

混凝土结构

(上册)

(第三版)

沈蒲生 罗国强 熊丹安 编著

中国建筑工业出版社

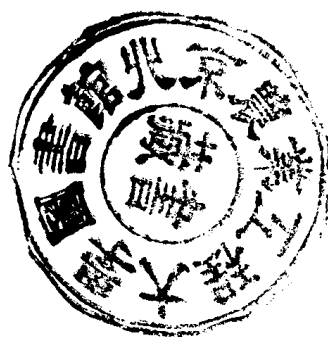
高等专科工业与民用建筑专业系列教材

混凝土结构

ND42110
(上册)

(第三版)

沈蒲生 罗国强 熊丹安 编著



403001

中国建筑工业出版社

(京) 新登字 035 号

本书是根据高等专科学校房屋建筑工程专业(工业与民用建筑专业)“混凝土结构”课程的教学要求编写的教材。全书分上、下两册,上册共8章,内容主要包括:绪论,混凝土结构用材料的力学性能,概率极限状态设计法,钢筋混凝土轴心受力构件承载力计算,钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算,钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算,钢筋混凝土受扭构件承载力计算,钢筋混凝土偏心受力构件承载力计算和钢筋混凝土构件裂缝宽度和变形验算。每章前均有提要,每章后有小结、思考题、习题。

本书除可作为高等专科学校房屋建筑工程专业(工业与民用建筑专业)的教材外,还可作为土建类非“工民建专业”的本科教材及土建工程技术人员参考书。

高等专科工业与民用建筑专业系列教材

混凝土结构

(上册)

(第三版)

沈蒲生 罗国强 熊丹安 编著

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京云浩印制厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16 $\frac{3}{4}$ 字数: 404 千字

1997 年 6 月第三版 1999 年 6 月第三次印刷

印数: 12001—17000 册 定价: 18.30 元

ISBN 7-112-03000-5

TU·2292 (8115)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

出版说明

为了满足高等专科学校房屋建筑工程（工业与民用建筑）专业的教学需要，培养从事建筑工程施工、管理及一般房屋建筑设计的高等工程技术人才，中国建筑工业出版社组织编写了这套“高等专科工业与民用建筑专业系列教材”。全套教材共15册，其中《混凝土结构》（上、下）、《砌体结构》、《钢结构》、《土力学地基与基础》、《建筑工程测量》、《建筑施工》、《建筑工程经济与企业管理》8册是由武汉工业大学、湖南大学等高等院校编写的原高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材，经原作者重新精心修订而成的。按照教学计划与课程设置的要求，我们又新编了《建筑制图》、《建筑制图习题集》、《房屋建筑学》、《建筑材料》、《理论力学》、《材料力学》、《结构和学》等7册。

本系列教材根据国家教委颁发的有关高等专科学校房屋建筑工程专业的培养目标和主要课程的教学要求。紧密结合现行的国家标准、规范，以及吸取近年来建筑领域在科研、施工、教学等方面的先进成果，贯彻“少而精”的原则，注重加强基本理论知识、技能和能力的训练。考虑到教学的需要和提高教学质量，我们还将陆续出版选修课教材及辅助教学读物。

本系列教材的编写人员主要是武汉工业大学、湖南大学、西安建筑科技大学、哈尔滨建筑大学、重庆建筑大学、西北建筑工程学院、沈阳建筑工程学院、山东建筑工程学院、南京建筑工程学院、武汉冶金科技大学等有丰富教学经验的教师。

本系列教材虽有8册书已在我国出版发行近10年，各册书的发行量均达10~20万册，取得了一定的成绩，但由于教学改革不断深入，以及科学技术的进步，这套教材的安排及书中不足之处在所难免，希望广大读者提出宝贵意见，以便不断完善。

前 言

本书是在沈蒲生和罗国强主编、武汉工业大学出版社出版的《混凝土结构》(上、下册)第二版的基础上修订而成的。原书因合同到期,经与武汉工业大学出版社协商后,改由中国建筑工业出版社出版。原书自1988年3月问世以来,在武汉工业大学出版社与作者的共同努力下,已出两版,发行17.8万册,在全国各高等专科学校中广为采用,受到广大师生的好评。作者谨向武汉工业大学出版社以及广大读者表示深切谢意。

本书仍分上、下两册。上册内容仍为绪论、混凝土结构的材料性能、概率极限状态设计法、轴心受力构件承载力计算、受弯构件正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、受扭构件承载力计算、偏心受力构件承载力计算和钢筋混凝土构件的裂缝宽度和变形验算;下册内容仍为预应力混凝土构件计算、梁板结构设计、单层工业厂房结构设计以及多层框架房屋结构设计等内容。在本书的修订过程中,除了按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89及局部修订条文对有关部分进行了修改外,还对各章节的内容作了必要的增删。本书保留了前两版的优点,内容能更好地反映教学及使用上的要求。

本书由沈蒲生(绪论、第二、四、六、九章)、罗国强(第八、十、十一章)和熊丹安(第一、三、五、七、十二章)编写。上册由沈蒲生统稿,下册由罗国强统稿。

目 录

绪 论	1
第一节 混凝土结构的基本概念	1
第二节 混凝土结构的发展简况	5
第三节 通用符号	6
第四节 计量单位	8
第五节 混凝土结构课程的特点和学习方法	9
思考题	10
第一章 混凝土结构用材料的力学性能	12
第一节 钢 筋	12
第二节 混 凝 土	17
第三节 钢筋与混凝土的相互作用——粘结力	28
小 结	31
思考题	32
第二章 概率极限状态设计法	33
第一节 基本知识	33
第二节 荷 载	43
第三节 概率极限状态设计法	47
小 结	54
思考题	54
习 题	56
第三章 钢筋混凝土轴心受力构件承载力计算	57
第一节 概 述	57
第二节 轴心受拉构件承载力	58
第三节 轴心受压构件承载力	61
小 结	68
思考题	68
习 题	69
第四章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	70
第一节 概 述	70
第二节 受弯构件的受力特性	71
第三节 单筋矩形截面承载力计算	73
第四节 双筋矩形截面承载力计算	87
第五节 T 形截面承载力计算	94

第六节	构造要求	101
小 结	.....	103
思考题	.....	103
习 题	.....	105
第五章	钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	108
第一节	概 述	108
第二节	无腹筋梁的抗剪性能	110
第三节	无腹筋梁斜截面受剪承载力	114
第四节	有腹筋梁的抗剪性能	115
第五节	有腹筋梁的斜截面受剪承载力计算	117
第六节	构造要求	126
第七节	伸臂梁设计实例	133
小 结	.....	139
思考题	.....	140
习 题	.....	140
第六章	钢筋混凝土受扭构件承载力计算	143
第一节	概 述	143
第二节	矩形截面纯扭构件承载力计算	144
第三节	矩形截面剪扭构件承载力计算	151
第四节	矩形截面弯扭和弯剪扭构件承载力计算	153
第五节	T 形和 I 形截面弯剪扭构件承载力计算	155
第六节	构造要求	156
小 结	.....	165
思考题	.....	166
习 题	.....	166
第七章	钢筋混凝土偏心受力构件承载力计算	168
第一节	概 述	168
第二节	偏心受压构件的构造要求	169
第三节	偏心受压构件的受力性能	171
第四节	矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算	180
第五节	对称配筋 I 形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算	201
第六节	偏心受拉构件正截面承载力计算	207
第七节	斜截面承载力计算	211
小 结	.....	213
思考题	.....	214
习 题	.....	214
第八章	钢筋混凝土构件裂缝宽度和变形验算	217
第一节	概 述	217
第二节	裂缝宽度验算	220

第三节 受弯构件挠度验算	232
小 结	241
思考题	241
习 题	244
附 表	
附表 1 钢筋强度标准值	246
附表 2 钢丝、钢绞线强度标准值	246
附表 3 钢筋抗拉、抗压强度设计值	247
附表 4 钢丝、钢绞线抗拉、抗压强度设计值	247
附表 5 钢筋弹性模量	248
附表 6 混凝土强度标准值	248
附表 7 混凝土强度设计值	249
附表 8 混凝土弹性模量 E_c	249
附表 9 受弯构件的允许挠度	249
附表 10 裂缝控制等级、混凝土拉应力限制系数 α_{ct} 及最大裂缝宽度允许值 $[w_{max}]$	250
附表 11 钢筋混凝土受弯构件配筋计算用的 ξ 表	250
附表 12 钢筋混凝土受弯构件配筋计算用的 γ_s 表	252
附表 13 钢筋混凝土构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率	253
附表 14 纵向受拉钢筋的最小锚固长度 l_a	253
附表 15 钢筋的计算截面面积及公称质量表	253
附表 16 钢绞线的公称截面面积及公称质量表	254
附表 17 单跨梁板的计算跨度 l_0	255
附表 18 混凝土保护层最小厚度	255
附表 19 每米板宽各种钢筋间距时的钢筋截面面积	256
附表 20 钢筋排成一行时梁的最小宽度	256
附表 21 钢筋两个弯钩的长度	257
附表 22 箍筋末端两个弯钩的长度	257
主要参考文献	258

绪 论

第一节 混凝土结构的基本概念

以混凝土为主制作的结构称为混凝土结构。它包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、型钢混凝土结构和预应力混凝土结构等。

素混凝土结构是指不配置任何钢材的混凝土结构。

钢筋混凝土结构是指用圆钢筋作为配筋的普通混凝土结构。图 0-1 为常见钢筋混凝土结构和构件的配筋实例。其中,图 0-1 (a) 为钢筋混凝土简支梁的配筋情况,图 0-1 (b) 为钢筋混凝土简支平板的配筋情况,图 0-1 (c) 为装配式钢筋混凝土单层工业厂房边柱的配筋情况,图 0-1 (d) 为钢筋混凝土杯形基础的配筋情况,图 0-1 (e) 为两层单跨钢筋混凝土框架的配筋情况。由图 0-1 可见,在不同的结构和构件中,钢筋的位置及型式各不相同,即使是同属于受弯构件的梁和板,其配筋的位置及型式也不完全相同。因此,在钢筋混凝土结构和构件中,钢筋和混凝土不是任意结合的,而是根据结构和构件的型式和受力特点,在适当部位布置一定型式和数量的钢筋。

型钢混凝土结构是指用型钢或用钢板焊成的型钢作为配筋的混凝土结构。图 0-2 为用型钢作为混凝土梁配筋的截面形式。图 0-3 为用型钢作为混凝土柱配筋的截面形式。

预应力混凝土结构是指在混凝土或钢筋混凝土结构制作时,在其特定的部位上,人为地预先施加应力的混凝土结构。

素混凝土结构由于承载力低、性质脆,很少用来作为重要的承力结构。型钢混凝土结构承载能力大、抗震性能好,但耗钢量较多,可在高层、大跨或抗震要求较高的建筑中采用。本书重点讲述钢筋混凝土结构的材料性能、设计原则、计算方法和构造措施。对于预应力混凝土结构,将在本书的第九章中介绍。

将钢筋和混凝土结合在一起做成钢筋混凝土结构和构件,其原因可通过下面的试验看出。图 0-4 为一根未配置钢筋的素混凝土简支梁,跨度 4m,截面尺寸 $b \times h = 200\text{mm} \times 300\text{mm}$,混凝土强度等级为 C20,梁的跨中作用一个集中荷载 P ,对其进行破坏性试验。结果表明,当荷载较小时,截面上的应力如同弹性材料的梁一样,沿截面高度呈直线分布;当荷载增大使截面受拉区边缘纤维拉应力达到混凝土抗拉极限强度时,该处的混凝土被拉裂,裂缝沿截面高度方向迅速开展,试件随即发生断裂破坏。这种破坏是突然发生的,没有明显的预兆。尽管混凝土的抗压强度比其抗拉强度高几倍或十几倍,但不能得到充分利用,因为试件的破坏由混凝土的抗拉强度控制,破坏荷载值很小,只有 8kN 左右。

如果在该梁的受拉区布置三根直径为 16mm 的 I 级钢筋(记作 $3\phi 16$),并在受压区布置两根直径为 10mm 的架立钢筋和适量的箍筋,再进行同样的荷载试验(图 0-4b),则可以看到,当加荷到一定阶段使截面受拉区边缘纤维拉应力达到混凝土抗拉极限强度时,混凝土虽被拉裂,但裂缝不会沿截面的高度迅速开展,试件也不会随即发生断裂破坏。混凝土开

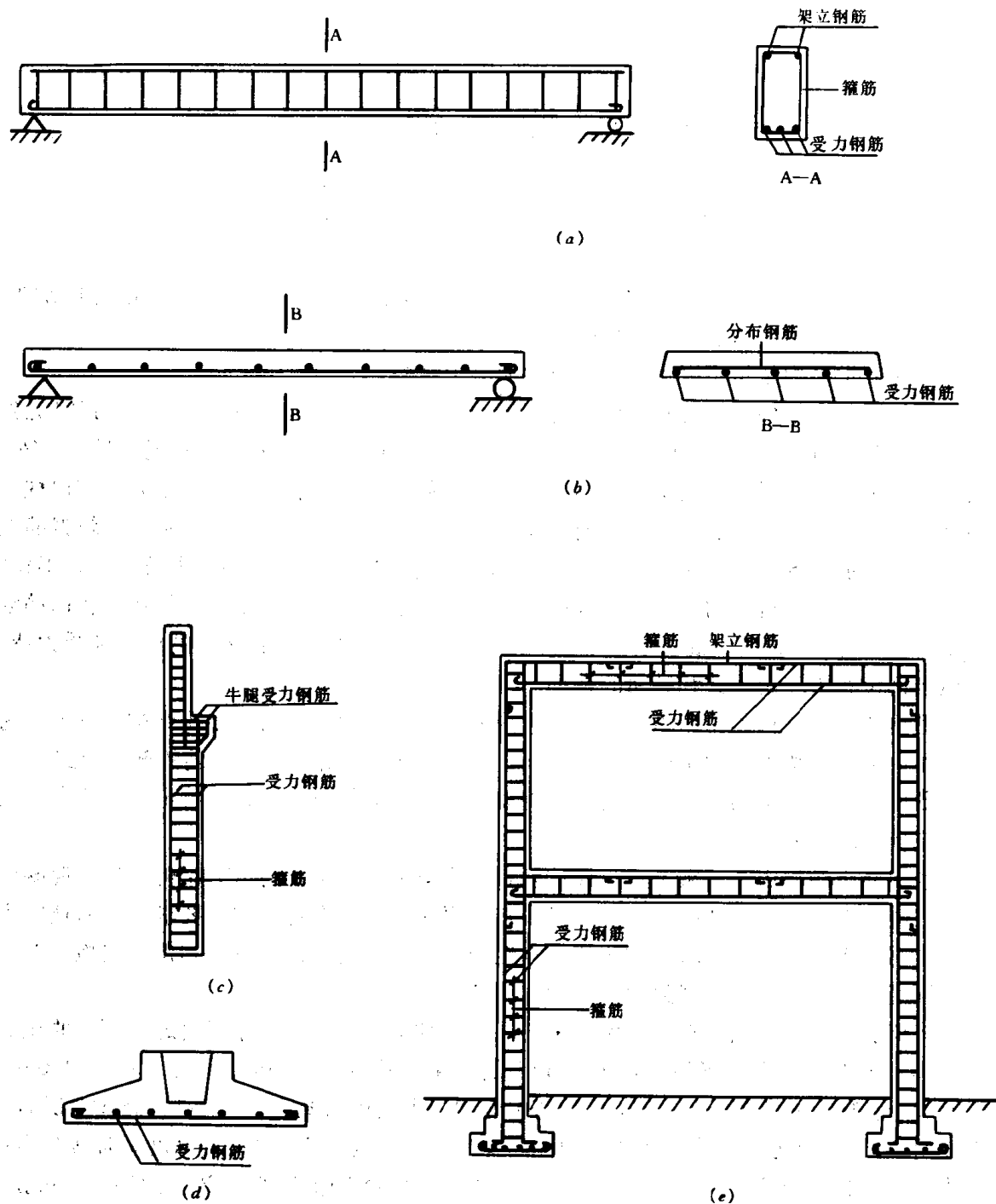
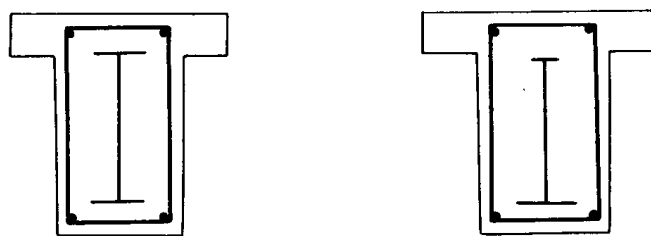


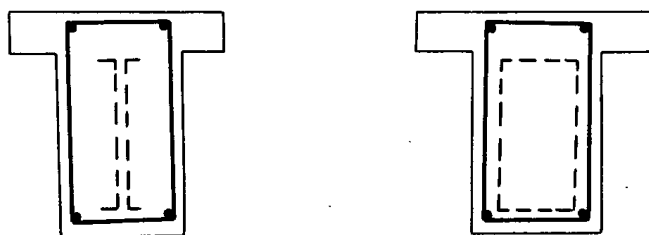
图 0-1 常见钢筋混凝土结构和构件配筋实例

- (a) 钢筋混凝土简支梁的配筋；(b) 钢筋混凝土简支平板的配筋；
 (c) 装配式钢筋混凝土单层工业厂房边柱的配筋；(d) 钢筋混凝土杯形基础的配筋；(e) 两层单跨钢筋混凝土框架的配筋

裂后，裂缝截面的混凝土拉应力由纵向受拉钢筋来承受，故荷载还可以进一步增加。此时变形将相应发展，裂缝的数量和宽度也将增大，直到受拉钢筋抗拉强度和受压区混凝土抗

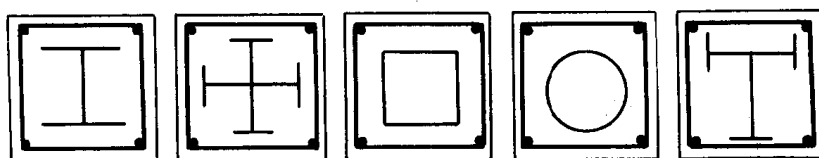


(a) 实腹式型钢混凝土梁截面

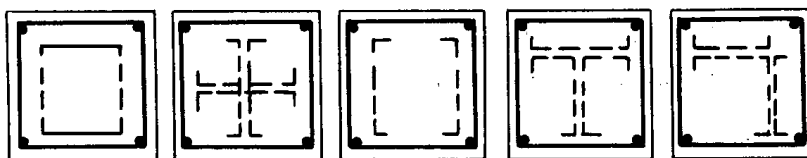


(b) 空腹式型钢混凝土梁截面

图 0-2 型钢混凝土梁截面形式



(a) 实腹式型钢混凝土柱截面



(b) 空腹式型钢混凝土柱截面

图 0-3 型钢混凝土柱截面形式

压强度被充分利用时，试件才发生破坏。破坏前，试件的变形和裂缝都发展得很充分，呈现出明显的破坏预兆。虽然试件中纵向受力钢筋的截面面积只占整个截面面积的 1% 左右，但破坏荷载却可以提高到 36kN 左右。因此，在混凝土结构中配置一定型式和数量的钢筋以后，可以收到下列的效果：

- (1) 结构的承载力有很大的提高；
- (2) 结构的受力特性得到显著的改善。

钢筋和混凝土是两种物理、力学性能很不相同的材料，它们可以相互结合共同工作的主要原因是：

(1) 混凝土结硬后，能与钢筋牢固地粘结在一起，相互传递应力。粘结力是这两种性质不同的材料能够共同工作的基础。

(2) 钢筋的线膨胀系数为 1.2×10^{-5} ，混凝土的为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ ，二者数值相近。因此，当温度变化时，钢筋与混凝土之间不会存在较大的相对变形和温度应力而发生

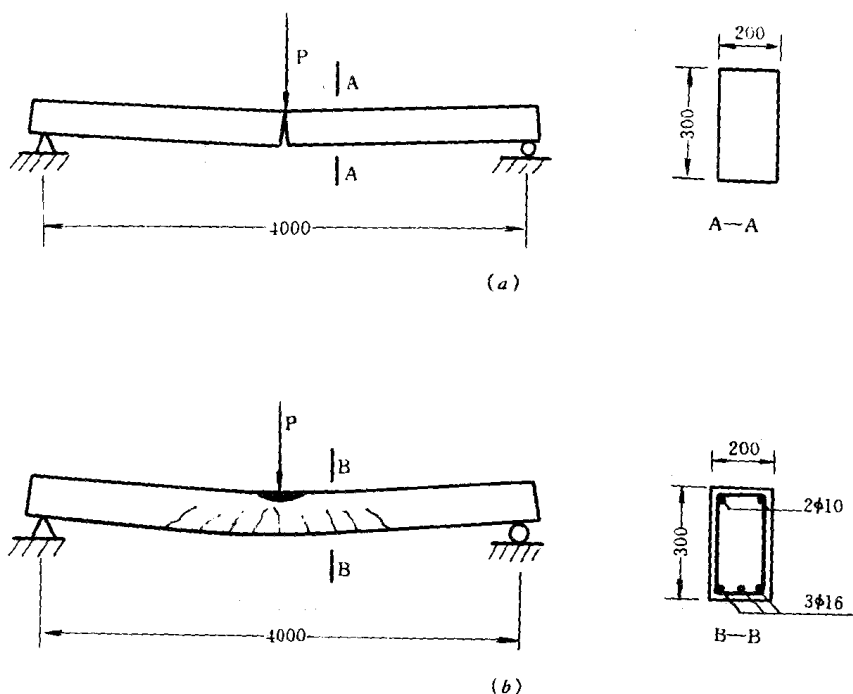


图 0-4 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况对比

粘结破坏。

钢筋混凝土结构除了比素混凝土结构具有较高的承载力和较好的受力性能以外，与其它结构相比还具有下列优点：

(1) 就地取材。钢筋混凝土结构中，砂和石料所占比例很大，水泥和钢筋所占比例较小，砂和石料一般可以由建筑工地附近供应。

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

(3) 耐久、耐火。钢筋埋放在混凝土中，受混凝土保护不易发生锈蚀，因而提高了结构的耐久性。当火灾发生时，钢筋混凝土结构不会象木结构那样被燃烧，也不会象钢结构那样很快软化而破坏。

(4) 可模性好。钢筋混凝土结构可以根据需要浇捣成任何形状。

(5) 现浇式或装配整体式钢筋混凝土结构的整体性好，刚度大。

钢筋混凝土结构也具有下述主要缺点：

(1) 自重大。钢筋混凝土的重力密度约为 25kN/m^3 ，比砌体和木材的重度都大。尽管比钢材的重度小，但结构的截面尺寸比钢结构的大，因而其自重远远超过相同跨度或高度的钢结构。

(2) 抗裂性差。如前所述，混凝土的抗拉强度非常低，因此，普通钢筋混凝土结构经常带裂缝工作。尽管裂缝的存在并不一定意味着结构发生破坏，但是它影响结构的耐久性和美观。当裂缝数量较多和开展较宽时，还将给人们造成一种不安全感。

综上所述不难看出，钢筋混凝土结构的优点远多于其缺点。而且，人们已经研究出许多克服其缺点的有效措施。例如，为了克服钢筋混凝土自重大的缺点，已经研究出许多质

量轻、强度高的混凝土和强度很高的钢筋；为了克服普通钢筋混凝土容易开裂的缺点，可以对它施加预应力。

第二节 混凝土结构的发展简况

19 世纪中期，在硅酸盐水泥研制成后不久，混凝土结构在法、英等国便开始出现。但是，在本世纪前，由于材料强度低，试验工作开展有限，人们对这类结构受力性能的认识较少，所以混凝土结构主要为梁、板、柱等简单构件和结构。

本世纪以来，特别是最近 30 年来，钢筋和混凝土材料的研制和混凝土结构计算理论等方面都得到了迅猛发展。

材料方面，过去一般采用低强度混凝土（低于 20N/mm^2 ）。现在已发展到采用中等强度（ $20\sim 50\text{N/mm}^2$ ）和高强度混凝土（ 50N/mm^2 以上），目前已经研制成强度为 200N/mm^2 左右的混凝土。重力密度为 $14\sim 18\text{kN/m}^3$ 的陶粒混凝土、浮石混凝土、泡沫混凝土、加气混凝土等轻质混凝土在世界各地也得到广泛地应用。各种低合金钢钢筋和高强度钢筋与钢丝也广泛地用于混凝土结构之中。轻质高强材料的采用，为高层建筑和大跨结构的发展提供了有利条件。例如，20 层以内的框架结构，可以用改变混凝土强度和调整钢筋数量的方法，将立柱截面从底层到顶层设计成 $400\text{mm}\times 400\text{mm}$ ，从而收到减轻结构自重、节约材料用量和简化施工操作等效果。

在结构方面，已经由过去的简单结构，发展到高层、大跨等复杂结构。根据世界高层建筑与城市住宅委员会 1995 年 10 月 31 日发布的统计数据，到 1997 年将要建成的世界上最高的 100 栋建筑中，混凝土结构占 18%，钢-混凝土混合结构占 25%（表 0-1）。在混凝土结构的高层建筑中，香港的中环广场

78 层、374m 高，是目前世界上最高的用混凝土做成的高层建筑。图 0-5 为中环广场立面图。广州的中天大厦 80 层、322m，是目前世界上第二高的混凝土结构高层建筑。混凝土结构除广泛地用于工业与民用建筑中外，还大量地用来建造水池、水塔、油罐、烟囱、筒仓、桥梁、电视塔等。混凝土结构还逐步朝定型化、标准化和体系化发展。

设计理论方面，最早是凭经验估算，稍后，从本世纪初的容许应力方法，经过 40 年代的按破损阶段计算，发展到 50 年代以来的按极限状态设计方法。概率理论更多地应用于结构设计，构造措施逐步合理，设计规范日趋完善，电子计算机已广泛地用于结构计算、绘图和辅助设计。

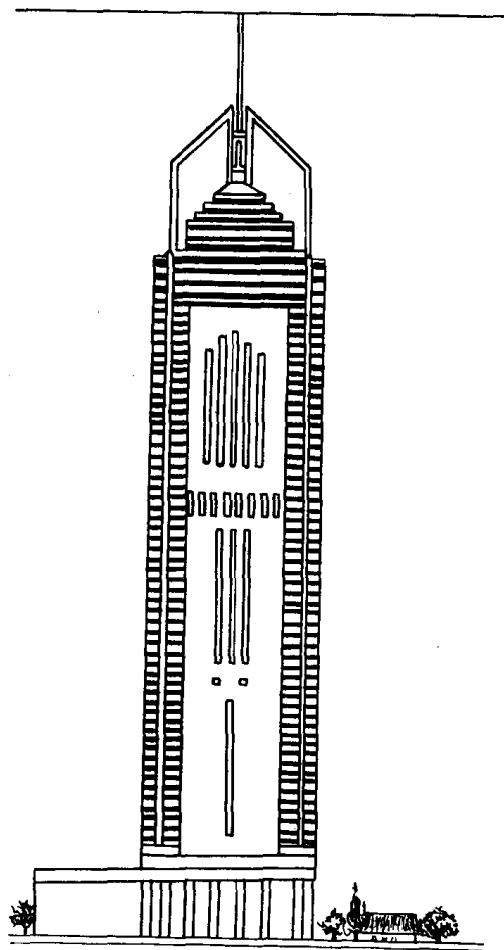


图 0-5 香港中环广场

1997 年底前世界上最高的 100 栋建筑的结构情况

表 0-1

建成时间	数量 (栋)	高度 (m)	结 构 用 材 料							
			S		M		C		—	
			栋	%	栋	%	栋	%	栋	%
1913~1985	44	226~443	31	70	7	16	4	9	2	5
1985~1997	56	226~450	14	25	18	32	14	25	10	18
合 计	100	226~450	45	45	25	25	18	18	12	12

注：1. S 为钢结构，C 为混凝土结构，M 为钢-混凝土混合结构。

2. * 为结构情况不详的建筑。

与钢结构、木结构以及砌体结构相比，混凝土结构虽然出现得较晚，但是由于它具有前面所述的许多优点，所以在各个建筑领域中都发展得很快。即使在以往钢结构占主导地位的超高层建筑中，也正在逐步为混凝土结构或钢-混凝土混合结构所取代。以表 0-1 所列世界上最高的 100 栋建筑为例，在 1985 年以前建成的建筑中，钢结构占 70%，混合结构占 16%，混凝土结构只占 9%；而在 1985~1997 年建成的建筑中，钢结构只占 25%，混合结构占 32%，混凝土结构占 25%。目前，混凝土结构在许多领域中都已经取代其它结构，成为世界各国占主导地位的结构。随着建设事业的不断发展，混凝土结构在土木建筑工程中所占的比重将愈来愈大。

第三节 通 用 符 号

在今后的讨论中，将要用到许多符号。这些符号是根据我国国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》(GB5 132—90)中的通用符号选用的。我国国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》(GBJ 132—90)中的通用符号，除了采用国家标准《有关量、单位和符号的一般原则》(GB 3101—82)的规定外，并参照了国际标准《结构设计依据——标志方法——通用符号》(ISO 3898) 1987 年版的规定。写好工程技术文件很重要的一项基本功是正确使用通用符号，每位工程技术人员都必须了解其构成原则，并能正确书写。

一、构成原则

混凝土的符号体系是由主体符号或带上、下标的主体符号构成。主体符号一般代表物理量，上、下标则代表物理量或物理量以外的术语或说明语（说明材料种类、受力状态、部位、方向、原因、性质等），用以进一步表示主体符号的涵义。

主体符号应以一个字母表示；上、下标可采用字母、缩写词、数字或其它标记表示。上标一般只有一个，下标可采用一个或多个。当采用一个以上的下标时，可根据表示材料的种类、受力状态、部位、方向、原因、性质的次序排列。如果各下标连续书写其涵义有可能混淆时，各下标之间应加逗号分隔。

各符号的书写和印刷规则如下：

(一) 主体符号

主体符号采用下列三种字母，一律用斜体字母写书和印刷：

斜体大写拉丁字母：如 M 、 V 、 A ；

斜体小写拉丁字母：如 b 、 h 、 d ；

斜体小写希腊字母：如 ρ 、 ξ 、 σ 。

应当注意，小写希腊字母除 σ 、 τ 外，只用于表示无量纲符号。

(二) 上、下标

上标采用标记或正体小写拉丁字母，下标采用正体小写拉丁字母或正体数字，如

e' $\sigma_{p,\min}^I$ f_y $f_{cu,k}$ $\sigma_{c,\max}$

二、常用的通用符号

(一) 材料性能符号

E_c ——混凝土弹性模量；

E_s ——钢筋弹性模量；

C20——表示立方体强度标准值为 20N/mm^2 的混凝土强度等级；

f_{cu} ——边长为 150mm 的混凝土立方体抗压强度；

f'_{cu} ——边长为 150mm 的施工阶段混凝土立方体抗压强度；

$f_{cu,k}$ ——边长为 150mm 的混凝土立方体抗压强度标准值；

f_{ck} 、 f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

f_{cmk} 、 f_{cm} ——混凝土弯曲抗压强度标准值、设计值；

f_{tk} 、 f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

f'_{ck} 、 f'_{tk} ——施工阶段的混凝土轴心抗压、抗拉强度标准值；

f_{yk} 、 f_{pyk} ——普通钢筋、预应力钢筋强度标准值；

f_y 、 f'_y ——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

f_{py} 、 f'_{py} ——预应力钢筋的抗拉、抗压强度设计值。

(二) 作用和作用效应符号

G_k (g_k)、 G (g)——恒荷载标准值、设计值；

Q_k (q_k)、 Q (q)——活荷载标准值、设计值；

N_k 、 N ——轴向力标准值、设计值；

M_k 、 M ——弯矩标准值、设计值；

V_k 、 V ——剪力标准值、设计值；

T_k 、 T ——扭矩标准值、设计值；

$w_{\max}$ ——考虑裂缝宽度分布的不均匀性和荷载长期效应组合影响的最大裂缝宽度；

$w_{f,\max}$ ——受弯构件按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合影响的最大挠度。

(三) 几何参数符号

b ——矩形截面宽度，T形、I形截面的腹板宽度；

h ——截面高度；

h_0 ——截面有效高度；
 c ——混凝土保护层厚度；
 l_0 ——计算跨度或计算长度；
 A ——构件截面面积；
 A_s ——受拉区纵向非预应力钢筋的截面面积；
 W ——截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
 I ——截面惯性矩；
 d ——圆形截面的直径或钢筋直径；
 x ——混凝土受压区高度。

第四节 计 量 单 位

一、法定的计量单位

进行混凝土结构设计和计算时，要和种种物理量和几何量发生关系，这里存在采用什么样的计量单位进行计算的问题。

我国对混凝土结构采用以国际单位制单位为基础的中华人民共和国法定计量单位。计量单位和词头的符号应采用拉丁字母或希腊字母。除了来源于人名的计量单位符号的第一个字母采用大写字母外，其余的均应采用小写字母（升的符号 L 例外）。计量单位和词头符号的书写和印刷必须采用正体字母。如：

力的单位：N（牛顿）、kN（千牛顿）； $1\text{kN}=1000\text{N}$ 。

应力的单位： N/mm^2 或 MPa（兆帕斯卡或兆帕）。

长度的单位：mm（毫米）、cm（厘米）、m（米）； $1\text{m}=100\text{cm}$ ， $1\text{m}=1000\text{mm}$ 。

我国以往采用 kg 为力的计量单位，采用 kg/cm^2 为应力的计量单位。在进行新旧计量单位换算时，应该记住以下力和应力基本换算关系：

$$(1) \quad 1\text{kgf}=9.80665\text{N}$$

即是 1 公斤的力等于 9.80665 牛顿。上式中的 f 表示此处的 kg 是力，而不是重量。工程上为计算上的方便起见，近似地取：

$$1\text{kgf}=10\text{N} \quad (0-1)$$

$$1\text{tf}=10000\text{N} \quad (0-2)$$

$$(2) \quad 1\text{kgf}/\text{cm}^2 = \frac{10\text{N}}{100\text{mm}^2} = 0.1\text{N}/\text{mm}^2 \quad (0-3)$$

$$1\text{tf}/\text{m}^2 = \frac{10000\text{N}}{1000 \times 1000} = 0.01\text{N}/\text{mm}^2 \quad (0-4)$$

二、习用的非法定计量单位与法定计量单位的换算关系

为了方便习用的非法定计量单位与法定计量单位之间的换算，表 0-2 给出了其换算关系，需要时可以查用。

习用的非法定计量单位与法定计量单位的换算关系表

表 0-2

量的名称	非法定计量单位		法定计量单位		换算关系
	名称	符号	名称	符号	
力、重力	千克力	kgf	牛 顿	N	1kgf=9.806 65N
	吨 力	tf	千牛顿	kN	1tf=9.806 65kN
力矩、弯矩	千克力米	kgf·m	牛顿米	N·m	1kgf·m=9.806 65N·m
	吨力米	tf·m	千牛顿米	kN·m	1tf·m=9.806 65kN·m
应力、材料 强 度	千克力每 平方毫米	kgf/mm ²	兆帕斯卡 (牛顿每平方毫米)	MPa (N/mm ²)	1kgf/mm ² = 9.806 65MPa (N/mm ²)
	千克力每 平方厘米	kgf/cm ²	兆帕斯卡 (牛顿每平方毫米)	MPa (N/mm ²)	1kgf/cm ² = 0.098 066 5MPa (N/mm ²)
弹性模量 变形模量	千克力每 平方厘米	kgf/cm ²	兆帕斯卡 (牛顿每平方毫米)	MPa (N/mm ²)	1kgf/cm ² = 0.098 066 5MPa (N/mm ²)

第五节 混凝土结构课程的特点和学习方法

混凝土结构课程主要是对工业与民用建筑中的混凝土基本构件与结构的受力性能、计算方法和构造要求等问题进行讨论。全书分上、下两册。上册首先介绍混凝土结构的材料性能和设计方法。它们是学习往后各章的基础。然后讨论轴心受力构件承载力计算、受弯构件正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、受扭构件承载力计算、偏心受力构件承载力计算，最后讨论混凝土构件的裂缝和变形验算方法。下册首先介绍预应力混凝土构件计算，然后讨论钢筋混凝土梁板结构、单层工业厂房结构以及多层框架结构等工业与民用建筑中三种常见的、有代表性的结构的设计方法。

在学习混凝土结构课程时，应该注意以下几点：

(1) 混凝土结构通常是由钢筋和混凝土结合而成的一种结构。钢筋混凝土材料与理论力学中的刚性材料以及材料力学、结构力学中的理想弹性材料或理想弹塑性材料有很大的区别。为了对混凝土结构的受力性能与破坏特征有较好的了解，首先要求对钢筋和混凝土的力学性能要较好地掌握。

(2) 混凝土结构在裂缝出现以前的抗力行为，与理想弹性结构的相近。但是，在裂缝出现以后，特别是临近破坏之前，其受力和变形状态与理想材料的有显著不同。混凝土结构的受力性能还与结构的受力状态、配筋方式和配筋数量等多种因素有关，暂时还难以用一种简单的数学模型和力学模型来描述。因此，目前主要以混凝土结构和构件的试验与工程实践经验为基础进行分析。许多计算公式都带有经验性质，它们虽然不如数学或力学公式那样严谨，然而却能够较好地反映结构的真实受力性能。在学习本课程时，应该注意各