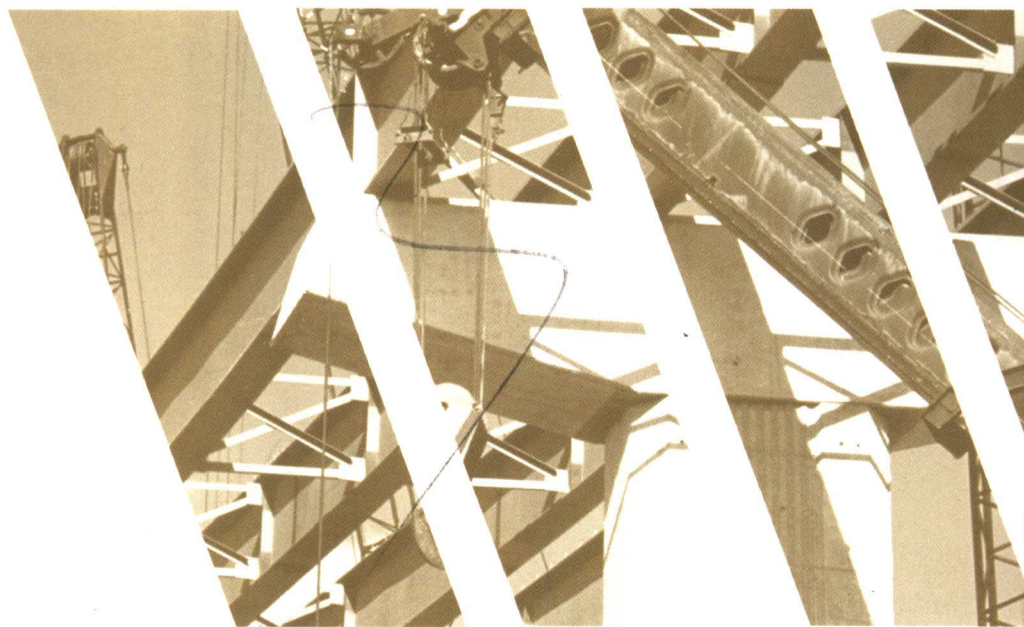


高等院校土木工程系列教材

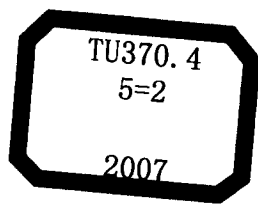
梁兴文 王社良 李晓文 等 编著

# 混凝土结构设计原理

(第二版)



 科学出版社  
www.sciencep.com



高等院校土木工程系列教材

# 混凝土结构设计原理

(第二版)

梁兴文 王社良 李晓文等 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书为高等院校土木工程专业的专业基础课教材,内容包括绪论、材料的物理力学性能、以概率理论为基础的结构构件极限状态设计方法的基本原理,以及受弯构件、轴心受力构件、偏心受力构件、受扭构件、预应力混凝土构件的受力性能分析、设计计算和构造措施。本书是根据我国最新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002)和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62-2004)而编写的。

本书对混凝土结构构件的性能与分析有充分的论述,概念清楚,有明确的计算方法和详细的设计步骤以及相当数量的计算例题,有利于理解结构构件的受力性能和具体的设计计算方法。章后附有小结、思考题和习题等。本书文字通俗易懂,论述由浅入深,循序渐进,便于自学理解。书中还给出了部分专业术语的英文表述。

本书可作为高等院校土木工程专业的教材,也可供相关专业的设计、施工和科研人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计原理/梁兴文等编著. —2版. —北京:科学出版社,2007  
(高等院校土木工程系列教材)  
ISBN 978 7-03-018396-5

I. 混… II. ①梁… III. 混凝土结构-结构设计-高等学校-教材  
IV. TU370.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第162391号

责任编辑:杨家福 / 责任校对:刘彦妮  
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2003年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007年1月第 二 版 印张:33

2007年1月第四次印刷 字数:642 000

印数:8 001~11 000

定价:40.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

销信部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(HA08)

## 第二版前言

本书问世以来,经过三年时间的试用和四次印刷,已陆续改正了一些排版错误,但限于版面,一些不妥之处无法从根本上修订。另外,编写本书第一版时,《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》还未最后定稿和实施,2004年的正式颁布本和当初的送审稿之间存在一定差别。因此,本书再版就提到日程上来了。

这次再版修订工作,除了对第一版中的不妥之处进行修订外,主要做了以下工作:

(1) 补充了构件斜截面受剪承载力计算值与试验值的图示比较。

(2) 按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62-2004)对原书第10章进行了全面修订。

(3) 按《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2001)局部修订条文对相关内容进行了修改。

(4) 删去了一些超出本课程教学大纲的内容。如第1章中的“混凝土的抗剪强度”、第2章中的“计算可靠指标的一般方法”、第4章中的“深受弯构件”的部分内容及“受弯构件的延性”、第6章中的“构件的受冲切性能”的部分内容、第7章中的“弯扭承载力相关关系”、第9章中的“预应力钢筋应力损失终极值”以及第10章中的部分内容。

(5) 增加了一些专业术语的英文表述。

参加本书修订工作的有梁兴文(绪论、第1章、第2章、第6,7章)、王社良(第4章)、李晓文(第5章)、李方圆(第9章)、张平生(第10章)和陈平(第3,8章)。全书由梁兴文修改定稿。

本书由童岳生教授审阅,他提出了许多宝贵意见。李方圆、杨克家绘制了部分补充和修改的插图。在此对他们表示诚挚的谢意。

本版还会存在新的不足和差错,欢迎读者批评指正。

# 第一版前言

根据教育部 1998 年颁布的大学本科专业目录,现在的土木工程专业涵盖了原来的建筑工程、交通土建工程、矿井建设、水利工程、港口工程等专业,是一个宽口径的专业。专业拓宽的重点在于专业基础课程的拓宽。专业基础课程构成了土木工程专业共同的专业平台,其教学内容是本科学生应当具备的知识基础,为学生在校学习专业课和毕业后在本专业的其他领域继续学习提供坚实的基础。

混凝土结构是由一些基本构件,例如受弯构件、受压构件、受扭构件等所组成。《混凝土结构设计原理》主要讲述混凝土结构构件的受力性能和设计计算方法,是土木工程专业重要的专业基础课。本书内容包括材料的物理力学性能、以概率理论为基础的混凝土结构构件极限状态设计方法的基本原理,以及基本构件的性能分析、设计计算和构造措施等。

鉴于目前我国土木工程各领域的混凝土结构设计规范尚未统一,为了节省篇幅,本书突出混凝土结构构件的受力性能分析,主要介绍建筑工程和公路桥涵工程的有关规范内容。读者在掌握了基本构件的受力性能和这两类工程混凝土结构的设计原理之后,通过自学不难掌握其他工程的混凝土结构设计原理。

本书按混凝土结构构件的受力性能和特点划分章节,各章相对独立,便于根据不同的教学要求对内容进行取舍。在叙述方法上,注意到学生从数学、力学等基础课到学习专业基础课的认识规律,由浅入深,循序渐进,力求对基本概念论述清楚,使读者能较容易地掌握结构构件的力学性能及理论分析方法;有明确的计算方法和实用设计步骤,力求做到能具体应用。书中有相当数量的计算例题,这有利于理解和掌握设计原理。为了便于自学,每章附有小结、思考题和习题等内容。另外,为适应双语教学的需要,书中同时给出了部分专业术语的英文表述。

书中还编入一部分比较深入的内容,在目录中以“\*”号表示,供读者自由选读。

本书由西安建筑科技大学土木工程学院的部分教师编写。绪论、第 1 章、第 2 章、第 6 章和第 7 章由梁兴文执笔;第 3 章和第 8 章由陈平执笔;第 4 章由王社良执笔;第 5 章由李晓文执笔;第 9 章由李方圆执笔;第 10 章由张平生执笔。全书最后由梁兴文、王社良修改定稿。

本书由资深教授童岳生先生审阅,他提出了许多宝贵的意见。硕士生瞿岳前、张伟、朱海峰、申兆武、黄庆华等为本书绘制了插图。西安建筑科技大学教务处将本

书列为校级重点教材,并予以资助。特在此对他们表示诚挚的谢意。

本书在编写过程中参考了大量国内外文献,引用了一些学者的资料,这些在本书末的参考文献中已予列出。

希望本书能为读者的学习和工作提供帮助。鉴于作者水平有限,书中难免有错误及不妥之处,敬请读者批评指正。

# 目 录

## 第二版前言

## 第一版前言

绪论	1
0.1 混凝土结构的基本概念	1
0.2 混凝土结构的特点	2
0.3 混凝土结构的应用及发展	3
0.3.1 发展阶段	3
0.3.2 应用	4
0.3.3 拓展	5
0.4 本课程的主要内容及特点	6
0.4.1 主要内容	6
0.4.2 课程特点与学习方法	7
小结	8
思考题	9
<b>第1章 材料的物理力学性能</b>	<b>10</b>
1.1 钢筋的物理力学性能	10
1.1.1 钢筋的成分、级别和品种	10
1.1.2 钢筋的强度和变形性能	11
1.1.3 钢筋的冷加工	15
1.1.4 混凝土结构对钢筋性能的要求	17
1.2 混凝土的物理力学性能	18
1.2.1 混凝土的强度	18
1.2.2 混凝土的变形性能	28
1.3 钢筋与混凝土的粘结	40
1.3.1 概述	40
1.3.2 粘结应力的特点	41
1.3.3 粘结破坏机理	42
1.3.4 影响粘结强度的因素	44
1.3.5 钢筋的锚固和连接	46
小结	50

思考题 .....	51
<b>第2章 结构设计基本原理</b> .....	<b>53</b>
2.1 结构可靠度及结构设计方法 .....	53
2.1.1 结构上的作用、作用效应及结构抗力 .....	53
2.1.2 结构的预定功能及结构可靠度 .....	54
2.1.3 结构的安全等级 .....	55
2.1.4 混凝土结构构件设计计算方法 .....	55
2.2 荷载和材料强度的取值 .....	57
2.2.1 荷载标准值的确定 .....	57
2.2.2 材料强度标准值的确定 .....	59
2.3 概率极限状态设计法 .....	62
2.3.1 结构的极限状态 .....	62
2.3.2 结构的设计状况 .....	63
2.3.3 结构的功能函数和极限状态方程 .....	63
2.3.4 结构可靠度的计算 .....	64
2.4 极限状态设计表达式 .....	67
2.4.1 承载能力极限状态设计表达式 .....	67
2.4.2 正常使用极限状态设计表达式 .....	70
小结 .....	72
思考题 .....	73
<b>第3章 轴心受力构件</b> .....	<b>75</b>
3.1 轴心受压构件承载力计算 .....	75
3.1.1 轴心受压普通箍筋柱正截面受压承载力计算 .....	76
3.1.2 轴心受压螺旋式箍筋柱正截面受压承载力计算 .....	83
3.2 轴心受拉构件承载力计算 .....	86
小结 .....	88
思考题 .....	88
习题 .....	89
<b>第4章 受弯构件正截面承载力</b> .....	<b>90</b>
4.1 概述 .....	90
4.2 正截面受弯性能的试验研究 .....	93
4.2.1 适筋梁的受弯性能 .....	93
4.2.2 正截面受弯的三种破坏形态 .....	99
4.2.3 适筋梁的配筋率范围 .....	101
4.3 正截面受弯承载力分析 .....	102
4.3.1 基本假定 .....	102



4.3.2	受压区等效矩形应力图形	105
4.3.3	相对界限受压区高度与最小配筋率	106
4.4	单筋矩形截面受弯承载力计算	109
4.4.1	基本计算公式及适用条件	109
4.4.2	基本公式的应用	111
4.4.3	计算系数及其应用	116
4.4.4	截面尺寸及纵向钢筋的构造要求	120
4.5	双筋矩形截面受弯承载力计算	123
4.5.1	概述	123
4.5.2	受压钢筋的应力	124
4.5.3	基本公式及适用条件	126
4.5.4	双筋矩形截面的计算方法	128
4.6	T形截面受弯承载力计算(包括I形和箱形)	133
4.6.1	T形截面梁的应用	133
4.6.2	T形截面翼缘的计算宽度	135
4.6.3	基本公式及适用条件	137
4.6.4	T形截面的计算方法	142
4.7*	深受弯构件的受弯承载力计算	147
4.7.1	深受弯构件的范围及工程应用	147
4.7.2	深受弯构件的受弯承载力计算	148
	小结	149
	思考题	150
	习题	151
<b>第5章</b>	<b>偏心受力构件正截面承载力</b>	<b>154</b>
5.1	偏心受压构件正截面的破坏形态	154
5.1.1	破坏形态	154
5.1.2	两类偏心受压破坏的界限	156
5.2	偏心受压构件的二阶效应	156
5.2.1	附加偏心距 $e_a$ 、初始偏心距 $e_i$	156
5.2.2	偏心受压长柱的二阶弯矩	157
5.2.3	构件截面承载力计算中二阶效应的考虑	158
5.3	矩形截面非对称配筋偏心受压构件正截面受压承载力计算	161
5.3.1	基本计算公式及适用条件	161
5.3.2	大、小偏心受压破坏的设计判别(界限偏心距)	164
5.3.3	截面设计	166

5.3.4	截面承载力复核	175
5.4	矩形截面对称配筋偏心受压构件正截面受压承载力计算	177
5.4.1	基本计算公式及适用条件	177
5.4.2	大、小偏心受压构件的设计判别	179
5.4.3	截面设计	180
5.4.4	截面承载力复核	184
5.4.5	矩形截面对称配筋偏心受压构件的计算曲线	185
5.5	I形截面对称配筋偏心受压构件正截面受压承载力计算	188
5.5.1	基本计算公式及适用条件	188
5.5.2	截面设计	191
5.5.3	截面承载力复核	196
5.6*	均匀配筋的偏心受压构件正截面受压承载力计算	197
5.7*	双向偏心受压构件的正截面承载力计算	200
5.8	偏心受压构件的一般构造	206
5.8.1	截面形式及尺寸	206
5.8.2	材料	207
5.8.3	纵向钢筋	207
5.9	矩形截面偏心受拉构件正截面承载力计算	208
5.9.1	偏心受拉构件正截面的破坏形态	208
5.9.2	矩形截面小偏心受拉构件正截面承载力计算	209
5.9.3	矩形截面大偏心受拉构件正截面承载力计算	209
5.9.4	截面设计	210
5.9.5	截面承载力复核	212
	小结	214
	思考题	216
	习题	217
<b>第6章</b>	<b>构件斜截面承载力</b>	<b>219</b>
6.1	概述	219
6.2	受弯构件受剪性能的试验研究	220
6.2.1	无腹筋简支梁的受剪性能	220
6.2.2	有腹筋简支梁的受剪性能	223
6.2.3	影响斜截面受剪承载力的主要因素	226
6.3	受弯构件斜截面受剪承载力计算	229
6.3.1	计算原则	229
6.3.2	仅配有箍筋梁的斜截面受剪承载力	230

6.3.3	配有箍筋和弯起钢筋梁的斜截面受剪承载力 .....	233
6.3.4	公式的适用范围 .....	234
6.3.5	连续梁、框架梁和外伸梁的斜截面受剪承载力 .....	236
6.3.6	板类构件的受剪承载力 .....	237
6.4	受弯构件斜截面受剪承载力的设计计算 .....	237
6.4.1	计算截面的确定 .....	237
6.4.2	设计计算 .....	238
6.4.3	计算例题 .....	239
6.5	受弯构件的斜截面受弯承载力和钢筋的构造要求 .....	244
6.5.1	抵抗弯矩图 .....	245
6.5.2	纵筋的弯起 .....	246
6.5.3	纵筋的截断 .....	248
6.5.4	应用实例 .....	249
6.5.5	钢筋的构造要求 .....	253
6.6*	深受弯构件的受剪承载力计算 .....	256
6.6.1	截面尺寸限制条件及斜截面抗裂控制条件 .....	256
6.6.2	受剪承载力计算 .....	257
6.6.3	基本构造规定 .....	258
6.7	偏心受力构件的斜截面受剪承载力 .....	261
6.7.1	偏心受压构件斜截面受剪承载力计算 .....	261
6.7.2	偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算 .....	262
6.7.3*	框架柱双向受剪承载力计算 .....	263
6.7.4	剪力墙的斜截面受剪承载力计算 .....	265
6.8*	构件的受冲切性能 .....	266
6.8.1	板的冲切破坏 .....	266
6.8.2	板的受冲切承载力计算 .....	266
6.8.3	板的受冲切截面限制条件及配筋构造要求 .....	268
	小结 .....	270
	思考题 .....	271
	习题 .....	272
<b>第7章</b>	<b>受扭构件的扭曲截面承载力 .....</b>	<b>275</b>
7.1	概述 .....	275
7.2	纯扭构件扭曲截面承载力计算 .....	276
7.2.1	试验研究分析 .....	276

7.2.2	纯扭构件的开裂扭矩 .....	278
7.2.3	纯扭构件的受扭承载力 .....	281
7.3	复合受扭构件承载力计算 .....	285
7.3.1	剪扭构件承载力计算 .....	285
7.3.2	弯扭构件承载力计算 .....	288
7.3.3	弯剪扭构件承载力计算 .....	288
7.3.4	压弯剪扭矩形截面框架柱承载力计算 .....	291
7.3.5	超静定结构中的扭转问题 .....	296
	小结 .....	296
	思考题 .....	297
	习题 .....	297
<b>第8章</b>	<b>混凝土构件的使用性能及结构的耐久性</b> .....	<b>299</b>
8.1	钢筋混凝土构件裂缝宽度验算 .....	299
8.1.1	裂缝的出现、分布和开展 .....	300
8.1.2	平均裂缝间距 .....	302
8.1.3	平均裂缝宽度 .....	304
8.1.4	最大裂缝宽度及其验算 .....	310
8.2	钢筋混凝土受弯构件的挠度验算 .....	313
8.2.1	混凝土受弯构件变形计算的特点 .....	314
8.2.2	短期刚度 $B_s$ .....	315
8.2.3	受弯构件刚度 $B$ .....	317
8.2.4	最小刚度原则与挠度验算 .....	318
8.2.5	提高受弯构件刚度的措施 .....	320
8.3	混凝土结构的耐久性 .....	322
8.3.1	一般说明 .....	322
8.3.2	影响混凝土结构耐久性能的主要因素 .....	322
8.3.3	混凝土结构耐久性极限状态设计 .....	323
	小结 .....	324
	思考题 .....	325
	习题 .....	325
<b>第9章</b>	<b>预应力混凝土构件</b> .....	<b>327</b>
9.1	预应力混凝土的基本知识 .....	327
9.1.1	一般概念 .....	327
9.1.2	预应力混凝土的分类 .....	328

9.1.3	施加预应力的方法 .....	329
9.1.4	锚具 .....	330
9.1.5	预应力混凝土的材料 .....	332
9.1.6	预应力混凝土的特点 .....	333
9.2	预应力混凝土构件设计的一般规定 .....	334
9.2.1	张拉控制应力 $\sigma_{con}$ .....	334
9.2.2	预应力损失 .....	335
9.2.3	有效预应力沿构件长度的分布 .....	344
9.2.4	无粘结预应力混凝土结构 .....	346
9.3	预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析 .....	347
9.3.1	先张法轴心受拉构件 .....	347
9.3.2	后张法轴心受拉构件 .....	351
9.3.3	先、后张法计算公式的比较 .....	353
9.4	预应力混凝土轴心受拉构件的计算和验算 .....	355
9.4.1	使用阶段正截面承载力计算 .....	355
9.4.2	使用阶段正截面裂缝控制验算 .....	355
9.4.3	施工阶段混凝土压应力验算 .....	358
9.4.4	施工阶段后张法构件端部局部受压承载力计算 .....	358
9.5	预应力混凝土受弯构件的设计与计算 .....	366
9.5.1	各阶段应力分析 .....	366
9.5.2	使用阶段计算 .....	373
9.5.3	施工阶段验算 .....	386
9.6	预应力混凝土构件的构造要求 .....	392
9.6.1	先张法构件 .....	392
9.6.2	后张法构件 .....	393
	小结 .....	394
	思考题 .....	395
	习题 .....	396
<b>第 10 章</b>	<b>混凝土结构按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》的</b>	
	<b>设计计算 .....</b>	<b>398</b>
10.1	桥涵工程混凝土结构材料 .....	398
10.1.1	混凝土 .....	398
10.1.2	钢筋 .....	398
10.2	概率极限状态设计方法 .....	398
10.2.1	设计原则 .....	399

10.2.2	承载力极限状态设计表达式	399
10.3	受弯构件正截面承载力计算	400
10.3.1	梁、板一般构造	400
10.3.2	正截面承载力计算	402
10.4	受弯构件斜截面抗剪承载力计算	409
10.4.1	抗剪承载力基本计算公式及适用条件	409
10.4.2	基本计算公式的应用	412
10.4.3	斜截面抗弯与一般构造要求	417
10.5	轴心受力构件承载力计算	428
10.5.1	普通箍筋轴心受压构件	429
10.5.2	配螺旋箍筋和纵筋的轴心受压构件	430
10.5.3	轴心受拉构件承载力计算	431
10.6	偏心受力构件	432
10.6.1	偏心受压构件的偏心距增大系数	432
10.6.2	偏心受压构件的类别	432
10.6.3	矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算公式	433
10.6.4	矩形截面不对称配筋偏压构件正截面承载力计算	436
10.6.5	矩形截面对称配筋偏压构件正截面承载力计算	436
10.6.6	圆形截面偏心受压构件	436
10.6.7	偏心受压构件的构造要求	439
10.6.8	矩形截面偏心受拉构件承载力计算	441
10.7	受扭构件承载力计算	442
10.7.1	构件截面的受扭塑性抵抗矩	442
10.7.2	纯扭构件受扭承载力计算	444
10.7.3	剪、扭构件剪扭承载力计算	445
10.7.4	矩形、T形、I形和带翼缘箱形截面弯剪扭构件承载力计算	446
10.7.5	弯剪扭构件截面及最小配筋要求	446
10.7.6	弯剪扭构件构造要求	447
10.8	持久状况裂缝宽度、挠度验算与短暂状况应力控制	447
10.8.1	持久状况下构件裂缝宽度验算	448
10.8.2	受弯构件挠度验算	454
10.8.3	受弯构件短暂状况下的应力控制	461
10.9	桥梁工程预应力混凝土构件	465
10.9.1	张拉控制应力	465
10.9.2	预应力损失	465
10.9.3	预应力损失组合	470

10.9.4	预应力混凝土受弯构件使用阶段正截面承载力计算	471
10.9.5	使用阶段斜截面承载力计算	473
10.9.6	使用阶段抗裂验算	475
10.9.7	使用阶段应力控制	477
10.9.8	短暂状况(施工阶段)计算	479
10.9.9	端部锚固区的计算	480
10.9.10	受弯构件挠度验算	482
10.9.11	预应力混凝土简支梁的设计	484
10.9.12	部分预应力混凝土B类构件	489
	小结	489
	思考题	490
	习题	492
	<b>附录1 《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2002)附表</b>	<b>494</b>
	<b>附录2 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》附表</b>	<b>503</b>
	<b>参考文献</b>	<b>509</b>

# 绪 论

## 0.1 混凝土结构的基本概念

混凝土结构(concrete structure)是以混凝土为主要材料制成的结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构及配置各种纤维筋的混凝土结构。这种结构广泛应用于建筑、桥梁、隧道、矿井以及水利、港口等工程。我国每年混凝土用量约  $15 \times 10^8 \text{m}^3$ ,其中房屋建筑用量约  $9 \times 10^8 \text{m}^3$ ,钢筋用量约  $2000 \times 10^4 \text{t}$ ,用于混凝土结构的资金达 2000 亿元以上。

混凝土材料的抗压强度较高,而抗拉强度却很低。因此,素混凝土结构(plain concrete structure)的应用受到很大限制。例如,图 0.1.1(a)所示素混凝土梁,随着荷载的逐渐增大,梁中拉应力及压应力也不断增大。当荷载达到一定值时,弯矩最大截面受拉边缘的混凝土首先被拉裂,而后由于该截面高度减小致使开裂截面受拉区的拉应力进一步增大,于是裂缝迅速向上伸展并立即引起梁的破坏。这种梁的破坏很突然,其受压区混凝土的抗压强度未充分利用,且由于混凝土抗拉强度很低,故其极限承载力也很低。所以,对于在外荷载作用下或其他原因会在截面中产生拉应力的结构,不应采用素混凝土结构。

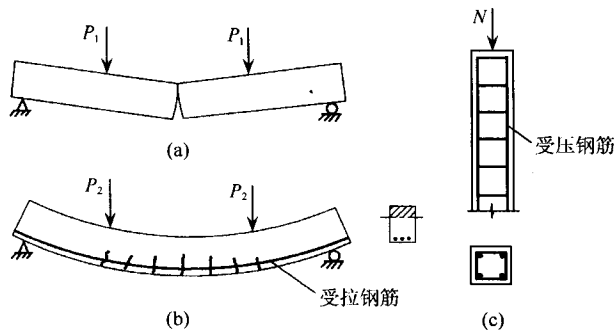


图 0.1.1 素混凝土梁及钢筋混凝土梁、柱

与混凝土材料相比,钢筋的抗拉强度很高。如将混凝土和钢筋这两种材料结合在一起,混凝土主要承受压力,而钢筋则主要承受拉力,这就成为钢筋混凝土结构(reinforced concrete structure)。例如,图 0.1.1(b)所示作用集中荷载的钢筋混凝土梁,在截面受拉区配有适量的钢筋。当荷载达到一定值时,梁受拉区仍然开裂,但开裂截面的变形性能与素混凝土梁大不相同。因为钢筋与混凝土牢固地粘结在一



起,故在裂缝截面原由混凝土承受的拉力现转由钢筋承受;由于钢筋强度和弹性模量均很高,所以此时裂缝截面的钢筋拉应力和受拉变形均很小,有效地约束了裂缝的开展,使其不致无限制地向上延伸而使梁发生断裂破坏。如此,钢筋混凝土梁上荷载可继续加大,直至其受拉钢筋应力达到屈服强度,随后截面受压区混凝土被压坏,这时梁才达到破坏状态。由此可见,在钢筋混凝土梁中,钢筋与混凝土两种材料的强度都得到了较为充分的利用,破坏过程较为缓和,且这种梁的极限承载力大大超过同样条件的素混凝土梁。

钢筋的抗压强度也很高,所以在轴心受压柱[图 0.1.1(c)]中也配置纵向受压钢筋与混凝土共同承受压力,以提高柱子的承载能力和变形能力,减小柱截面的尺寸,还可负担由于某种原因而引起的弯矩和拉应力。

为了提高混凝土结构的抗裂性和耐久性,可在加载前用张拉钢筋的方法使混凝土截面内产生预压应力,以全部或部分抵消荷载作用下的拉应力,这即为预应力混凝土结构(prestressed concrete structure);也可在混凝土中加入各种纤维筋(如钢纤维、碳纤维筋等),形成纤维加强混凝土(fibre reinforced concrete)。

钢筋与混凝土两种材料能够有效地结合在一起而共同工作,主要基于下述三个条件:

1)钢筋与混凝土之间存在着粘结力,使两者能结合在一起。在外荷载作用下,结构中的钢筋与混凝土协调变形,共同工作。因此,粘结力是这两种不同性质的材料能够共同工作的基础。

2)钢筋与混凝土两种材料的温度线膨胀系数很接近,钢材为  $1.2 \times 10^{-5}$ ,混凝土为  $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}$ ,所以钢筋与混凝土之间不致因温度变化产生较大的相对变形而使粘结力遭到破坏。

3)钢筋埋置于混凝土中,混凝土对钢筋起到了保护和固定作用,使钢筋不容易发生锈蚀,且使其受压时不易失稳,在遭受火灾时不致因钢筋很快软化而导致结构整体破坏。因此,在混凝土结构中,钢筋表面必须留有一定厚度的混凝土作保护层,这是保持二者共同工作的必要措施。

## 0.2 混凝土结构的特点

混凝土结构的主要优点如下:

1)就地取材。砂、石是混凝土的主要成分,均可就地取材。在工业废料(例如矿渣、粉煤灰等)比较多的地方,可利用工业废料制成人造骨料用于混凝土结构。

2)耐久性。处于正常环境下的混凝土耐久性好,高强混凝土的耐久性更好。在混凝土结构中,钢筋受到保护不易锈蚀,所以混凝土结构具有良好的耐久性。对处于侵蚀性环境下的混凝土结构,经过合理设计及采取有效措施后,一般可满足工程需要。