



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高职高专建筑工程专业系列教材

混凝土结构

(上册)

(第五版)

沈蒲生 罗国强 廖莎 刘霞 编著



YZLI0890146436

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高职高专建筑工程专业系列教材

混凝土结构 (上册)

(第五版)

沈蒲生 罗国强 廖莎 刘霞 编著



YZLI0890146436

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. —5 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2011. 10
普通高等教育土建学科专业 “十二五” 规划教材
高职高专建筑工程专业系列教材
ISBN 978-7-112-13681-0

I. ①混… II. ①沈… III. ①混凝土结构 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 207993 号

本书按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 编写, 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 吉万旺 刘平平
责任设计: 李志立
责任校对: 姜小莲 赵 颖

普通高等教育土建学科专业 “十二五” 规划教材
高职高专建筑工程专业系列教材
混凝土结构 (上册)
(第五版)

沈蒲生 罗国强 廖 莎 刘 霞 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19¼ 字数: 465 千字
2011 年 12 月第五版 2011 年 12 月第二十六次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-13681-0
(21450)

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)

前 言 (第五版)

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 已于 2010 年 8 月 18 日发布, 并于 2011 年 7 月 1 日实施。新规范总结了最近十年我国混凝土结构设计领域的理论、试验及应用成果。为了及时地将这些成果反映在教材中, 我们对第四版《混凝土结构》上、下册进行了修订。

第五版《混凝土结构》仍然分为上、下两册, 章节安排基本未变。上册内容为: 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; 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, 除了按新规范进行修改外, 仍然保持本教材前面各版中说明清楚、简明扼要、便于教学、便于自学等特点。

本次修订由沈蒲生(绪论、第二、三、四、五、六、九、十章以及第十三章正文)、罗国强(第八、十一、十二章)、廖莎(第七章)和刘霞(第一章和第十三章例题)完成, 由沈蒲生统稿。

由于我们的水平所限, 错误之处在所难免, 欢迎批评指正。

编者

2011 年 8 月

前 言 (第四版)

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	4
第三节 通用符号	5
第四节 计量单位	7
第五节 混凝土结构课程的特点和学习方法	8
思考题	10
第一章 混凝土结构用材料的力学性能	11
第一节 钢 筋	11
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	33
思考题	33
第二章 荷载与设计方法	35
第一节 基本知识	35
第二节 荷 载	43
第三节 概率极限状态设计法	47
小 结	56
思考题	56
习 题	58
第三章 钢筋混凝土轴心受力构件承载力计算	59
第一节 概 述	59
第二节 轴心受拉构件承载力	60
第三节 轴心受压构件承载力	63
小 结	71
思考题	71
习 题	71
第四章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	72
第一节 概 述	72
第二节 受弯构件的受力特性	73
第三节 单筋矩形截面承载力计算	75
第四节 双筋矩形截面承载力计算	88
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	104
习 题	105
第五章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	109
第一节 概 述	109
第二节 无腹筋梁的抗剪性能	111
第三节 无腹筋梁斜截面受剪承载力计算	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 受弯构件斜截面受弯承载力计算	124
第七节 构造要求	124
小 结	129
思考题	129
习 题	130
第六章 钢筋混凝土受扭构件承载力计算	132
第一节 概 述	132
第二节 矩形截面纯扭构件承载力计算	134
第三节 矩形截面剪扭构件承载力计算	140
第四节 矩形截面弯扭和弯剪扭构件承载力计算	143
第五节 T形和 I形截面弯剪扭构件承载力计算	145
第六节 压弯剪扭构件承载力计算	146
第七节 构造要求	146
第八节 设计实例	150
小 结	155
思考题	156
习 题	156
第七章 钢筋混凝土偏心受力构件承载力计算	158
第一节 概 述	158
第二节 偏心受压构件的构造要求	159
第三节 偏心受压构件的受力性能	161
第四节 矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算	168
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	189
第六节 偏心受拉构件正截面承载力计算	194
第七节 斜截面承载力计算	198
第八节 双向偏心受力构件正截面承载力简介	200
小 结	201
思考题	202
习 题	202

第八章 钢筋混凝土构件裂缝宽度和变形验算	205
第一节 概 述	205
第二节 裂缝宽度验算	208
第三节 受弯构件挠度验算	220
小 结	229
思考题	232
习 题	232
第九章 预应力混凝土构件设计计算	234
第一节 预应力混凝土的基本知识.....	234
第二节 预应力混凝土构件设计的一般规定	240
第三节 预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析	246
第四节 预应力混凝土轴心受拉构件的计算和验算.....	252
第五节 先张法预应力混凝土受弯构件计算	259
第六节 先张法预应力混凝土受弯构件的构造要求.....	278
第七节 部分预应力混凝土和无粘结预应力混凝土的概念	280
小 结	281
思考题	281
习 题	281
附 录	284
附录 1: 常用表格	284
附录 2: 钢筋的锚固	294
附录 3: 钢筋的连接	296
主要参考文献	298

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、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。

素混凝土结构是指无筋或不配置受力钢筋的混凝土结构。

钢筋混凝土结构是指用圆钢筋作为配筋且配置受力钢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。

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，通过张拉受力钢筋或采用其他方法，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。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 0-2 (a) 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 3 根直径为 16mm 的 HPB300 级钢筋（记作 3 Φ 6），并在受压区布置 2 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 0-2b），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。混凝土开裂后，裂缝截面的混凝土拉应力由纵向受拉钢筋来承受，钢筋强度很高，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

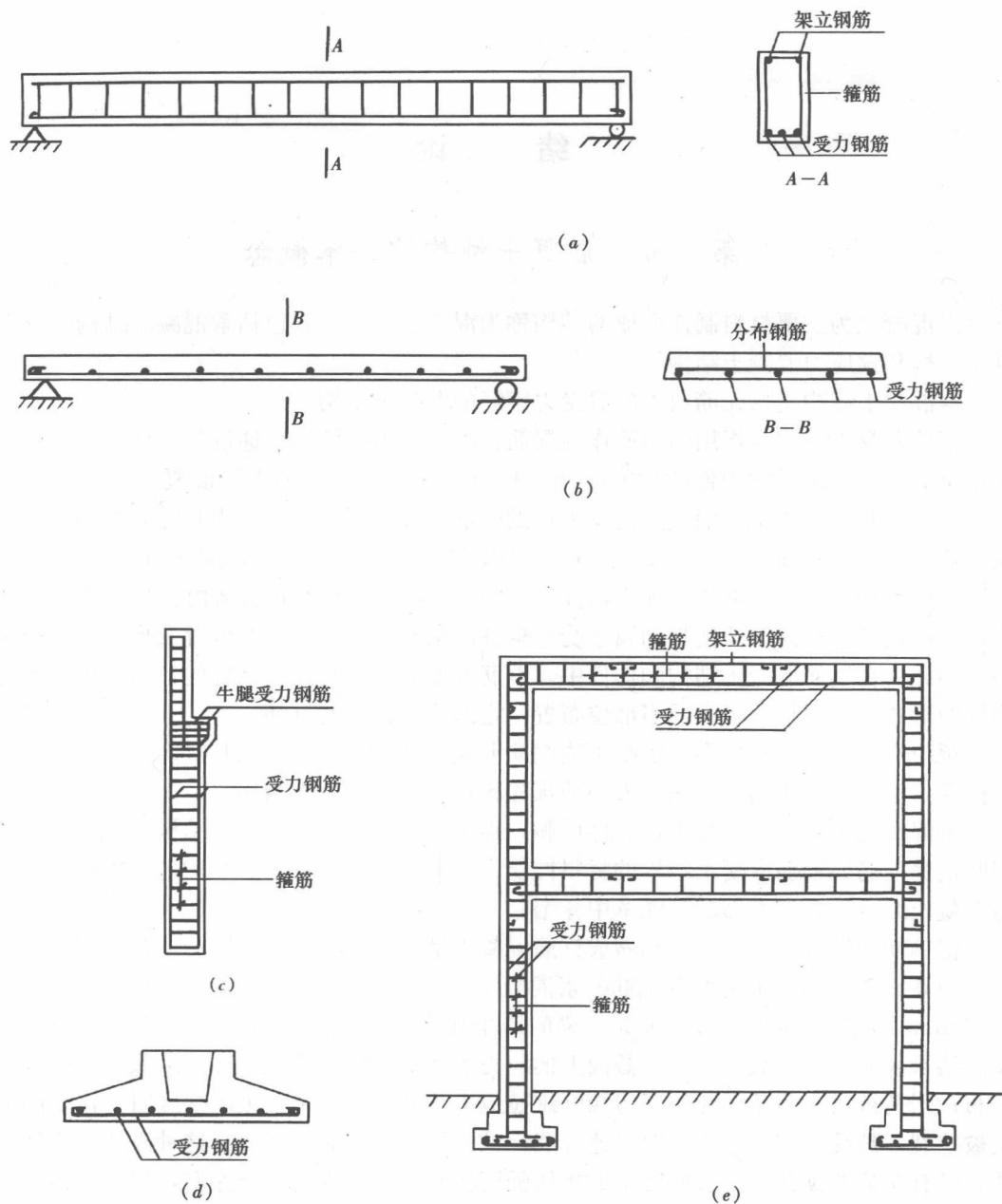


图 0-1 常见钢筋混凝土结构和构件配筋实例

- (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

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 46kN 左右。因此，在混凝土结

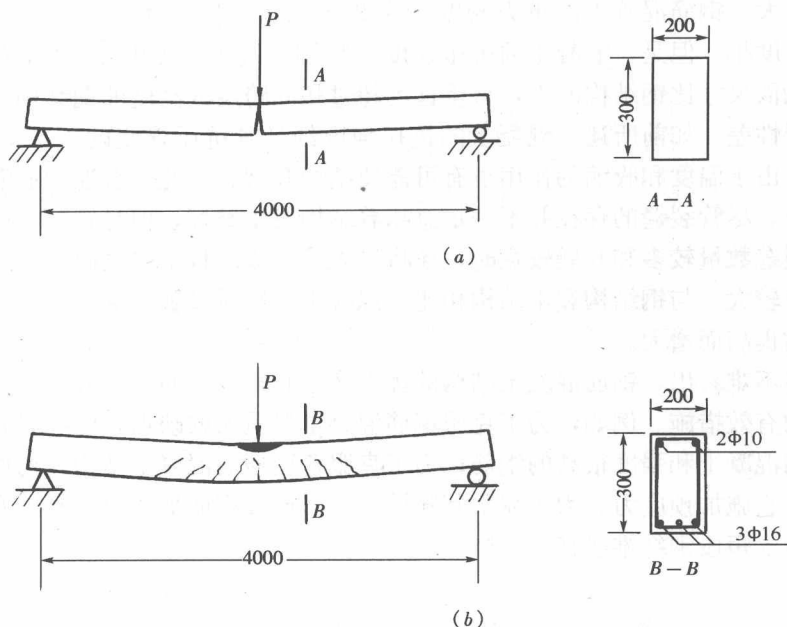


图 0-2 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况对比

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) 承载能力有很大的提高；
- (2) 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，砂和石料一般可以就地供应。

(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。钢筋安放在混凝土中，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像木结构那样被燃烧，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) 现浇式或装配整体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结构和构件容易开裂的缺点，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 160 年左右的历史，前 100 年的发展较为缓慢，后 60 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) 获得了用钢丝绳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。

新中国成立前由于经济落后,混凝土结构的应用很少。新中国成立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《结构设计基础——标志——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

上标一般采用标记或正体小写拉丁字母，下标一般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；

C30——表示立方体强度标准值为 30N/mm^2 的混凝土强度等级；

HRB500——强度级别为 500MPa 的普通热轧带肋钢筋；

HRBF400——强度级别为 400MPa 的细晶粒热轧带肋钢筋；

HPB300——强度级别为 300MPa 的热轧光圆钢筋；

HRB400E——强度级别为 400MPa 且有较高抗震性能的普通热轧带肋钢筋；

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;
 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。

(四) 计算系数及其他

α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值;
 γ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数;
 η ——偏心受压构件考虑二阶效应影响的轴向力偏心距增大系数;
 λ ——计算截面的剪跨比, 即 $M/(Vh_0)$;
 ρ ——纵向受力钢筋的配筋率;
 ρ_v ——间接钢筋或箍筋的体积配筋率;
 ϕ ——表示钢筋直径的符号, $\phi 20$ 表示直径为 20mm 的钢筋。

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 0-1 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 0-1

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·米	N·m	1kgf·m=9.806 65N·m
	吨力米	tf·m	千牛·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

本书讨论的内容可以分为图 0-3 所示的三部分。其中，绪论、混凝土结构用材料的力学性能和概率极限状态设计法为基本知识，在以后各章的讨论中都将要用到这些基本知识。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为基本构件设计。它们是结构设计的基础。梁板结构、单层厂房结构和多层房屋框架结构则是实际工程中三种最基本的结构型式。本书将按照上述次序进行介绍。本书只讨论混凝土结构在荷载作用下的设计。有关地震等因素作用下的设计，将在其他课程中介绍。

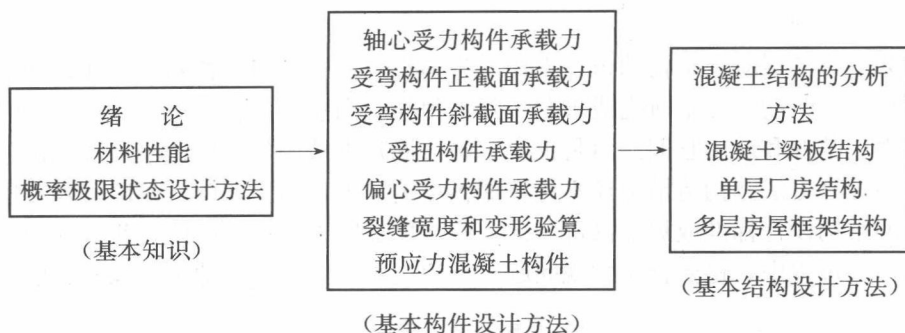


图 0-3 本书的内容及其相互关系

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有较好的认识。

(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弹性材料的有显著不同。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，使结构具有一定的安全储备。在学习本课程时，应该注意各计算公式与力学公式的联系与区别。

(3) 我国的《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006 年版)在进行大量的试验、调查与统计的基础上，对建筑结构可能承受的各种荷载大小有着明确的规定。我国的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)^①也给出了各种常用钢筋和混凝土的强度、弹性模量等指标。鉴于实际情况的复杂性，建筑结构上的实际荷载和实际材料指标与规范规定的大小会有一定的出入。它们可能高于规范规定的数值，也可能低于规范规定的数值。此外，不同结构的重要性也不一样，它们对于结构的安全、适用和耐久的要求各不相同。为了使混凝土结构设计满足技术先进、经济合理、安全适用、确保质量的要求，将混凝土结构各种分析公式用于设计时，要考虑上述各种因素的影响，使结构具有一定的安全储备。学习本课程时，应该注意分析公式与设计公式之间的联系与区别，了解和掌握我国有关混凝土结构设计的技术和经济政策。

(4) 进行混凝土结构设计时离不开计算。但是，现行的实用计算方法一般只考虑了荷载效应。其他影响因素，如：混凝土收缩、温度影响以及地基不均匀沉降等，难于用计算公式来表达。《规范》根据长期的工程实践经验，总结出一些构造措施来考虑这些因素的影响。因此，在学习本课程时，除了要对各种计算公式了解掌握以外，对于各种构造措施也必须给予足够的重视。在设计混凝土结构时，除了进行各种计算以外，还必须检查各项

① 本书今后将《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)简称《规范》。