土、纤维混凝土等也正在积极研究中,并已在有特殊要求的结构上开始应用。纤维混凝土使混凝土的性质获得飞跃的发展,把混凝土的拉、压强度比从 $1/10$ 提高到 $1/2$,并且具有早强、体积稳定(收缩、徐变小)的特性;并有可能建造 600~900 m 高的建筑、跨度达 500~600 m 的桥梁,以及海上浮动城市、海底城市、地下城市等。

1.2.5 国内混凝土结构的发展和应用简况

19 世纪末 20 世纪初,我国也开始有了钢筋混凝土建筑物,如上海市的外滩、广州市的沙面等,但工程规模很小,建筑数量也很少。新中国成立以后,我国在落后的国民经济基础上进行了大规模的社会主义建设。随着工程建设的发展及国家进一步的改革开放,混凝土结构在我国各项工程建设中得到迅速的发展和广泛的应用。

我国从 20 世纪 70 年代起,在一般民用建设中已较广泛地采用定型化、标准化的装配式钢筋混凝土构件,并随着建筑工业化的发展以及墙体改革的推行,发展了装配式大板居住建筑,在多高层建筑中还广泛采用大模剪力墙承重结构外加挂板或外砌砖墙结构体系。各地还研究了框架轻板体系,最轻的每平方米仅为 $3\sim 5 \text{ kN}$ 。由于这种结构体系的自重大大减轻,不仅节约了材料消耗,而且在结构抗震方面也具有显著的优越性。

改革开放后,混凝土高层建筑在我国也有了较大的发展。继 20 世纪 70 年代北京饭店、

广州白云宾馆和一批高层住宅(如北京前三门大街、上海漕溪路住宅建筑群)的兴建以后,20世纪80年代,高层建筑的发展加快了步伐,结构体系更为多样化,层数增多,高度加大,已逐步在世界上占有一席之地;目前,国内最高的混凝土结构建筑是广州的中天广场,80层322 m高,为框架—筒体结构;香港的中环广场达78层374 m,为三角形平面筒中筒结构,是世界上最高的混凝土建筑;广州国际大厦63层199 m,是20世纪80年代世界上最高的部分预应力混凝土建筑。随着高层建筑的发展,高层建筑结构分析方法和试验研究工作在我国得到了极为迅速的发展,许多方面已达到或接近国际先进水平。

大跨度的公共建筑和工业建筑,常采用钢筋混凝土桁架、门式刚架、拱、薄壳等结构形式。工业建设已经广泛地采用了装配式钢筋混凝土及预应力混凝土,为了节约用地,这些结构在多层工业厂房所占比重有逐渐增多的趋势,在多层工业厂房中除现浇框架结构体系以外,装配整体式多层框架结构体系已被普遍采用,并发展出整体预应力装配式板柱体系。其构件类型少,装配化程度高、整体性好、平面布置灵活,是一种有发展前途的结构体系。此外,电视塔、水塔、水池、冷却塔、烟囱、贮罐、筒仓等特殊构筑物也普遍采用了钢筋混凝土和预应力混凝土,如高380 m的北京中央电视塔、高405 m的天津电视塔、高490 m的上海东方明珠电视塔等。

混凝土结构在水利工程、桥隧工程、地下结构工程中的应用也极为广泛。用钢筋混凝土建造的水闸、水电站、船坞和码头在我国已是星罗棋布,如黄河上的刘家峡、龙羊峡及小浪底水电站,长江上的葛洲坝水利枢纽工程及三峡工程等。

钢筋混凝土和预应力混凝土桥梁也有了很大的发展,如著名的武汉长江大桥引桥;福建乌龙江大桥,最大跨度达144 m,全长548 m;四川泸州大桥,采用了预应力混凝土T形结构,三个主跨为170 m,主桥全长1255.6 m,引道长达7000 m,是目前我国最长的公路大桥。为改善城市交通拥挤,城市道路立交桥正在迅速发展。

随着混凝土结构在工程建设中的大量使用,我国在混凝土结构方面的科学研究工作已取得较大的发展。在混凝土结构基本理论与设计方法、可靠度与荷载分析、单层与多层厂房结构、高层、大跨、特种结构、工业化建筑体系、结构抗震及现代化测试技术等方面的研究工作都取得了许多新的成果,基本理论和设计工作的水平有了很大提高,已达到或接近国际水平。

作为反映我国混凝土结构学科水平的混凝土结构设计规范也随着工程建设经验的积累、科研工作的成果和世界范围技术的进步而不断改进。1952年,我国东北地区首先颁布了《建筑物结构设计暂行标准》;1955年,我国制定的《钢筋混凝土结构设计暂行规范》(结规6—55),采用了苏联规范中的按破坏阶段设计法;1966年,我国颁布了第一本《钢筋混凝土结构设计规范》(BJG 21—66),采用了当时较为先进的以多系数表达的极限状态设计法;1974年,编制了采用单一安全系数表达的极限状态设计法的《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10—74),以及一些有关的专门规程和规定。规范(BJG 21—66)和(TJ 10—74)的颁布标志着我国钢筋混凝土结构设计规范步入了从无到有、由低向高发展的阶段。为了解决各类材料的建筑结构可靠度设计方法的合理和统一问题,1984年颁布的《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68—84)规定我国各种建筑结构设计规范均统一采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,其特点是以结构功能的失效概率作为结构可靠度的量度,由定值的极限状态概念转变到非定值的极限状态概念上,从而把我国结构可靠度设计方法提高到当时的国际水平,对提高结构设计的合理性具有深刻意义。为配合GBJ 68—84的执行,1989年颁布的《混凝

土结构设计规范》(GBJ 10—89)使我国混凝土结构设计规范提高到了一个新的水平。

随着我国工程建设的快速发展以及进入 WTO 的需要,自 1997 年起,我国对工程建设标准进行了全面修订,并颁布了《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)等。为了完善和补充规范,我国大概每 10 年修订一次规范,目前现行新标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的颁布和实施,将推动新材料、新工艺、新结构的应用,使混凝土结构不断地发展,不停地演进,达到新的水平。

1.3 学习本课程应注意的问题

1.3.1 本课程学习目标

建筑结构课程主要讲述各种混凝土基本构件的受力性能、截面设计计算方法和构造等建筑理论,属于专业课程内容。通过本课程的学习和课程设计、毕业设计等实践教学环节,学生应初步具有运用这些理论知识正确进行建筑结构设计 and 解决实际技术问题的能力。

1.3.2 本课程学习中应注意的问题

1. 加强实验、实践性教学环节并注意扩大知识面

建筑理论的基本理论建立在力学知识和结构试验的基础之上,因此,除课堂学习以外,还要加强结构试验的教学环节,以进一步理解学习内容和训练的基本技能。当有条件时,可进行简支梁正截面受弯承载力、简支梁斜截面受剪承载力、偏心受压短柱正截面受压承载力的试验。

本课程的实践性很强,因此,要加强课程作业、课程设计和毕业设计等实践性教学环节的学习,并在学习过程中逐步熟悉和正确运用我国颁布的一些设计规范和设计规程。诸如,《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(以下简称《设计规范》)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)(以下简称《荷载规范》)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)(以下简称《抗震规范》)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)(以下简称“高规”)。

建筑结构是一门发展很快的学科,学习时要注意它的新动向和新成就,以扩大知识面。

2. 突出重点,并注意难点的学习

本课程的内容多、符号多、计算公式多、构造规定也多,学习时要遵循教学大纲的要求,贯彻“少而精”的原则,突出重点内容的学习。例如,受弯构件是本门课程的重点内容,把它学好了,就为后面各章的学习打下了好的基础。对学习中的难点要找出它的根源,以利于理解。

3. 深刻理解重要的概念,熟练掌握设计计算的基本功,切忌死记硬背

教学大纲中对要求深刻理解的一些重要概念做了具体的规定。注意,深刻理解往往不是一步到位的,而是随着学习内容的展开和深入,逐步加深的。例如,学习 T 形截面受弯

构件要回过头来,加深对单筋矩形截面受弯构件和双筋矩形截面受弯构件的理解。

要求熟练掌握的设计计算内容也在教学大纲中有明确的规定,它们是本课程的基本功。熟练是指正确、快捷。为此,本书各章后面给出的习题都要求认真完成。学生应该是先复习教学内容,搞懂例题后再做习题。习题的正确答案往往不是唯一的,这也是本课程与一般的数学、力学课程所不同的。

对构造规定,也要着眼于理解,切忌死记硬背。事实上,不理解的东西也难以记住。当然,对常识性的构造规定应该知道。

4. 学习理论知识在实际中应用的方法

学习本课程是为了在工程建设中进行混凝土结构的设计,它包括方案、材料选择、截面形式、配筋、构造措施等。结构设计是一个综合问题,要做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量。同一构件在相同的荷载作用下,可以有不同的截面形式、尺寸、配筋方法及配筋数量,设计时,需要进行综合分析,结合具体情况确定最佳方案,以获得良好的技术经济效果。所以,在学习过程中,要学会对多种因素进行综合分析的设计方法。

5. 学习本课程时,要学会运用现行的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)

设计规范是国家颁布的有关计算和构造要求的技术规定和标准、规范条文,尤其强制性条文是设计中必须遵守的带法律性的技术文件。这将使设计方法达到统一化和标准化,从而有效地贯彻国家的技术经济政策,保证工程质量。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)总结了近年来全国高校和设计、科研单位的科研成果和工程实践经验,学习借鉴了国外先进规范和经验,并广泛征求国内有关单位意见,经过反复修改而制定,它代表了该学科在一个时期的技术水平。

由于科学技术水平和生产实践经验是不断发展的,所以,设计规范也必然需要不断修订和补充。要用发展的观点来看待设计规范,在学习和掌握钢筋混凝土结构设计原理和设计方法的同时,要善于观察和分析,不断地进行探索和创新。

本章小结

(1)钢筋混凝土是把钢筋和混凝土这两种材料按照合理的方式结合在一起共同工作,充分发挥两种材料各自优点的一种复合材料。在混凝土中配置一定形式和数量的钢筋形成钢筋混凝土构件后,可以使构件的承载力得到很大提高,构件的受力性能也能得到显著改善。

(2)钢筋和混凝土能够有效结合在一起共同工作的主要原因是钢筋和混凝土之间存在粘结力,使两种材料之间能传递力和变形;钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数接近。

(3)钢筋混凝土结构的主要优点是强度高、耐久性好、耐火性好、可模性好、整体性好、易于就地取材等。主要缺点是结构自重较大,抗裂性差,一旦损坏,则修复比较困难,施工受季节环境影响较大等。

(4)混凝土材料主要发展方向是高强、轻质、耐久、提高抗裂性和易于成型等。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等。

(5)《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中的条文,尤其强制性条文是设计中必须遵守的带法律性的技术文件,遵守规范是为了使结构设计方法达到统一化和标准化,从而有效地贯彻国家的技术经济政策,保证工程质量。

课后习题

1. 建筑结构是什么？
2. 钢筋混凝土梁破坏时有哪些特点？钢筋和混凝土是如何共同工作的？
3. 钢筋混凝土结构有哪些优点和缺点？
4. 本课程主要包括哪些内容？学习本课程要注意哪些问题？