

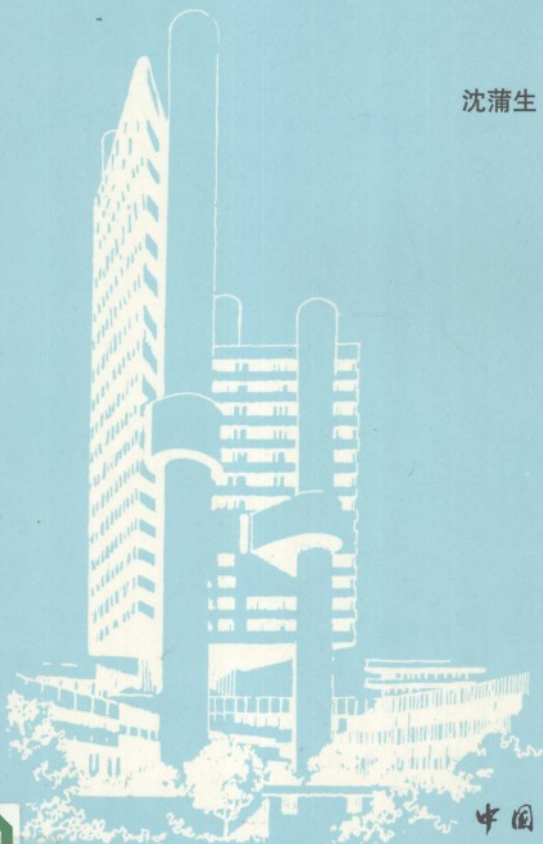
高职高专建筑工程专业系列教材

混凝土结构

(上册)

(第四版)

沈蒲生 罗国强 熊丹安 编著



中国建筑工业出版社

高职高专建筑工程专业系列教材

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

结构力学

混凝土结构 (上、下) (第四版)

砌体结构 (第四版)

钢结构 (第四版)

土力学地基与基础 (第四版)

建筑工程测量

建筑施工 (第二版)

建筑工程经济与企业管理 (第四版)

ISBN 7-112-06152-0



9 787112 061525 >

(12165) 定价: 25.00 元



封面设计: 王 显



高职高专建筑工程专业系列教材

混凝土结构 (上册)

(第四版)

沈蒲生 罗国强 熊丹安 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构, 上册/沈蒲生等编著. —4版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2003

(高职高专建筑工程专业系列教材)

ISBN 7-112-06152-0

I. 混… II. 沈… III. 混凝土结构-高等学校: 技术学校-教材 IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 105754 号

高职高专建筑工程专业系列教材

混凝土结构 (上册)

(第四版)

沈蒲生 罗国强 熊升安 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

北京云浩印刷有限责任公司印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19 1/4 字数: 474 千字

2004 年 1 月第四版 2004 年 1 月第十次印刷

印数: 36001—40000 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-112-06152-0

TU·5419 (12165)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书分上、下两册。本书为上册，共9章，内容主要包括：绪论，混凝土结构用材料的力学性能，荷载与设计方法，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，钢筋混凝土构件裂缝宽度和变形验算，以及预应力混凝土构件设计计算。每章均有提要，每章后有小结、思考题、习题。

本书除可作为高等学校建筑工程专业的教材外，还可作为土建类非建筑工程专业的教材以及土建技术人员的参考书。

* * *

责任编辑：朱首明 刘平平

责任设计：崔兰萍

责任校对：黄 燕

前 言

我国《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)已经修订,新的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)已经颁布实施。为了使教材能够反映规范的变化情况,我们对《混凝土结构(上、下册)》(第三版)进行了修订。

修订后的教材有以下三个方面的变化:

1. 按新编《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)进行修订。
2. 将“预应力混凝土构件设计计算”一章由下册移至上册,使上册只讲述混凝土结构的设计原理和各类混凝土构件的设计方法,下册讲述几种基本混凝土结构的设计方法。
3. 在下册中增加“混凝土结构分析方法”一章,在具体讲述混凝土结构设计方法之前,扼要地介绍混凝土结构的分析方法。

本书上册的内容为:绪论、混凝土结构的材料性能、荷载与设计方法、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、钢筋混凝土构件裂缝宽度和变形验算以及预应力混凝土构件设计计算;下册的内容为:混凝土结构分析方法、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。

在修订过程中,我们仍然保持本教材前面各版中说理清楚、简明扼要、便于教学、便于自学等特点。

本书由沈蒲生(绪论、第二、四、六、九、十章)、罗国强(第八、十一、十二章)和熊丹安(第一、三、五、七、十三章)编写,由沈蒲生统稿。由于我们的水平所限,书中错误之处在所难免,欢迎批评指正。

编者

2003年6月

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	27
小 结	31
思考题	32
第二章 荷载与设计方法	33
第一节 基本知识	33
第二节 荷 载	42
第三节 概率极限状态设计法	45
小 结	53
思考题	53
习 题	54
第三章 钢筋混凝土轴心受力构件承载力计算	56
第一节 概 述	56
第二节 轴心受拉构件承载力	57
第三节 轴心受压构件承载力	60
小 结	67
思考题	67
习 题	68
第四章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	69
第一节 概 述	69
第二节 受弯构件的受力特性	70
第三节 单筋矩形截面承载力计算	72
第四节 双筋矩形截面承载力计算	85
第五节 T形截面承载力计算	91

第六节	深受弯构件正截面承载力计算	98
第七节	构造要求	99
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计算	113
第四节	有腹筋梁的抗剪性能	114
第五节	有腹筋梁的斜截面受剪承载力计算	116
第六节	深受弯构件斜截面受剪承载力计算	123
第七节	构造要求	124
第八节	伸臂梁设计实例	131
小 结	.....	138
思考题	.....	138
习 题	.....	139
第六章	钢筋混凝土受扭构件承载力计算	141
第一节	概 述	141
第二节	矩形截面纯扭构件承载力计算	143
第三节	矩形截面剪扭构件承载力计算	150
第四节	矩形截面弯扭和弯剪扭构件承载力计算	152
第五节	T形和I形截面弯剪扭构件承载力计算	154
第六节	压弯剪扭构件承载力计算	155
第七节	构造要求	156
第八节	设计实例	159
小 结	.....	164
思考题	.....	165
习 题	.....	165
第七章	钢筋混凝土偏心受力构件承载力计算	167
第一节	概 述	167
第二节	偏心受压构件的构造要求	168
第三节	偏心受压构件的受力性能	170
第四节	矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算	179
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	197
第六节	偏心受拉构件正截面承载力计算	202
第七节	斜截面承载力计算	206
第八节	双向偏心受力构件正截面承载力简介	208
小 结	.....	209

思考题	210
习 题	210
第八章 钢筋混凝土构件裂缝宽度和变形验算	213
第一节 概 述	213
第二节 裂缝宽度验算	216
第三节 受弯构件挠度验算	228
小 结	237
思考题	240
习 题	240
第九章 预应力混凝土构件设计计算	242
第一节 预应力混凝土的基本知识	242
第二节 预应力混凝土构件设计的一般规定	248
第三节 预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析	254
第四节 预应力混凝土轴心受拉构件的计算和验算	260
第五节 先张法预应力混凝土受弯构件计算	267
第六节 先张法预应力混凝土受弯构件的构造要求	287
第七节 部分预应力混凝土和无粘结预应力混凝土的概念	289
小 结	290
思考题	291
习 题	291
附 表	293
附表 1 普通钢筋强度标准值	293
附表 2 预应力钢筋强度标准值	293
附表 3 普通钢筋强度设计值	293
附表 4 预应力钢筋强度设计值	293
附表 5 钢筋弹性模量	294
附表 6 混凝土强度标准值	294
附表 7 混凝土强度设计值	294
附表 8 混凝土弹性模量	294
附表 9 受弯构件的挠度限值	295
附表 10 结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值	295
附表 11 钢筋混凝土受弯构件配筋计算用的 ξ 表	295
附表 12 钢筋混凝土受弯构件配筋计算用的 γ_s 表	296
附表 13 钢筋混凝土结构构件中纵向受力钢筋的最小配筋百分率	298
附表 14 受拉钢筋的锚固长度	298
附表 15 钢筋的计算截面面积及公称质量表	298
附表 16 钢绞线的公称截面面积及公称质量表	299
附表 17 单跨梁板的计算跨度 l_0	300
附表 18 纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度	300

附表 19	每米板宽各种钢筋间距时的钢筋截面面积	300
附表 20	钢筋排成一行时梁的最小宽度	301
附表 21	钢筋两个弯钩的长度	302
附表 22	箍筋末端两个弯钩的长度	302
主要参考文献	.....	303

绪 论

第一节 混凝土结构的基本概念

以混凝土为主要材料制作而成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、钢管混凝土、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，钢筋的位置及形式各不相同，即使是同属于受弯构件的梁和板，其配筋的位置及形式也不完全相同。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形式和受力特点，在适当部位布置一定形式和数量的钢筋。

钢管混凝土是在钢管内浇灌混凝土做成的混凝土结构。

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。型钢混凝土结构又称为劲性混凝土结构或钢骨混凝土结构。

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。本书重点讲述用圆钢筋配筋的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十倍以上，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。试件的破坏荷载值很小，只有 8kN 左右。

如果在该梁的受拉区布置三根直径为 16mm 的 HPB235 级钢筋（记作 3 ϕ 16），并在受

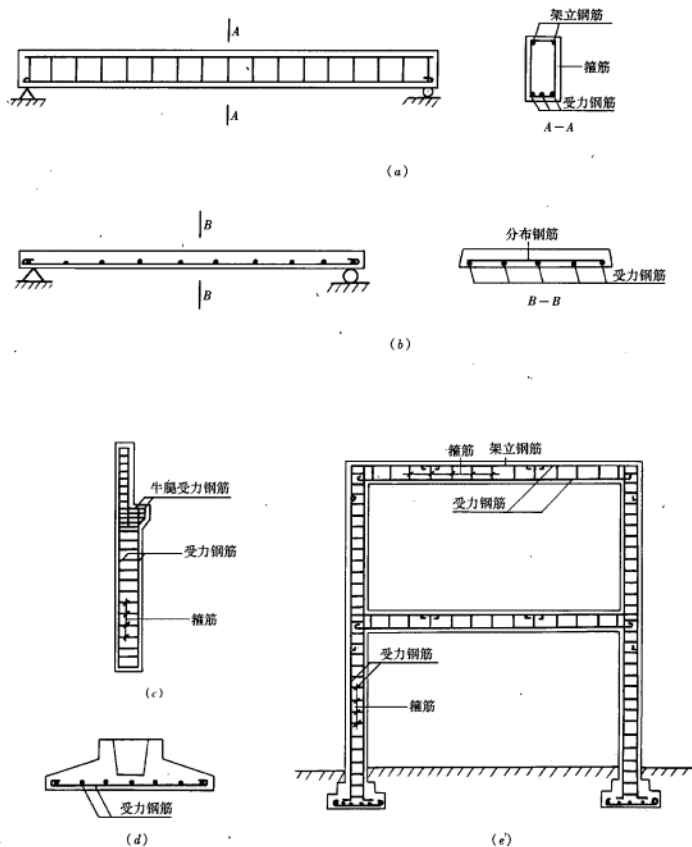


图 0-1 常见钢筋混凝土结构和构件配筋实例

- (a) 钢筋混凝土筒支梁的配筋；(b) 钢筋混凝土筒支平板的配筋；
 (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

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

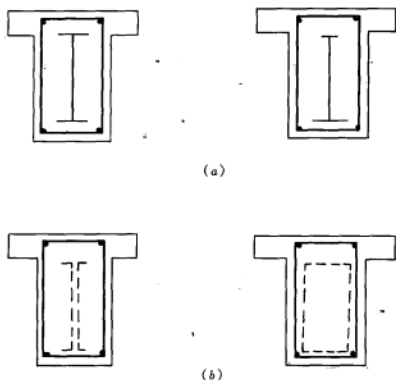


图 0-2 型钢混凝土梁截面形式

(a) 实腹式型钢混凝土梁截面；(b) 空腹式型钢混凝土梁截面

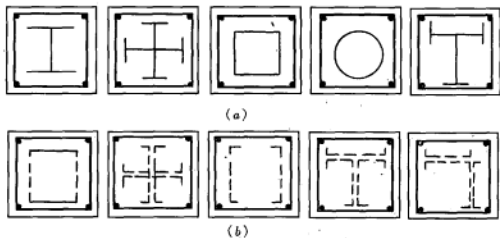


图 0-3 型钢混凝土柱截面形式

(a) 实腹式型钢混凝土柱截面；(b) 空腹式型钢混凝土柱截面

坏。混凝土开裂后，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压强度被充分利用时，试件才发生破坏。试件破坏前，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，在混凝土结构的受拉区配置一定形式和数量的钢筋以后，可以收到下列的效果：

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

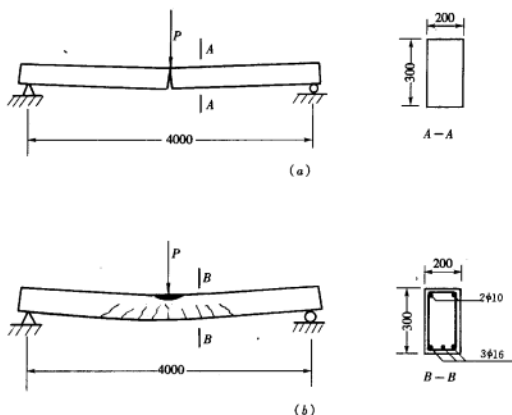


图 0-4 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况对比

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

(1) 混凝土结硬后，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 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，混凝土的线膨胀系数为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，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能力和较好的受力性能以外，与其他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能力较高，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或熔化而破坏。

(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) 现浇式或装配式钢筋混凝土结构的整体性好，刚度大，变形小。

钢筋混凝土结构也具有下述主要缺点：

(1) 自重。钢筋混凝土的重力密度约为 $25\text{kN}/\text{m}^3$ ，比砌体和木材的重度都大。尽管比钢材的重度小，但是，混凝土的抗压强度只是钢材抗压强度的 $1/10$ 左右，因此，混凝土结构的截面尺寸比钢结构的大，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,混凝土的抗拉强度约是其抗压强度的 $1/10$,有时在结构投入使用前,由于温度和收缩的作用也有可能使结构开裂。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。

(3) 脆性较大。与钢结构和木结构相比,混凝土的性质较脆。混凝土结构的脆性随着其强度等级的提高而增大。

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。为了克服其脆性,可以通过配筋加强对混凝土变形的约束或在混凝土中掺入短段钢纤维或其他纤维。

第二节 混凝土结构的发展简况

1824年,英国人 J. 阿斯匹丁 (Joseph Aspdin) 发明了水泥。这种水泥结硬以后很像英国波特兰岛上的石料,因而被称之为波特兰水泥。波特兰水泥的问世,为混凝土结构的产生和发展提供了物质基础。

混凝土结构只有 150 年左右的历史,前 100 年的发展较为缓慢,后 50 年,特别是最近 20~30 年的发展非常迅速。前 100 年发展过程中较有影响的事件有:

- 1854 年,法国人 J. 兰波特 (J.L. Lambot) 用铁筋水泥制作成小船,并在巴黎博展会上展出。同年,英国人 W.B. 维尔金森 (W.B. Wilkinson) 获得了用铁丝网制作混凝土楼盖的专利。1869 年,他还出版了一本有关铁筋混凝土应用的书。
- 1867 年,法国人 J. 莫尼埃 (J. Monier) 用铁丝网制作了混凝土花盆和花钵,并且获得了钢筋混凝土的发明专利。1873 年,他获得了混凝土桶和桥的制作专利。4 年以后,他又获得了钢筋混凝土梁和柱的制作专利。莫尼埃的专利被许多国家购买,莫尼埃的名字为欧洲和其他许多国家所熟悉,他因而被认为是钢筋混凝土结构的主要创始人。
- 1877 年,美国人 T. 哈特 (T. Hyatt) 公布了他曾经做过的 50 根铁筋混凝土梁的抗弯试验结果,并且认为可以按弹性方法对其进行分析与设计。
- 1887 年,德国学者在进行过许多试验的基础上,提出了应将钢筋配置在受拉区的概念和板的计算方法。此后,混凝土的推广应用有了较快的发展。
- 1884 年,美国人 E.L. 热塞姆 (E.L. Ransome) 首先将变形钢筋用于混凝土结构中。1889~1891 年,他在旧金山建造了两层的钢筋混凝土博物馆和一座钢筋混凝土桥。1890 年,他设计了框架结构,并且在柱中采用螺旋钢筋配筋。与此同时,美国的伊利诺大学和威斯康星大学做过许多混凝土抗压强度和弹性模量试验。
- 1928 年,法国人 E. 弗耐西涅解决了预应力混凝土应用的一些关键技术,使预应力混凝土结构在工程中得到广泛应用。
- 1939 年,前苏联在对混凝土结构受力性能进行深入研究的基础上,首次提出按破坏阶段的设计方法。

近 50 年来,混凝土结构在材料、设计理论和工程应用等方面得到很大的发展。

材料方面,高强混凝土、轻骨料混凝土、纤维混凝土、高性能混凝土、活性粉末混凝土、耐酸混凝土、耐碱混凝土等相继问世,使混凝土形成了一个兴旺的家族。高强钢筋得到很大发展,玻璃丝筋、碳纤维筋在混凝土结构中得到应用。

设计理论方面,前苏联 1955 年首先将极限状态设计方法引入混凝土结构设计规范。上世纪末,欧美等国将概率论引入设计,建立了概率极限状态设计法,并且向全概率设计方法方向过渡。

在工程应用方面,尽管混凝土结构比其他结构出现得都晚,但其发展和应用速度却最快,并且已经成为当今世界上许多国家的主导结构。香港 78 层 374m 高的中环广场、广州 80 层 322m 高的中信大厦、芝加哥 65 层 296m 高的 311 威克赖夫塔楼、平壤 101 层 334m 高的柳京饭店、贝尔格莱德 135.8m 跨的飞机库、巴黎 218m × 218m 的展览馆屋盖、我国主跨 400m 的安徽铜陵斜拉桥、加拿大多伦多 549m 的电视塔、瑞士 285m 高的大狄克桑斯重力坝等,都是用混凝土结构建造的。

我国解放前由于经济落后,混凝土结构的应用很少。解放后情况发生了显著地变化。20 世纪 50 年代,我国便仿效前苏联,采用极限状态设计法设计混凝土结构,成为世界上最早采用极限状态设计法进行设计的国家之一。1989 年以后,改用概率极限状态设计法进行设计,与国际上先进国家在设计方法上始终保持相同水平。

我国的钢产量和水泥产量都占世界第一位。混凝土结构早已成为我国土木工程的主导结构。这种主导地位在今后的数十年内仍将保持下去。

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《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T 50083—97)中的通用符号选用的。我国国家标准《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T 50083—97)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。编写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、数字或其他标记表示。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' $\sigma_{p, \min}^f$ 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_{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_{ptk} ——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；

$w_{\max}$ ——按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响计算的最大裂缝宽度。

(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；