



高职高专 **土木与建筑** 规划教材

混凝土结构与砌体结构

(第2版)

杨晓光 张颂娟 主 编
崔 岩 段春花 侯献语 副主编



清华大学出版社

高职高专土木与建筑规划教材

混凝土结构与砌体结构 (第2版)

杨晓光 张颂娟 主 编
崔岩 段春花 侯献语 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是按照高等职业教育“建筑工程技术专业”技术应用型专门人才的培养目标以及课程改革对教材建设的需要而组织编写的系列教材之一。全书依据我国最新颁布的国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)等编写而成。

本书在第1版的基础上,根据教学和工程实践经验,在章节和内容上进行了重新修订。全书分为建筑结构概论、混凝土结构和砌体结构三大篇,共14章,内容包括:建筑结构的基本概念、建筑结构的设计原则、混凝土结构材料及其力学性能、钢筋混凝土受弯构件、钢筋混凝土受扭构件、钢筋混凝土受压构件、预应力混凝土构件、钢筋混凝土梁板结构、多层及高层钢筋混凝土房屋、混凝土结构抗震设计、砌体材料及其力学性能、砌体结构的墙体体系与计算方案、砌体结构构件的承载力计算、砌体结构房屋的构造措施。每章后均附有小结、思考题或训练题,有的章节还附有设计应用实例。

本书主要作为高职高专院校建筑工程技术专业或土木类相关专业的教学用书,也可作为土木工程技术人员实用参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构与砌体结构/杨晓光,张颂娟主编;崔岩,段春花,侯献语副主编.——2版.——北京:清华大学出版社,2013

(高职高专土木与建筑规划教材)

ISBN 978-7-302-31380-9

I. ①混… II. ①杨… ②张… ③崔… ④段… ⑤侯… III. ①混凝土结构—高等职业教育—教材 ②砌体结构—高等职业教育—教材 IV. ①TU37 ②TU36

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第013992号

责任编辑:桑任松

封面设计:刘孝琼

责任校对:周剑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印装者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:21.75 字 数:523千字

版 次:2006年9月第1版 2013年2月第2版 印 次:2013年2月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.00元

产品编号:048820-01

第2版前言

本书是按照高等职业教育“建筑工程技术专业”职业能力培养目标的要求,以及课程改革对教材建设的需要而组织编写的系列教材之一。近年来,随着我国建筑业的飞速发展,工程建设的新材料、新技术、新工艺得到了广泛应用。为此,国家对建筑结构设计相关规范和标准进行了全面修订。本教材依据我国最新颁布的国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等进行编写,同时参照了第1版的基本体系和内容编排。本书的再版力求适应社会需求和新时期高等职业教育的特点,体现职业岗位所需要的知识和能力要求。以工程应用为主旨,对教材内容的选取突出适用性和实用性,注重学生职业技能的培养。

本书在第1版的基础上,根据教学改革和工程实践的需要,在框架体系上重新进行了调整。对原有部分章节和相关内容按最新规范进行了修订和编写,对本书中的印刷错误予以更正,对各章的思考和训练题进行了再编。全书分建筑结构概论、混凝土结构和砌体结构三大篇,共14章,内容包括建筑结构的基本概念、建筑结构的设计原则、混凝土结构材料及其力学性能、钢筋混凝土受弯构件、钢筋混凝土受扭构件、钢筋混凝土受压构件、预应力混凝土构件、钢筋混凝土梁板结构、多层及高层钢筋混凝土房屋、混凝土结构抗震设计、砌体材料及其力学性能、砌体结构的墙体体系与计算方案、砌体结构构件的承载力计算以及砌体结构房屋的构造措施。另外,附录中还给出了各种钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量、建筑结构设计静力计算常用表的相关资料。

本书由杨晓光负责统稿,河北工程大学史三元教授担任主审。参加本书修订工作的人员有:河北工业职业技术学院杨晓光(第1章、第8章、附录);辽宁省交通高等专科学校张颂娟(第4章、第5章);兰州石化职业技术学院崔岩(第11章、第12章、第13章、第14章);山西建筑职业技术学院段春花(第2章、第9章、第10章);辽宁省交通高等专科学校侯献语(第3章、第6章);河北工业职业技术学院张磊(第7章)。

在本书的编写过程中,我们参阅了一些公开出版和发表的文献,并得到了编者所在院校、清华大学出版社等单位的大力支持,谨此一并致谢。

由于编者的水平有限,在修订过程中难免仍有不足之处,恳请广大读者和同行专家批评指正。

编 者

第 1 版前言

随着我国社会主义市场经济体制的建立,作为国民经济支柱产业之一的建筑业得到了迅猛发展,行业和社会对人才培养提出了更高的要求。为加快高职高专教育和教学改革进程,迫切需要适应高职高专人才培养目标,适合高职高专教学规律,体现职业教育特色的实用性教材。本教材是为了适应社会需求,提高职业教育人才培养的质量,以及满足高职高专“建筑工程技术专业”教学改革对教材建设的需要而组织编写的。

本书根据高职高专“建筑工程技术专业”人才培养目标所体现的知识和能力要求,并结合编者长期教学实践的经验,依据我国现行的最新结构设计规范和标准编写而成。其内容涉及的国家现行规范和标准包括《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)和《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)等。

本教材的编写力求体现高职高专教育的特点,从培养技术应用型人才的总目标出发,对基本理论的讲授以应用为目的,教学内容以必需、够用为度,注重职业能力的培养。本书在编写过程中,尽量做到语言精练、概念清楚、体系完整、突出应用。全书以结构设计的基本概念和构造措施为重点,注重结构构件的受力特点及设计原理的分析,取消或弱化部分理论偏难的公式推导和结构计算等传统内容,侧重于解决常见工程问题、结构施工图以及在实际工程施工中遇到的有关结构知识。每章后均附有小结、思考题或练习题,有的章节还附有设计应用实例,注意了基本知识和基本技能的训练。本书内容兼顾了不同院校的教学需要,部分内容可视各学校情况选学。

参加本书编写工作的人员有:河北工业职业技术学院杨晓光(绪论、第 7 章、附录),辽宁省交通高等专科学校张颂娟(第 3 章、第 4 章),广西建设职业技术学院李克彬(第 10 章),山西建筑职业技术学院段春花(第 1 章、第 9 章),浙江大学宁波理工学院许瑞萍(第 2 章、第 8 章),广西建设职业技术学院郑斌(第 5 章),内蒙古建筑职业技术学院富顺(第 6 章)。

本书由杨晓光、张颂娟担任主编,李克彬、段春花、许瑞萍任副主编。全书由杨晓光最后统稿并定稿。

河北工程学院史三元教授担任本书主审,并提出了许多宝贵意见。在本书的编写过程中,我们参阅了一些公开出版和发表的文献,并得到了编者所在院校、清华大学出版社等单位的大力支持,谨此一并致谢。

限于编者的水平和经验,书中难免有不妥之处,恳请广大读者和同行专家批评指正。

编 者

目 录

第一篇 建筑结构概论

第 1 章 建筑结构的概述	1	2.1.1 结构的功能要求	10
1.1 建筑结构的组成和分类	1	2.1.2 结构功能的极限状态	11
1.1.1 建筑结构的组成	1	2.1.3 结构的安全等级	12
1.1.2 建筑结构的分类	2	2.2 结构上的荷载与荷载效应	12
1.2 混凝土结构概述	2	2.2.1 结构上的作用	12
1.2.1 混凝土结构的概念	2	2.2.2 荷载的分类	13
1.2.2 钢筋混凝土结构的主要优缺点	4	2.2.3 荷载的代表值	13
1.2.3 混凝土结构的发展及应用概况	4	2.2.4 荷载的设计值	15
1.3 砌体结构概述	5	2.2.5 荷载效应	16
1.3.1 砌体结构的特点	5	2.3 结构抗力与材料强度	17
1.3.2 砌体结构的发展及应用概况	6	2.3.1 结构抗力	17
1.4 课程特点及学习方法	6	2.3.2 材料强度取值	17
本章小结	8	2.4 概率极限状态设计法	18
思考与训练	9	2.4.1 结构的可靠度	18
		2.4.2 极限状态设计表达式	18
第 2 章 建筑结构设计的原则	10	本章小结	21
2.1 结构设计的基本要求	10	思考与训练	22

第二篇 混凝土结构

第 3 章 混凝土结构材料及其力学性能	23	3.2 钢筋	33
3.1 混凝土	23	3.2.1 钢筋的种类	33
3.1.1 混凝土的强度	23	3.2.2 钢筋的力学性能	34
3.1.2 混凝土的变形	27	3.2.3 钢筋的设计指标	35
3.1.3 混凝土的设计指标	31	3.2.4 混凝土结构对钢筋性能的要求	36
3.1.4 混凝土材料的耐久性基本要求	31	3.3 钢筋与混凝土之间的黏结	37
		3.3.1 黏结作用及产生原因	37
		3.3.2 影响黏结强度的因素	37



3.3.3 保证黏结强度的措施.....	38
本章小结.....	41
思考与训练.....	41
第4章 钢筋混凝土受弯构件	42
4.1 受弯构件的一般构造要求.....	42
4.1.1 板的构造要求.....	42
4.1.2 梁的构造要求.....	43
4.1.3 混凝土保护层厚度及截面有效高度.....	46
4.2 受弯构件正截面承载力计算.....	46
4.2.1 受弯构件正截面的受力性能.....	46
4.2.2 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算.....	50
4.2.3 T形截面梁正截面承载力计算.....	60
4.2.4 双筋截面受弯构件的概念.....	68
4.3 受弯构件斜截面承载力计算.....	70
4.3.1 受弯构件斜截面的破坏形态.....	70
4.3.2 受弯构件斜截面受剪承载力计算.....	72
4.3.3 保证斜截面受弯承载力的构造要求.....	80
4.4 受弯构件变形及裂缝宽度验算.....	85
4.4.1 受弯构件的变形验算.....	86
4.4.2 裂缝宽度验算.....	92
本章小结.....	95
思考与训练.....	96
第5章 钢筋混凝土受扭构件	99
5.1 受扭构件的受力特点及配筋构造.....	99
5.1.1 受扭构件的受力特点.....	99
5.1.2 受扭构件的配筋构造.....	101
5.2 受扭构件承载力计算.....	102
5.2.1 矩形截面纯扭构件承载力计算公式.....	102
5.2.2 矩形截面弯剪扭构件配筋计算要点.....	104
本章小结.....	106
思考与训练.....	106
第6章 钢筋混凝土受压构件	107
6.1 受压构件的构造要求.....	108
6.1.1 材料强度.....	108
6.1.2 截面形式及尺寸.....	108
6.1.3 配筋构造.....	108
6.2 轴心受压构件承载力计算.....	110
6.2.1 轴心受压构件的破坏特征.....	110
6.2.2 普通箍筋柱正截面承载力计算.....	112
6.2.3 螺旋箍筋柱简介.....	115
6.3 偏心受压构件承载力计算.....	116
6.3.1 偏心受压构件的受力性能.....	116
6.3.2 矩形截面偏心受压柱正截面承载力计算.....	120
6.3.3 对称配筋矩形截面偏心受压柱的截面配筋计算.....	122
6.3.4 偏心受压构件斜截面承载力计算要点.....	125
本章小结.....	126
思考与训练.....	127
第7章 预应力混凝土构件	128
7.1 预应力混凝土概述.....	128
7.1.1 预应力混凝土的基本概念.....	128
7.1.2 预应力混凝土结构的优缺点.....	129
7.1.3 施加预应力的方法.....	130
7.2 预应力混凝土构件设计的一般规定.....	131
7.2.1 预应力混凝土材料.....	131
7.2.2 张拉控制应力.....	132
7.2.3 预应力损失.....	133
7.2.4 预应力混凝土构件设计要点.....	138

7.3 预应力混凝土构件的构造要求.....	140
7.3.1 一般构造要求.....	140
7.3.2 先张法构件.....	141
7.3.3 后张法构件.....	142
本章小结.....	143
思考与训练.....	143
第8章 钢筋混凝土梁板结构.....	145
8.1 概述.....	145
8.2 单向板肋梁楼盖设计.....	146
8.2.1 单向板楼盖的结构方案.....	146
8.2.2 单向板楼盖的计算简图.....	148
8.2.3 单向板楼盖的内力计算—— 弹性计算法.....	152
8.2.4 单向板楼盖的内力计算—— 塑性计算法.....	154
8.2.5 单向板楼盖的构件设计与 构造要求.....	158
8.2.6 单向板肋梁楼盖设计实例.....	164
8.3 双向板肋梁楼盖设计.....	175
8.3.1 双向板楼盖的结构方案.....	175
8.3.2 双向板的内力计算方法.....	175
8.3.3 双向板楼盖的构件设计与 构造要求.....	177
8.3.4 双向板肋梁楼盖设计实例.....	179
8.4 楼梯.....	182
8.4.1 现浇板式楼梯.....	182
8.4.2 现浇梁式楼梯.....	190
8.5 悬挑构件.....	192
8.5.1 雨篷.....	192
8.5.2 挑檐.....	195
本章小结.....	195
思考与训练.....	196
第9章 多层及高层钢筋混凝土房屋.....	198
9.1 多层及高层房屋结构体系.....	198
9.1.1 高层建筑结构的特点及 常用结构体系.....	198

9.1.2 多层及高层房屋结构设计 的一般原则.....	201
9.1.3 多层及高层房屋结构的 荷载分类.....	203
9.2 框架结构.....	206
9.2.1 框架结构的组成与结构 布置.....	206
9.2.2 框架结构的内力分析.....	208
9.2.3 框架结构的侧移验算.....	213
9.2.4 框架梁、柱的截面设计.....	214
9.2.5 现浇框架的构造要求.....	216
9.3 剪力墙结构.....	221
9.3.1 剪力墙结构的布置原则.....	221
9.3.2 剪力墙结构的受力特点.....	221
9.3.3 剪力墙结构的构造要求.....	224
9.4 框架-剪力墙结构.....	226
9.4.1 框架-剪力墙结构的受力 特点.....	226
9.4.2 框架-剪力墙结构的构造 要求.....	227
本章小结.....	228
思考与训练.....	229
第10章 混凝土结构抗震设计.....	230
10.1 工程抗震基本知识.....	230
10.1.1 地震类型及常用术语.....	230
10.1.2 建筑抗震设防目标与设防 标准.....	232
10.1.3 抗震设计的基本要求.....	235
10.2 多层及高层钢筋混凝土房屋的 抗震措施.....	237
10.2.1 震害特点.....	237
10.2.2 抗震设计的一般规定.....	238
10.2.3 框架结构的抗震构造措施...240	
10.2.4 抗震墙结构的抗震构造 措施.....	243
本章小结.....	247
思考与训练.....	248

第三篇 砌体结构

第 11 章 砌体材料及其力学性能249

11.1 砌体材料及种类.....249

11.1.1 砌体材料.....249

11.1.2 砌体的种类.....253

11.2 砌体的受压性能.....255

11.2.1 砖砌体的受压性能.....255

11.2.2 影响砌体抗压强度的因素.....257

11.2.3 砌体抗压强度的设计指标.....258

11.3 砌体的受拉、受弯和受剪性能.....260

本章小结.....262

思考与训练.....262

第 12 章 砌体结构的墙体体系与计算

方案.....263

12.1 砌体结构的承重体系.....263

12.2 房屋的静力计算方案.....265

12.2.1 房屋的空间工作性能.....265

12.2.2 房屋的静力计算方案.....266

12.3 刚性方案房屋墙体的静力计算.....268

12.3.1 单层刚性方案房屋.....268

12.3.2 多层刚性方案房屋.....270

本章小结.....273

思考与训练.....274

第 13 章 砌体结构构件的承载力

计算.....275

13.1 无筋砌体墙、柱受压计算.....275

13.1.1 受压构件承载力计算.....275

13.1.2 墙、柱高厚比验算.....282

13.2 砌体局部受压计算.....287

13.2.1 砌体局部均匀受压.....288

13.2.2 梁端支承处砌体局部受压 ...289

13.2.3 提高梁端下砌体局部受 压承载力的措施291

13.3 配筋砌体简介.....294

13.3.1 网状配筋砖砌体294

13.3.2 组合砖砌体295

13.4 砌体结构中的过梁及挑梁设计.....297

13.4.1 过梁的计算与构造297

13.4.2 挑梁的计算与构造300

本章小结.....304

思考与训练.....305

第 14 章 砌体结构房屋的构造措施307

14.1 墙体的构造措施.....307

14.1.1 墙体的一般构造要求307

14.1.2 防止墙体开裂的主要措施 ...309

14.2 多层砌体房屋的抗震措施.....312

14.2.1 多层砌体房屋的震害及其 分析312

14.2.2 抗震设计的一般规定314

14.2.3 多层砖砌体房屋的抗震 构造措施317

本章小结.....323

思考与训练.....324

附录 A 各种钢筋的公称直径、公称

截面面积及理论重量325

附录 B 建筑结构设计静力计算常

用表327

参考文献336

第一篇 建筑结构概论

第 1 章 建筑结构的 basic 概念

【学习目标】

了解建筑结构的概念和分类；理解配筋在混凝土结构中的作用；熟悉钢筋混凝土结构与砌体结构的主要优缺点及其在工程中的应用；了解混凝土结构与砌体结构的发展概况；明确本课程的主要任务和学习方法。

建筑物是供人们生产、生活和进行其他活动的房屋或场所。建筑物在各种作用影响下是否安全，能否正常发挥所预期的各种功能要求，能否完好地使用到规定的年限，这些问题都是建筑结构学科中要解决的问题。

建筑物中由若干个单元，按照一定组成规则，通过正确的连接方式所组成的能够承受并传递荷载和其他间接作用的空间体系(骨架)称为建筑结构，简称结构。这些单元就是结构的基本构件。

1.1 建筑结构的组成和分类

1.1.1 建筑结构的组成

结构的基本构件主要有板、梁、墙、柱、基础等，这些组成构件由于所处部位不同，承受荷载状况不同，各有不同的作用。

(1) 板：是水平承重构件，承受施加在本层楼板上的全部荷载(含楼板、粉刷层自重和楼面上人群、家具、设备等荷载)。板在长、宽两个方向的尺寸远大于其高度(也称厚度)，是典型的受弯构件。

(2) 梁：是水平承重构件，承受板传来的荷载以及梁的自重。梁的截面宽度和高度尺寸远小于其长度尺寸。梁主要承受竖向荷载，其作用方向与梁轴线垂直，其作用效应主要为受弯和受剪。

(3) 墙：是竖向承重构件，用以支承水平承重构件或承受水平荷载(如风荷载)。其作用效应为受压(当荷载作用于墙的截面形心线上时)，有时还可能受弯(当荷载偏离墙形心线时)。



(4) 柱：是竖向承重构件，承受梁、板传来的竖向荷载以及柱的自重。柱的截面尺寸远小于其高度。当荷载作用于柱截面形心时为轴心受压，当荷载偏离柱截面形心时为偏心受压。

(5) 基础：是埋在地面以下的建筑物底部的承重构件，承受墙、柱传来的上部结构的全部荷载，并将其扩散到地基土层或岩石层中。

1.1.2 建筑结构的分类

建筑结构有多种分类方法，一般按照结构所用材料、承重结构类型、使用功能、外形特点以及施工方法等进行分类。由于各种结构有其一定的适用范围，因此应根据具体情况合理选用。

1. 按所用材料分类

按照承重结构所用的材料不同，建筑结构可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构等。混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、纤维筋混凝土结构和其他形式的加筋混凝土结构。砌体结构包括砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构。由两种及两种以上材料作为主要承重结构的房屋称为混合结构。例如，房屋建筑的屋盖和楼盖等水平承重构件采用混凝土，墙体采用砖砌体，基础采用砖石砌体或钢筋混凝土，就称为砖混结构。

2. 按承重结构类型分类

按组成建筑物承重结构的形式和受力体系分，有砖混结构、排架结构、框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构等。

3. 其他分类方法

(1) 按使用功能可以分为建筑结构(如住宅、公共建筑、工业建筑等)、特种结构(如烟囷、水塔、水池、筒仓、挡土墙等)、地下结构(如隧道、涵洞、人防工事、地下建筑等)。

(2) 按外形特点可以分为单层结构、多层结构、大跨度结构和高耸结构(如电视塔等)。

(3) 按施工方法可以分为现浇结构、装配式结构、装配整体式结构和预应力混凝土结构等。

1.2 混凝土结构概述

1.2.1 混凝土结构的概念

混凝土是由粗骨料(石子)、细骨料(砂子)、胶凝材料(水泥)加水拌制而成的复合材料。以混凝土材料为主要承重构件组成的结构称为混凝土结构，包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。

混凝土是建筑工程中应用非常广泛的一种建筑材料，其抗压强度较高，而抗拉强度却很低。因此，不配置钢筋的素混凝土构件只适用于受压构件，在建筑工程中一般仅用作基础垫层或室外地坪。预应力混凝土结构是在结构或构件中配置了预应力钢筋并施加了预应力的结构。

钢筋混凝土结构是由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构。钢筋的抗拉和抗压强度都很高，而且延性很好。为了充分发挥材料的性能，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，使钢筋主要承受拉力，混凝土主要承受压力，就组成了钢筋混凝土结构。通常所说的混凝土结构是指钢筋混凝土结构。

如图 1.1 所示，两根截面尺寸、跨度和混凝土强度等级(C20)完全相同的简支梁，一根为素混凝土梁，另一根为钢筋混凝土梁。试验结果表明，当加荷至 $F = 8\text{kN}$ 时，素混凝土梁便由于受拉区混凝土断裂而破坏，并且破坏是突然发生的，无明显预兆。但如果在梁的受拉区配置适量钢筋，做成钢筋混凝土梁，当荷载增加到一定数值时，受拉区混凝土仍会开裂，但钢筋可以代替开裂的混凝土承受拉力，因而裂缝不会迅速发展，梁可以继续增加荷载。钢筋混凝土梁破坏前的变形和裂缝都发展得很充分，呈现出明显的破坏预兆，且破坏荷载提高到 $F=36\text{kN}$ 。因此，在混凝土内配置受力钢筋，不仅大大提高了构件的承载能力，而且使结构的受力性能得到显著改善。

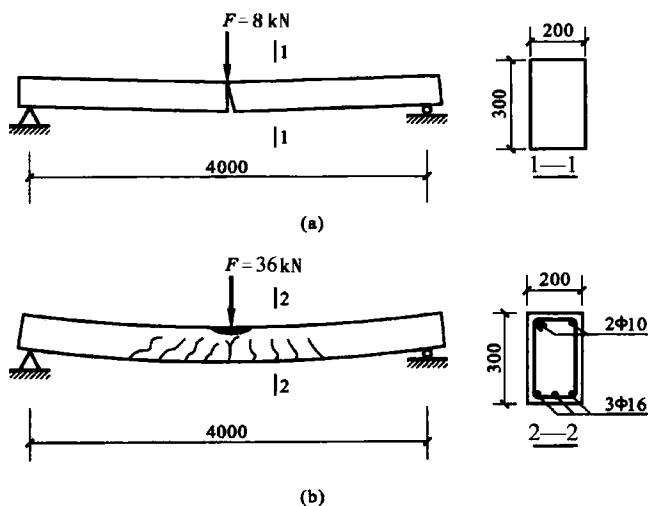


图 1.1 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况

钢筋和混凝土是两种力学性能截然不同的材料，它们能够有效地结合在一起共同工作的主要原因如下。

(1) 混凝土硬化后，钢筋和混凝土之间存在着黏结力，能牢固结成整体，受力后变形一致，不会产生相对滑移。这是钢筋和混凝土共同工作的前提条件。

(2) 钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数接近，钢筋为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 。当温度变化时，两者不会产生过大的相对变形而破坏它们之间的黏结。

(3) 钢筋外边有一定厚度的混凝土保护层, 可以防止钢筋锈蚀, 从而保证了钢筋混凝土结构的耐久性。

1.2.2 钢筋混凝土结构的主要优缺点

钢筋混凝土结构在工程结构中得以广泛应用, 主要是因为与其他结构相比, 它具有如下优点。

(1) 就地取材。钢筋混凝土的主要材料中, 砂、石所占比例较大, 水泥和钢筋所占比例较小。砂和石一般都可由建筑工地附近供应, 水泥和钢材的产地在我国分布也较广。

(2) 节约钢材。钢筋混凝土结构的承载力较高, 大多数情况下可代替钢结构, 因而节约钢材。

(3) 整体性好。钢筋混凝土结构特别是现浇结构的整体性好, 刚度大, 对抗震、抗爆有利。

(4) 可塑性好。新拌和的混凝土是可塑的, 可根据工程需要制成各种形状的构件。

(5) 耐久性好。钢筋混凝土结构中, 钢筋被混凝土紧紧包裹而不易生锈, 从而保证了结构的耐久性。

(6) 耐火性好。混凝土是不良传热体, 钢筋又有足够的保护层, 火灾发生时, 钢筋混凝土结构不会像木结构那样被燃烧, 也不会像钢结构那样很快软化而破坏。

钢筋混凝土结构也存在一些缺点, 主要是自重、抗裂性能差、现浇结构模板用量大、工期长等。但随着科学技术的不断发展, 这些缺点已在一定程度上得到了克服和改善。例如, 采用轻质高强的混凝土可以减轻结构自重, 采用预应力混凝土可以提高构件的抗裂性能, 采用预制构件可以减小模板用量、缩短工期等。

1.2.3 混凝土结构的发展及应用概况

与砌体结构、木结构、钢结构相比, 混凝土结构是一种出现较晚的结构形式, 迄今只有 160 多年的历史。早期的混凝土结构所用的钢筋与混凝土强度都很低, 主要用于小型钢筋混凝土梁、板、柱和基础等构件。现代混凝土结构是随着水泥和钢铁工业的发展而发展起来的。进入 20 世纪 30 年代以后, 随着生产的需要和科学技术的发展, 出现了预应力混凝土结构、装配式钢筋混凝土结构和钢筋混凝土薄壁空间结构, 使混凝土结构在材料性能、结构形式、应用范围、施工方法和设计理论等方面都得到了迅速发展。目前, 混凝土结构已成为建筑工程中应用最为广泛的一种结构, 而且具有很大的发展潜力。

在材料方面, 混凝土结构的材料将向高强、轻质、耐久、复合方向发展。目前, 国内常用的混凝土强度等级为 C20~C50, 个别工程已应用到 C80。我国已制成 C100 的混凝土, 美国已制成 C200 的混凝土, 这为混凝土在超高层建筑、大跨度桥梁等方面的应用创造了条件。改善混凝土性能的另一个重要方面就是减轻混凝土自重, 目前国内外都在发展轻质混凝土, 如陶粒混凝土、浮石混凝土、加气混凝土等, 其自重为 $14\sim 18\text{N/mm}^3$, 与普通混凝土相比自重可减小 $10\%\sim 30\%$ 。此外, 各种纤维混凝土和聚合物混凝土的研究与应用大大改善了混凝土的抗拉性能。钢筋的强度也有新的提高, 现在强度达 $400\sim 600\text{N/mm}^2$ 的高

强钢筋已开始应用。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。

在结构形式方面,组合结构成为近年来结构发展的方向之一。目前劲性钢筋混凝土、钢管混凝土柱、压型钢板-混凝土组合楼盖、型钢-混凝土组合梁等钢-混凝土组合结构已广泛应用,组合结构具有强度高、截面小、延性好及简化施工等优点。另外,预应力混凝土结构近年来发展也比较迅速,无黏结预应力和体外张拉等预应力技术都有重大发展。

在设计理论方面,从1955年我国有了第一批建筑结构设计规范至今,设计规范已修订了5次。20世纪50年代以前,结构的安全度和可靠度设计方法基本上处于经验性的允许应力法阶段。70年代以后,以概率数理统计学为基础的可靠度理论有了很大发展,使结构可靠度的近似概率极限状态设计方法进入了工程设计中。新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(以下简称《混凝土规范》)反映了近十年来在工程实践中的新经验和最新科研成果,它采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,从对结构侧重安全发展到全面侧重结构的性能。新规范还明确了工程设计人员必须遵守的强制性条文。随着计算机的广泛应用和现代测试技术的发展,工程结构的非线性分析和精确计算得以实现,混凝土结构的计算理论和设计方法将向更高阶段发展。

当今,混凝土结构的应用范围在不断扩大,已从工业与民用建筑、桥梁工程、水工及港口工程和特种结构扩大到了近海工程、海洋工程、地下工程、国防工程、核电站等领域。随着轻质高强材料的使用,在大跨度、高层建筑、高耸建筑中钢筋混凝土结构的应用更加广泛。例如,我国台湾地区的台北101大厦建成于2005年,101层,高达508m,属钢-混凝土组合结构,是当时世界第一高度的高层建筑。2008年建成的上海环球金融中心目前是中国内地第一高楼、世界第三高楼,楼高492m,地上101层,是钢-混凝土组合结构。已经建成的长江三峡水电站拦河大坝为混凝土重力坝,坝高178m,坝顶高程185m,总水库容量 $3.93 \times 10^{10} \text{m}^3$,是世界上最大的水利枢纽工程之一。

1.3 砌体结构概述

1.3.1 砌体结构的特点

由块体(砖、石材、砌块)和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构称为砌体结构,它是砖砌体、石砌体和砌块砌体结构的统称。

砌体结构在建筑工程领域的应用非常广泛,特别是在多层民用建筑中,砌体结构占绝大多数。目前,高层砌体结构也开始应用,最大建筑高度已达10余层。一般来说,砌体结构具有以下几方面优点。

(1) 取材方便,造价低廉。砌体结构的原材料——黏土、砂、石为天然材料,分布极广,取材方便。因而比钢筋混凝土结构更经济,并能节约水泥、钢材和木材。

(2) 具有良好的耐火性及耐久性。砖是经烧结而成,本身具有较好的耐高温能力。砖墙的热传导性能较差,在火灾中还能起到防火墙的作用,阻止或延缓火灾的蔓延。砖、石等材料具有良好的化学稳定性及大气稳定性,抗腐蚀性强,这就保证了砌体结构的耐久性。



(3) 具有良好的保温、隔热、隔声性能,节能效果好。

(4) 施工简单。砌体结构不需支模、养护,且施工工具简单,工艺易于掌握。

但是,砌体结构还存在着强度低、自重大、抗震性能差、砌筑工作量大等缺点,这使得砌体结构不能建造层数较高和跨度较大的房屋。

1.3.2 砌体结构的发展及应用概况

砌体结构在我国具有悠久的历史。早在原始社会末期就有石砌结构;在 3000 多年前的西周时期已开始生产和使用烧砖;在秦、汉时期,砖瓦已广泛应用于房屋建筑;在古代,还用砖砌筑宫殿、穹拱、佛塔等。隋朝建造的赵县安济桥是世界上现存最早、跨度最大的单孔圆弧石拱桥;长城在秦代开始用石头砌筑,明代用大块砖重修,总长达 1 万余里,是砌体结构的伟大杰作。在国外,古希腊的神庙、埃及的金字塔、意大利的比萨斜塔等砌体结构建筑物因气势宏伟而举世闻名。

迄今为止,砌体结构的应用范围很广。砌体结构不但在低层和多层住宅与办公建筑中大量应用,也用于建造桥梁、隧道、挡土墙、涵洞以及坝、堰等水工结构,还用于建造如水池、水塔、料仓、烟囱等特种结构。当然,由于砌体材料强度低,结构整体性和延性差,不利于结构抗震等因素,砌体结构的应用范围也受到一定的限制。

砌体结构作为最传统的建筑材料之一,同样在 20 世纪获得了较大发展。为充分发挥其优势,在砌体结构的材料和构造方式上进行了很多探讨和改进,拓宽了砌体结构的应用范围。如采用配筋砌体、组合砌体和预应力砌体等新的结构构造形式,可改善砌体结构的受力性能;采用空心承重砌块,以降低结构自重;进行墙体材料改革,大力发展轻质高强、节能利废的新型墙体材料,逐步替代实心黏土砖。另外就是具有中国特色的砌体结构设计理论的发展。经过修订后的最新《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)(以下简称《砌体规范》),根据近年来的研究成果和工程经验,增加了节能减排、墙材革新背景下新型砌体材料的内容,并对原有砌体结构的设计方法作了适当的调整和补充,使砌体结构的计算理论和设计方法更趋完善。

1.4 课程特点及学习方法

本课程是建筑工程技术等相关专业的主干专业课之一,包括混凝土结构和砌体结构两大类结构体系。主要研究建筑结构的设计原则,混凝土和砌体结构材料的基本力学性能,结构基本构件的受力特点、计算原理和构造要求,常见房屋整体结构的特点、结构布置原则、受力体系分析、结构设计方法以及有关构造知识等内容。通过本课程的学习,应了解建筑结构的基本设计原理,熟悉钢筋、混凝土及砌体材料的力学性能,以及由其组成的各种结构构件的受力特点及破坏形态,掌握一般房屋建筑的结构布置、截面选型及基本构件的设计与计算方法,能够正确领会国家建筑结构设计规范的有关规定,理解结构设计的有关构造要求并正确识读结构施工图,同时能处理工程施工中遇到的一般结构问题,逐步培养和提高学生理论联系实际的综合应用能力。

为了学好混凝土结构与砌体结构课程,首先应对本课程的特点有所了解。在学习过程中应注意以下特点。

(1) 研究对象的特殊性。本课程的研究对象与材料力学中的研究对象是不同的。材料力学主要是研究单一的、匀质的弹性材料,从而建立了内力和变形的计算方法。而建筑结构中所用材料可能是由两种或两种以上材料组合而成的,而且组成材料是非匀质的弹塑性材料。如:钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土两种不同材料构成的,砌体结构则由块体和砂浆砌筑而成。因此,在材料力学中讨论过的公式和计算方法在本课程中不再完全适用。

(2) 计算理论的实验性。由于钢筋混凝土和砌体材料的物理力学性能比较复杂,结构构件的计算理论是在大量科学实验的基础上建立起来的。许多计算公式都是在实验的基础上采用统计分析方法得出的半理论半经验公式。因此,在学习过程中要正确理解建立公式所采用的基本假定及实验依据,应用公式时要特别注意其适用范围和限制条件。

(3) 结构设计的综合性。建筑结构设计任务是确定结构布置方案、构件选型及材料选择,通过承载力计算、变形验算及其配筋构造等,形成最终的结构设计方案,这是一个综合性问题。对同一问题往往有多种可能的解决办法,即使是同一构件,在相同荷载作用下,其截面形式、截面尺寸、配筋方式和数量都可以有多种答案,设计时需要综合考虑技术先进、经济合理、安全适用、施工方便等多方面因素,才能作出合理选择。所以,在学习本课程时,要学会对多种因素进行综合分析的设计方法和应用能力。

(4) 设计规范的有效性。设计规范是国家颁布的关于结构设计计算和构造要求的技术规定与标准,是贯彻国家的技术经济政策,保证设计质量、设计方法和审批工程的具有约束性和立法性的技术文件,设计、施工等工程技术人员必须严格遵守和执行。此外,相关设计规范根据长期工程实践的经验,总结出了一些实用的计算方法和构造措施。在本课程的学习中,有关基本理论的应用最终都要落实到规范的具体规定中。因此,熟悉并学会应用有关规范和标准,是学习本课程的重要任务之一。

(5) 课程内容的实践性。本课程是一门理论相对较深而实践性又很强的课程,这不仅体现在它的计算理论依托于大量的实验结果和工程经验,而且随着新材料、新技术的不断出现,本学科还在实践中不断发展和完善。所以,学习时一定要将理论知识与工程实践的具体应用相结合,以不断扩展知识面和积累工程经验。

一般在学完建筑力学、建筑材料、房屋建筑构造等课程之后,开始进入本课程的学习,学生通常不易适应。他们觉得本门课“概念多、公式多、理论抽象、构造规定繁琐”,学习时不得要领。针对上述问题并结合本课程的特点,建议采取与之相适应的学习方法。

(1) 注意同力学课的联系与区别。本课程所研究的钢筋混凝土和砌体材料,都不符合材料力学中匀质弹性材料的条件,因此力学公式多数不能直接应用。但是,通过几何、物理和平衡关系建立基本方程来解决问题的思路,二者是相同的。所以,在应用力学原理求解问题时,必须考虑材料的性能特点,切不可照搬照抄。同时注意结构课中的习题,往往正确答案不是唯一的,这也是与力学课所不同的。

(2) 重视材料的力学特性。钢筋混凝土是一种复合材料,存在着两种材料的数量比例和强度搭配问题,如果超过一定范围,就会引起构件受力性能的改变;砌体结构中块材和砂浆各自的力学性能,与两者组合在一起形成砌体时的特性也有所不同。只有掌握好组成材料的力学性能,才能更好地理解结构或构件的受力性能及破坏特征。



(3) 正确应用计算公式。由于混凝土和砌体材料的力学特性及强度理论非常复杂,目前结构设计的计算公式是在理论分析和大量实验结果的基础上建立起来的。因此,基本公式都有一定的适用范围和限制条件。学习中不能生搬硬套,要理解公式的基本假定,应根据工程具体情况运用与之相适应的计算公式并验算适用条件。

(4) 理解重要的基本概念,加强课后训练。本课程内容多、符号多、计算公式多、构造要求也多,如果死记硬背是非常困难的。在学习过程中,要注意对重要概念的理解,有时可能不会一步到位,而是随着课程内容的展开和深入逐步加深。除课堂教学外,必须完成一定数量的思考题和练习题等课后作业,才能有助于理解和巩固学习内容。

(5) 重视构造知识的学习。本课程涉及大量的构造措施和有关规定,是对结构计算中未能详细考虑或难以定量计算的因素所采取的技术措施,是长期科学实验和工程经验的总结。在结构设计过程中,计算结果和构造要求同等重要。学习时要充分重视构造规定和构造处理,除常识性构造要求外,不必去死记硬背,而应弄清其中的道理,并通过平时的练习和课程设计逐步掌握一些基本的构造知识。

(6) 努力参加工程实践,做到理论联系实际。本课程所包含的专业知识,在工程实际中运用最广泛,对学生走向工作岗位后的设计、施工、管理诸方面技能的培养具有较高的关联度。因此,学习本课程时,除课堂教学外,还应加强实践性的教学环节,到施工现场进行参观学习,结合教学内容通过现场印证,增加感性认识,积累工程经验。此外,还要加强识读施工图和图纸会审等基本技能的训练,为综合职业能力的培养打下基础。

本章小结

(1) 在建筑物中起承受各种作用的骨架体系称为建筑结构。建筑结构的基本构件主要有板、梁、墙、柱、基础等,这些组成构件由于所处部位不同,承受荷载状况不同,各有不同的作用。建筑结构按构成的材料不同,可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构;按其承重结构的类型,可分为混合结构、排架结构、框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构等。

(2) 钢筋和混凝土能够有效地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黏结力,使两者之间能传递力和变形。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,构件的受力性能也得到显著改善。

(3) 混凝土结构的主要优点是强度高、整体性好、可模性好、耐久性好、耐火性好、易于就地取材等。混凝土结构已成为建筑工程中应用最为广泛的一种结构,并将在材料性能、结构形式、应用范围、施工方法和设计理论等方面得到进一步发展。

(4) 砌体结构是砖砌体、石砌体和砌块砌体结构的统称。近年来,为充分发挥其优势,在砌体结构的材料和构造方式上进行了很多探讨和改进,拓宽了砌体结构的应用范围。例如,采用配筋砌体、组合砌体和预应力砌体等新的结构构造形式,大力发展轻质高强、节能利废的新型墙体材料等。

(5) 《混凝土结构与砌体结构》是建筑工程技术专业的一门主干专业课,本课程所包含的专业知识在工程实际中运用最广泛,对学生走向工作岗位后的设计、施工、管理诸方面技能的培养具有较高的关联度。为了学好本课程,首先应对课程的特点有所了解,学习时要做到目标明确、方法得当、训练到位,真正做到理论联系实际。