

► 清华大学土木工程系列教材

钢筋混凝土原理

第3版

过镇海 编著

清华大学出版社

013028537

TU528.571

01-3

► 清华大学土木工程系列教材

钢筋混凝土原理

第3版

过镇海 编著



TU528.571

01-3

清华大学出版社



北航

C1634973

内 容 简 介

本书为《钢筋混凝土原理》一书的修订第3版,共4篇20章,主要内容有混凝土的基本力学性能,混凝土的多轴强度和本构关系,钢筋和混凝土的组合作用,基本构件的承载力、裂缝变形及其分析方法,结构的抗震、疲劳、抗爆、抗高温和耐久性等特殊受力性能。

书中详细介绍了混凝土材料的各种受力性能,并以此为基础和以试验为依据,深入地分析钢筋混凝土构件在各种受力状态下的性能变化规律、受力机理、计算原则和方法等,以展示钢筋混凝土作为一种组合结构材料的基本原理和分析方法。

本书可作为建筑、水利、交通、地下、海洋工程等结构工程专业研究生的教材,也可用作高等学校本科的教学参考书,并供从事钢筋混凝土结构科学研究、设计和施工管理的技术人员参考。

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

钢筋混凝土原理/过镇海编著.--3版.--北京:清华大学出版社,2013.4

(清华大学土木工程系列教材)

ISBN 978-7-302-30348-0

I. ①钢… II. ①过… III. ①钢筋混凝土结构—高等学校—教材 IV. ①TU375

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第240827号

责任编辑:张占奎

封面设计:陈国熙

责任校对:刘玉霞

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

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:28

字 数:678千字

版 次:1999年8月第1版 2013年4月第3版

印 次:2013年4月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:48.00元

产品编号:044285-01

第 3 版前言

自从 20 世纪 80 年代初我国全面推行研究生学位制以来,清华大学曾为结构工程专业和相近专业的硕士研究生开设“钢筋混凝土结构理论”、“混凝土强度理论和本构关系”等课程^[0-1~0-4]。经过多年的教学实践,教员数次更迭,课程的名称和教学大纲多有演变,教学内容的侧重点也有较大变化,至 1990 年已合并成为一门课程——“钢筋混凝土原理”,并一直沿用至今。

为适应课程教学,作为教材的本书第 1 版^[0-5]于 1999 年出版,是以作者多年讲授该课程的讲稿为基础编写的。2001 年底,北京市教育委员会开展“北京市高等教育精品教材建设”,该书经评审,选定为教材建设立项项目。原书经过修订,并增补 2 章后,更名为《钢筋混凝土原理和分析》^[0-6],于 2003 年出版,实为原书的第 2 版,合作编著者还有时旭东教授。

这两版教材发行至今,先后共印刷 10 次,近乎每年加印一次,表明每年都有新的读者群。且不时有高校教师、研究生和工程技术人员等通过多种途径来咨询或讨论书中的有关技术问题。似说明本书尚合新老读者所需,书中内容尚属可用。

本书第 3 版是前两版的修订本,保持了原书的编写体系和原则,主要修改的内容如下:

(1) 原书第 2 版的初次发行至今已有 8 年,最近 3 年正值结构工程各主要技术规范的新修订期。其中与本书内容密切相关的《混凝土结构设计规范》、《建筑抗震设计规范》等都有较多修改,又新增了《混凝土结构耐久性设计规范》、《纤维增强复合材料建设工程应用技术规范》等。这些规范中新增和修改的内容,多数属于设计工况、材料应用、构造措施、计算参数、限制条件等,涉及“原理”的极少。本来,归结为“原理”的就应该比较成熟和相对稳定,因此本书的主要内容并不受影响,只是对相关局部作出相应的修正。

(2) 第 2 版中曾增设了“第 15 章 构件分析的一般方法”,主要介绍有限元分析方法在钢筋混凝土结构分析中的应用。据了解,采用此书作为教材的各高校,都已经开设有专门的有限元分析课程。与之相比,本章的内容既重复,又过于单薄,因此予以撤除。作为补偿,在第 10 章中增加了(其实是恢复了第 1 版中的)一节:“截面分析的一般方法”。

(3) 增设“分阶段制作和承载的构件”一章,介绍截面由不同材料组成,且存在先后应力史差的构件,在荷载作用下的特殊性能。涉及的主要构件有:具我国试验研究特色的叠合梁,以及工程中时遇的加固构件。

(4) 全书正文后添设了符号表,将本书中引用的主要符号和工程中的常用符号大体按各章节的内容和顺序分类列出,以便查对。

(5) 原书(第2版)的多次加印过程中,虽然经过勘误,但图文中仍遗留一些错误。这一次修订,又仔细阅读全文,改正错误,并对部分词句作了修改。经过上述各方面的修改,全书中约有半数页面上有不同程度的订正和改动。

(6) 书名恢复为《钢筋混凝土原理》(第3版)。

修订后的本书仍维持第2版的4篇20章。

第1篇在阐述混凝土材料的基本特点和受力破坏机理的基础上,比较详细地介绍了混凝土在基本受力状态下的强度和变形规律,以及多种因素的影响,并给出了多种结构混凝土的主要力学性能。还全面概括了混凝土在多轴应力状态下强度和变形的一般规律,简要介绍了混凝土的破坏准则和本构模型,为分析和设计二维和三维混凝土结构提供必要的依据。

第2篇首先介绍钢筋的基本力学性能,后着重分析和解决钢筋和混凝土共同作用的一些重要问题,包括相互粘结、共同受力、横向约束和变形差等。这是钢筋混凝土作为组合材料区别于单一结构材料的特殊问题。

第3篇给出钢筋混凝土基本受力构件(即压弯构件)的承载力、裂缝和变形,以及抗剪和抗扭构件等的一般性能规律、受力机理和分析方法等。还单设一章介绍分阶段制作和承载构件的特殊性能。

第4篇针对结构常遇的几种特殊受力状态,包括抗(地)震、疲劳、抗爆和抗高温等,介绍钢筋和混凝土的材料和基本构件的特殊性能反应及其分析方法。最后简要介绍混凝土结构耐久性失效的若干问题,及其机理分析和防治措施。

在高校结构工程类专业的本科学习期间,有关钢筋混凝土结构的课程中,一般先简要介绍钢筋和混凝土的材性,后以较大篇幅着重说明各种基本构件的性能、计算方法、设计和构造要求等,较多地遵循结构设计规范的体系和方法,以完成结构设计为主要目标。

本书和相应研究生课程是以研究和分析钢筋混凝土结构的性能及其一般规律,并以解决工程中出现的各种问题为目标。全书用很大篇幅系统地介绍主要材料——混凝土在单轴和多轴应力状态下,以及各种特殊条件下的强度和变形的一般规律,以此作为了解和分析构件性能的基础。在表述钢筋混凝土构件在各种工况受力条件下的性能时,强调以试验结果为依据,着重介绍其受力变形和破坏(或失效)的全过程、各种因素的影响、机理分析、重要技术指标的确定、计算原则和方法等。希望读者在阅读本书后,不仅能理解钢筋混凝土材料和构件受力性能的一般规律,还能对分析和解决钢筋混凝土结构工程问题的一般途径和合理方法有所了解。

本书除了作为结构工程类专业研究生教材之外,也可以用作本科生有关课程教学的参考书,以及从事钢筋混凝土结构的科研、设计和施工管理的技术人员作为研究、分析和处理

工程问题之借鉴。

在本书完稿之时,作者特别感谢历年来在清华大学土木工程系工作的前辈教授们,他们严谨的治学精神和认真的工作态度为后人作出了榜样,他们在钢筋混凝土结构学科方面的教学经验和科研成果丰富了我的学识,在许多方面构成了本书的基础。作者还感谢多年来在研究工作中合作的同事们和研究生们,他们大力协作与辛勤劳动的研究成果充实、并不断地改进了本课程的内容。当然,本书的刊印和出版还有许多编辑和审校专家的努力,以及读者的关爱和支持,在此一并致谢。

限于作者的学术水平和分析表达能力,书中的错误或不足之处在所难免,敬请专家和读者批评指正。作者还真诚地欢迎与读者通过不同方式,就书中有关技术问题直接进行交流和讨论。

过镇海

2012年9月于清华园

目 录

绪论	1
----------	---

0.1 钢筋混凝土结构的发展和特点	1
0.2 本课程的特点	3

第 1 篇 混凝土的力学性能

第 1 章 基本力学性能	6
--------------------	---

1.1 材料组成和材性特点	6
1.1.1 材料的组成和内部构造	6
1.1.2 材性的基本特点	8
1.1.3 受力破坏的一般机理	10
1.2 抗压强度	12
1.2.1 立方体抗压强度	12
1.2.2 棱柱体试件的受力破坏过程	14
1.2.3 主要抗压性能指标值	15
1.3 受压应力-应变全曲线	18
1.3.1 试验方法	18
1.3.2 全曲线方程	19
1.4 抗拉强度和变形	22
1.4.1 试验方法和抗拉性能指标	22
1.4.2 受拉破坏过程和特征	26
1.4.3 应力-应变全曲线方程	29
1.5 抗剪强度和变形	30
1.5.1 合理的试验方法	30
1.5.2 破坏特征和抗剪强度	33
1.5.3 剪切变形和剪切模量	34

第 2 章 主要因素的影响	36
---------------------	----

2.1 荷载重复加卸作用	36
--------------------	----

2.2	偏心受压	39
2.2.1	试验方法	40
2.2.2	主要试验结果	40
2.2.3	应力-应变关系	43
2.3	偏心受拉和弯曲受拉	44
2.4	龄期	47
2.5	收缩	49
2.6	徐变	52
2.6.1	基本概念	52
2.6.2	主要影响因素	54
2.6.3	计算公式	56
第3章	多种结构混凝土	59
3.1	高强混凝土	59
3.1.1	应用和制备	59
3.1.2	基本力学性能	61
3.2	轻质混凝土	65
3.2.1	分类	65
3.2.2	基本力学性能	67
3.3	纤维混凝土	69
3.3.1	分类	69
3.3.2	基本力学性能	70
第4章	多轴强度和本构关系	74
4.1	试验设备和方法	75
4.2	强度和变形的一般规律	78
4.2.1	二轴应力状态	78
4.2.2	三轴应力状态	82
4.2.3	不同材料和加载途径	88
4.3	典型破坏形态及其界分	90
4.4	破坏准则	93
4.4.1	破坏包络面的形状和其表达	93
4.4.2	破坏准则表达式	97
4.4.3	多轴强度计算图	101
4.5	本构关系	104
4.5.1	线弹性类本构模型	104
4.5.2	非线(性)弹性类本构模型	107
4.5.3	其他类本构模型	114

第 2 篇 钢筋和混凝土的组合作用

第 5 章 钢筋的力学性能	118
5.1 混凝土结构中的钢材	118
5.2 应力-应变关系	120
5.2.1 软钢	121
5.2.2 硬钢	122
5.3 反复荷载作用下的变形	123
5.4 冷加工强化性能	126
5.4.1 冷拉和时效	127
5.4.2 冷拔	128
5.5 徐变和松弛	129
第 6 章 钢筋与混凝土的粘结	132
6.1 粘结力的作用和组成	132
6.1.1 作用和分类	132
6.1.2 组成	134
6.2 试验方法和粘结机理	135
6.2.1 试验方法	135
6.2.2 光圆钢筋	136
6.2.3 变形钢筋	138
6.3 影响因素	140
6.4 粘结应力-滑移本构模型	144
6.4.1 特征值的计算	144
6.4.2 τ -S 曲线方程	145
第 7 章 轴向受力特性	147
7.1 受压构件	147
7.1.1 基本方程	147
7.1.2 应力和变形分析($\epsilon_y < \epsilon_p$)	149
7.1.3 应力和变形分析($\epsilon_y > \epsilon_p$)	150
7.2 受拉构件	152
7.2.1 分析的基本方程	152
7.2.2 各阶段的应力和变形分析	153
7.2.3 最小配筋率	154
7.2.4 受拉刚化效应	155
7.3 一般性规律	156

第8章 约束混凝土	158
8.1 螺旋箍筋柱	158
8.1.1 受力机理和破坏过程	158
8.1.2 极限承载力	160
8.2 矩形箍筋柱	161
8.2.1 受力破坏过程	161
8.2.2 箍筋作用机理	163
8.2.3 应力-应变全曲线方程	165
8.3 钢管混凝土	170
8.3.1 受力特点和机理	170
8.3.2 极限强度计算	172
8.4 局部受压	174
8.4.1 受力特点和机理	174
8.4.2 强度值计算	178
第9章 变形差的力学反应	181
9.1 混凝土收缩	181
9.2 温度变形差	185
9.3 混凝土徐变	188

第3篇 基本构件的承载力和变形

第10章 压弯承载力	192
10.1 受力过程和破坏形态	192
10.1.1 单筋矩形梁	192
10.1.2 适筋、少筋和超筋梁	194
10.1.3 偏心受压(拉)柱	196
10.2 长柱的附加弯矩	199
10.3 截面分析的一般方法	202
10.4 极限承载力	205
10.4.1 计算公式	205
10.4.2 双向压弯构件	210
10.5 多种材料和构造的构件	212
第11章 受拉裂缝	217
11.1 裂缝的成因及控制	217

11.2	构件的开裂内力·····	219
11.3	裂缝机理分析·····	221
11.3.1	粘结-滑移法·····	221
11.3.2	无滑移法·····	223
11.3.3	综合分析·····	226
11.4	裂缝宽度的计算·····	228
第 12 章	弯曲刚度和变形 ·····	233
12.1	构件的变形及其控制·····	233
12.1.1	变形对结构的影响·····	233
12.1.2	截面刚度和构件变形·····	234
12.2	截面刚度计算·····	236
12.2.1	有效惯性矩法·····	236
12.2.2	刚度解析法·····	238
12.2.3	受拉刚化效应修正法·····	240
12.3	变形计算·····	242
12.3.1	一般计算方法·····	242
12.3.2	实用计算方法·····	243
第 13 章	弯剪承载力 ·····	246
13.1	无腹筋梁的破坏形态和承载力·····	246
13.1.1	典型(剪压)破坏形态·····	246
13.1.2	斜压和斜拉破坏形态·····	249
13.1.3	弯剪承载力及其影响因素·····	251
13.2	腹筋的作用和抗剪的成分·····	253
13.2.1	腹筋的作用·····	253
13.2.2	弯剪承载力的组成·····	255
13.3	极限弯剪承载力的计算·····	256
13.3.1	关于有限元方法·····	256
13.3.2	经验回归式·····	256
13.3.3	简化力学模型·····	259
13.4	多种受力状态和构造的构件·····	261
第 14 章	抗扭承载力 ·····	270
14.1	受扭构件的弹性解和塑性解·····	270
14.2	纯扭构件的承载力·····	273
14.2.1	无腹筋构件·····	273
14.2.2	有腹筋构件·····	274

14.2.3	配筋(箍)量的影响	275
14.3	复合受扭构件	277
14.3.1	压(拉)-扭构件	277
14.3.2	剪-扭构件	277
14.3.3	弯-扭构件	278
14.3.4	弯-剪-扭构件	280
14.4	极限承载力的计算	280
14.4.1	经验计算式	281
14.4.2	桁架模型	282
14.4.3	斜扭面极限平衡	284
第15章	分阶段制作和承载的构件	286
15.1	截面的材料和受力特点	286
15.2	预制-浇整叠合梁	288
15.2.1	分阶段荷载试验	288
15.2.2	叠合后截面的受力特点	292
15.2.3	设计计算方法	295
15.3	抗弯加固的梁	298
15.3.1	应力状态分析	298
15.3.2	设计计算方法	300
15.4	加固柱	301
15.4.1	试验研究	301
15.4.2	分析和计算方法	304
第4篇 构件的特殊受力性能		
第16章	抗震性能	310
16.1	结构抗(地)震性能的特点	310
16.2	单调荷载下的延性	311
16.2.1	延性的概念和表达	311
16.2.2	计算方法	313
16.2.3	塑性区转角	315
16.3	低周反复荷载下的滞回特性	317
16.3.1	滞回曲线的一般特点	317
16.3.2	多种受力状态的滞回曲线	320
16.3.3	恢复力模型	326
第17章	疲劳性能	328
17.1	混凝土的疲劳性能	328

17.1.1	试验结果和表达方法	328
17.1.2	影响因素和计算式	331
17.2	钢筋的疲劳性能	332
17.3	钢筋和混凝土粘结的疲劳性能	335
17.4	构件的疲劳性能及其验算	337
17.4.1	受弯疲劳	337
17.4.2	受(弯)剪疲劳	340
第 18 章	抗爆性能	342
18.1	结构抗爆炸的特点	342
18.2	快速加载的材料性能	345
18.2.1	试验设备和方法	345
18.2.2	钢筋	346
18.2.3	混凝土	347
18.3	构件性能	350
18.3.1	受弯构件	350
18.3.2	受压构件	353
第 19 章	抗高温性能	354
19.1	结构抗高温的特点	354
19.2	截面温度场	356
19.2.1	温度-时间曲线	356
19.2.2	材料的热工性能	357
19.2.3	热传导方程和温度场的确定	359
19.3	材料的高温力学性能	361
19.3.1	钢材的性能	361
19.3.2	混凝土的基本性能	364
19.4	混凝土的耦合本构关系	370
19.4.1	抗压强度的上、下限	370
19.4.2	应力下的温度变形和瞬态热应变	371
19.4.3	短期高温徐变	373
19.4.4	耦合本构关系	374
19.5	构件的高温性能和抗高温验算	374
19.5.1	压弯构件	374
19.5.2	超静定结构	378
19.5.3	结构的高温分析和近似计算	379
第 20 章	耐久性	383
20.1	混凝土结构耐久性的特点	383

20.1.1	工程中的问题	383
20.1.2	耐久性失效的特点	384
20.1.3	混凝土的孔结构	385
20.2	若干耐久性问题	387
20.2.1	渗透	387
20.2.2	冻融	388
20.2.3	碱-骨料反应	389
20.2.4	碳化	390
20.2.5	化学腐蚀	391
20.2.6	钢筋锈蚀	392
20.3	结构的耐久性设计和评估	395
20.3.1	耐久性设计	395
20.3.2	已有结构的耐久性检测和评估	396
	符号表	398
	思考与练习	406
	参考文献	414

绪 论

0.1 钢筋混凝土结构的发展和特点

自从世界上首次制成钢筋混凝土制品,并用于结构工程,至今略过百年。比起原始人类最早所用的土、木结构,文明史初期出现的砖石砌体结构,以及在工业革命后大量发展的钢结构等来说,钢筋混凝土结构是最年轻的结构工程成员。但是,它的性能和制作工艺不断地获得改善和提高,结构形式变化多样,应用范围逐渐地扩大。现今,在世界各国,特别是在我国,钢筋混凝土已成为结构工程中最为兴旺发达的一族。

目前,最广泛使用钢筋混凝土结构的工程领域有:

建筑工程——各类民用和公共建筑,单层和多层工业厂房,高层和大跨建筑,……;

桥梁和交通工程——板式、梁式、拱形和桁架式等上部结构,墩台和基础,护坡,公路路面,铁道轨枕,……;

水利和海港工程——大坝,水电站,港口和码头,海洋平台,蓄水池和输水管,渡槽,……;

地下工程——隧道,地下铁道,矿井和巷道,各类结构和重大设备的基础,沉井,沉箱,桩基等,以及军用防御工事,……;

特殊结构——电视塔,输电杆塔,栈桥,筒仓,烟囱,机场跑道和停机坪等。甚至,钢筋混凝土已进入传统的钢结构独占的机械制造行业,占有一席之地,例如核反应堆的压力容器和安全壳、万吨级水压机、船舶、大型机床床身等。

钢筋混凝土结构的应用范围如此广泛,形式变化多样,其内在的必然性是钢筋和混凝土二者的材性互补,充分发挥各自的优越性。混凝土作为结构材料的主体,有着制作工艺简便、就地取材、价格低廉等显著优点;但是它的抗拉强度低,质脆易裂,只有加入适当形式和数量的钢筋后,才能提高结构的承载力和延性,保证其安全性和使用条件。同时,钢筋的一些缺点,如环境稳定性差,易腐蚀,不耐火等,当其埋入混凝土内后,受到保护而克服。钢筋和混凝土的有效组合形成了承载力强、整体性好、刚度大、抗腐蚀、

耐火和适应性广的结构工程材料。

此外,混凝土材料无定形,只需制作和安装好模板,就能很容易地建造任何形体复杂、尺寸大小不一的结构而不受限制。钢筋混凝土结构既有大量不同形状的实心或空心截面的梁、板、柱等一维构件,又适合于平板、墙板、剪力墙、折板等二维板式结构,以及薄壳、厚壳和不规则的实体三维结构。

钢筋混凝土是由两种材料组合而成。它作为一种整体材料,又很容易通过不同构造方式与其他结构材料构成多种组合结构,如钢筋混凝土-型钢组合结构,钢筋混凝土-砖墙混合结构等,更扩大了它的适应性和应用范围,增加了结构方案的多样性。

由于钢筋混凝土结构应用日广,生产需求的巨大推动力促进了研究工作的全面开展,在结构材料、施工工艺、结构整体方案、构件性能、构造措施、计算理论和设计方法等方面都取得了丰富的成果和重大的进展。

针对混凝土材料的一些缺点,如自重重大,抗裂性差,强度增长缓慢,施工季节受限制等,已经从材料选择、配制和养护工艺、配筋构造、施工管理、预加应力、改进计算方法等方面采取措施后予以解决或大大改善;

为了提高混凝土的材料性能和减轻结构重量,研制和应用了高强混凝土($>C50$)、多种轻质混凝土($\gamma=500\sim 1\,900\text{ kg/m}^3$)、纤维混凝土等,近年又发展了高性能混凝土;

改进和发展混凝土的制备工艺,混凝土内注入各种添加剂,以促使高强、早强,增加和易性、抗冻性,采用泵送混凝土、免振混凝土、喷射混凝土、耐热混凝土、耐酸混凝土等,以适应不同的施工和使用条件;

钢筋由低强钢发展为以中强和高强钢种为主,对低松弛钢和有防腐蚀涂层的钢筋使用日益增多,用高强和抗腐蚀的树脂或碳素纤维(筋)取代钢筋的研究已取得成功;

混凝土在简单受力和多轴应力状态下的性能,及其破坏准则和本构关系的研究已有很大进展,混凝土在荷载反复作用、高速加载、荷载长期持续,或高温状态下的强度和变形试验资料已经较多;

钢筋和混凝土之间的粘结性能,包括受力机理、强度和滑移的特征值、 τ - S 曲线的形状和计算模型等,经过多年的试验和理论研究已有较深的认识,工程中关心的钢筋锚固问题也有了比较稳妥的构造措施;

各种钢筋混凝土的梁、柱基本构件在静载、动载和拟动力荷载作用下的性能,是历来研究工作的重点,大部分都有明确的结论和成熟的计算方法,在灾难(如地震、爆炸、火灾等)情况下各种构件的力学反应,也有较多的试验和理论研究成果;

结构的设计原则和计算理论,初期是从钢结构移植过来的“弹性分析-允许应力”法,发展为单一安全系数的极限承载力法,以至现在基于概率统计可靠度分析的极限状态设计法;结构的内力计算,由最简单的古典弹性分析法,发展为考虑塑性变形的极限平衡法,以至进行结构受力非线性全过程分析。有限元分析方法和计算机技术的结合,为复杂结构的准确分析提供了强力的有效手段,在实际工程中已日益普及。

试验方法的进步和设备、仪器的高技术化,提高了结构试验与检测的能力和精度,能更好地模拟结构的各种环境和受力条件,获取更多、更精细的信息和数据,有助于更深入地理

解结构的性能反应,并探索新的物理现象和规律。

所有这些研究成果,加深了对钢筋混凝土的材料和结构性能的规律性认识,提高了结构设计和施工的技术水平,促进了钢筋混凝土结构的发展。今后,随着建设事业的发展,钢筋混凝土结构必有更广阔的前景。

0.2 本课程的特点

《钢筋混凝土原理》是为结构工程和相近学科的研究生所开课程的专用教材。他们在本科期间已经学习过钢筋混凝土基本构件和结构设计等课程,对于钢筋混凝土的特点和设计方法已有所了解。本课程是研究和设计钢筋混凝土结构的主要理论基础和试验依据,其内容和作用如同匀质线弹性结构的“材料力学”。但是钢筋混凝土是由非线性的、且拉压强度相差悬殊的混凝土和钢筋组合而成,受力性能复杂多变,因而课程的内容更为丰富。

钢筋混凝土结构作为结构工程的一个学科分支,必定服从结构工程学科的一般规律:从工程实践中提出要求或问题,通过调查统计、试验研究、理论分析、计算对比等多种手段予以解决。总结其一般变化规律,揭示作用机理,建立物理模型和数学表达,确定计算方法和构造措施,再回到工程实践中进行验证,并加以改进和补充。一般需经过实践—研究—实践的多次反复,渐臻完善,最终为工程服务。

钢筋混凝土既然是由性质迥异的两种材料组合而成,必定具有区别于单一材料结构(如钢结构、木结构等)的特殊性。所以,钢筋混凝土的性能不仅依赖于两种材料本身的性质,还在更大程度上取决于二者的相互关系和配合,例如:

不同的配筋方式——纵向或横向配筋,集中或分散配筋,超量或少量配筋,自然配筋或预加应力,……

材性指标的相对值——强度比,面积比或体积比,弹性模量比,特征应变比,温度、收缩和徐变的变形差,……

因此,钢筋混凝土的承载力和变形性能的变化幅度很大。有时甚至可以按照所规定的性能指标设计专门的钢筋混凝土,合理选用材料和配筋构造,以满足具体工程的特定要求。

众所周知,混凝土是非匀质的、非线性的人工混合材料,力学性能复杂,且随时间而变化,性能指标的离散性又大;而钢筋和混凝土的配合又呈多样性,更使得钢筋混凝土的性能十分复杂多变。至今,钢筋混凝土构件在不同受力状态和环境条件下的性能反应已有较多的试验和理论研究成果,建立了相应的计算方法和构造措施,可以解决工程问题。但是,还缺乏一个完善的、统一的理论方法来概括和解决普遍的工程问题。

考虑到混凝土材性和钢筋混凝土构件性能的这些特点,撰写本书时遵循如下原则:

(1) 立足于试验依据

混凝土材料的力学性能指标和钢筋混凝土构件的性能反应,一般只能在精细的试验中确定。根据一定数量的试验数据,研究其变化规律,并通过机理和统计分析,总结成理性认识,建立物理和数学模型加以描述,最终还用试验或工程实践加以验证。这也是研究和解决钢筋混凝土结构问题的一般方法。