

钢筋混凝土 结构 构件计算

(第三版)

倪吉昌 姚仲贤 编

建筑结构基本知识丛书

建筑结构基本知识丛书

钢筋混凝土结构 构件计算

(第三版)

倪吉昌 姚仲贤 编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书是《建筑结构基本知识丛书》(第三版)之一,主要介绍钢筋混凝土结构的基本概念和构件的计算方法。书中首先介绍一些混凝土和钢筋的性能,以及设计计算的基本原则。然后分别对受弯构件的正截面和斜截面、受拉构件、轴心受压构件、偏心受压构件、受扭构件的计算作了介绍,也包括了受弯构件的变形和裂缝计算的内容;同时还专门介绍了整体楼盖结构的计算。编入的内容主要是考虑读者读完全书后能对钢筋混凝土的基本构件进行基本的设计计算和验算。所有内容按新规范GBJ10—89编写。

本书可供具有初中以上文化水平的基本建设部门职工和青年自学参考,也可作为职工培训用书。

建筑结构基本知识丛书
钢筋混凝土结构构件计算

(第三版)

倪吉昌、姚仲贤 编

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 9³/₄ 字数: 218 千字

1992年9月第三版 1992年9月第五次印刷

印数: 176,531—184,530册 定价: 5.05元

ISBN7—112—01630—4/TU·1225

(6665)

5
6
5

1
2
9

丛书第三版出版说明

为满足广大建筑职工自学的需要，我社1976年组织出版了一套《建筑结构基本知识丛书》，包括建筑力学、建筑结构和构件计算等方面的知识，按专题分册出版，共十三分册。每册力求重点突出，并有一定独立性，读者可根据需要选读。丛书自出版以来，深受广大读者的欢迎和关怀，各分册先后重印四、五次，有的印数达30多万册。

随着经济建设和建筑技术的发展，广大建筑职工和青年学习建筑结构知识的要求进一步提高。原《建筑结构基本知识丛书》的内容，虽经1980年间修订一次，但目前已不能满足读者的需要。为此，我们组织力量对“丛书”再次修订。这次修订，一方面保持原来的编写目的和原则，另一方面根据建筑技术发展和读者要求，深度起点不变，仍以适合初中毕业文化程度的读者能读懂为基础，而对原“丛书”的内容加以扩展、提高和调整，使读者学完后，能基本上达到中专毕业水平。同时，“丛书”以1989年新颁布的各种建筑结构规范为依据，并采用国务院颁布的“法定计量单位”。为了增强便于自学的特点，并适应广大乡镇建筑职工学以致用的需要，各分册中均加强概念和例题的联系，尽量补充应用实例，并注意某些带有专题性内容的介绍。这次第三版丛书新增加了《烟囱》、《水池》、《多层框架结构》、《结构动力学基础》等分册。今后将根据需要与可能，再作适当

补充。

“丛书”的修订工作绝非尽善尽美，一定有不少缺点错误，望读者提出意见，以助不断完善。

目 录

第一章	绪论	1
1.1	关于钢筋混凝土的概念	1
1.2	钢筋混凝土的特点	2
1.3	钢筋混凝土结构发展简况和展望	5
第二章	材料	7
2.1	混凝土	7
2.2	钢筋	19
第三章	基本设计原则	34
3.1	结构的功能及其极限状态	34
3.2	极限状态结构设计方法	35
3.3	极限状态实用表达式	42
第四章	受弯构件正截面承载力计算	53
4.1	受弯构件正截面抗弯性能的试验研究	54
4.2	单筋矩形梁正截面受弯承载力计算	60
4.3	双筋矩形截面梁正截面受弯承载力计算	73
4.4	单筋T形截面梁正截面承载力计算	79
第五章	受弯构件斜截面承载力计算	91
5.1	斜截面受力的概念	91
5.2	斜截面的试验情况	93
5.3	斜截面受剪承载力计算	96
5.4	斜截面受弯承载力问题	109
5.5	受弯构件构造要求	115
第六章	受拉构件	123

6.1	轴心受拉构件承载力计算	124
6.2	矩形截面偏心受拉构件承载力计算	125
6.3	偏心受拉构件斜截面强度计算	129
第七章	受压构件	133
7.1	轴心受压与偏心受压	133
7.2	轴心受压构件计算	136
7.3	螺旋配筋柱	140
7.4	偏心受压构件的挠曲影响	144
7.5	矩形截面大偏心受压构件计算	145
7.6	矩形截面小偏心受压构件计算	149
7.7	矩形截面对称配筋计算	154
7.8	受压构件的构造要求	159
7.9	圆形截面偏心受压构件	163
第八章	受扭构件	165
8.1	纯扭构件开裂计算	166
8.2	纯扭构件承载力计算	169
8.3	矩形截面弯剪扭构件承载力	172
8.4	受扭构件构造要求	177
第九章	变形和裂缝宽度验算	183
9.1	受弯构件变形验算	183
9.2	裂缝宽度的验算	196
第十章	整体式钢筋混凝土楼盖	202
10.1	概述	202
10.2	整体式肋形楼盖的受力分析	205
10.3	单向板的计算和构造	216
10.4	次梁的计算和构造	222
10.5	主梁的计算和构造	224
10.6	单向板楼盖计算实例	227
10.7	双向板楼盖设计	238

10.8	楼梯	249
10.9	井字梁设计	255
10.10	无梁楼盖	264
附录1	应用数据表	277
附录2	符号说明	302
附录3	习用的非法定计量单位与法定计量单位的换算 关系表	304

第一章 绪 论

1.1 关于钢筋混凝土的概念

钢筋混凝土是一种应用很广泛的建筑材料。在混凝土构件里放置钢筋的主要目的，是为加强构件受拉区的抗拉能力。除此之外，钢筋也可用来加强混凝土构件受压区的抗压能力。

混凝土是一种脆性材料，它具有较高的抗压性能，但抗拉能力很差。因此，素混凝土只能用于基础、台阶等仅受压力的部位。当浇筑混凝土时，如果在构件受拉力的部位放置适量的钢筋，待混凝土结硬后，两种材料便可靠地组合成一个整体；构件中的拉力将主要或全部由钢筋来承担(图1-1)。钢筋和混凝土这两种材料共同工作的结果，就使钢筋混凝土具备了既能受压又能受拉的性能，从而大大地扩展了混凝土在建筑工程中的应用范围。

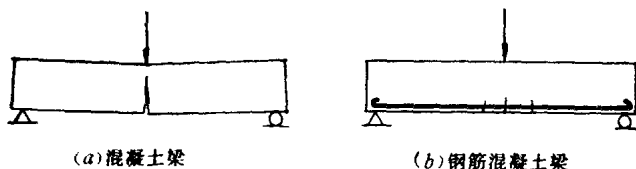


图 1-1 钢筋在混凝土梁中的受力示意

钢筋和混凝土这两种性质截然不同的材料能够共同工作的原因是:

1) 混凝土在结硬后与钢筋牢固地粘结在一起, 当构件承受荷载时, 两者能够共同工作。

2) 混凝土包住钢筋, 可以防锈和防火。

3) 钢筋和混凝土的线膨胀系数很接近, 当外部温度发生变化时, 不会因两者的膨胀或收缩不同而破坏它们的结合。

在制作钢筋混凝土构件时, 采用变形钢筋, 将钢筋端部弯钩, 并在钢筋外部留有一定的保护层; 这都是保证钢筋和混凝土可靠地共同工作的重要措施。

1.2 钢筋混凝土的特点

钢筋混凝土的应用范围非常广泛, 几乎在现代所有的土建工程中都要用到它。在工业与民用建筑中, 屋面板、屋架、大梁、楼板、墙板、柱和基础等多用钢筋混凝土来建造(图1-2)(图1-3)。除此之外, 还大量用来建造烟囱、水塔、水池、涵管、电视塔等特种构筑物。

钢筋混凝土所以得到如此广泛的应用, 这是因为它具备下列主要的优点:

1. 强度高, 耐久性好。钢筋混凝土的抗压性能远高于一般碎石砌体, 加之它具有良好的抗弯能力, 适于做各类承重结构, 故我国的大多数高层建筑都是采用钢筋混凝土结构建造。

钢筋混凝土对于遭受自然气候干湿和冷热变化以及化学侵蚀等均有较强的抵抗力, 故其耐久性较砖木结构为好, 且不必象钢结构那样需要经常涂漆作为防护。



图 1-2 北京
木樨园小区钢筋
混凝土住宅



图 1-3 北京
昆仑饭店

2.抗震性能好。钢筋混凝土结构的整体性较好,且具有一定的延性,结构的延性即是结构“屈服”后承受后期变形的能力,故比砖石结构有较好的抗震性能。在地震烈度较高的地区,常采用钢筋混凝土结构建造层数较多的建筑物,以及烟囱、水塔等。用钢筋混凝土构造柱加强的混合结构墙体,可大大改善砖墙的抗震性能,使在较大的地震力作用下不致发生倒塌。

3.钢筋混凝土结构属耐火结构。当遇到火灾时,一般只能损伤混凝土表面,包在混凝土里的钢筋,不会很快达到钢的危险温度而丧失承载能力,使构件破坏。如使用耐热混凝土,则可以耐受高温。

4.具有可模性。便于制造各种形式的结构,如空心楼板、薄壳等。

5.可以抵抗辐射。混凝土(特别是掺加能吸收放射线的骨料时,例如掺加重晶石、各种铁矿石等)具有较好的抗辐射能力。与钢、水、铅相比,它的综合技术经济效果较好。所以,钢筋混凝土在原子能工业、放射性医疗建筑、人防及国防工程中的应用均有特殊的价值。

钢筋混凝土除具有上述优点外,也存在着一些缺点,如:自重大(容重达 25kN/m^3),现浇时费模板较多,易于开裂,需要一定养护时间才能承重,质量不易控制等。

随着生产和科学技术的发展,上述一些缺点正逐步得到改善。例如:采用人工轻骨料(陶粒、膨珠)代替天然骨料;采用滑升模板代替固定模板;大力发展装配式结构和预应力结构;改进结构形式等,都能较有成效地克服上述缺点。

1.3 钢筋混凝土结构发展简况和展望

自1824年英国发明了波特兰水泥，继而使用钢筋混凝土以来，钢筋混凝土结构在建筑工程上的应用，已有一百余年历史。

我国自1876年开始在唐山制造水泥，但在外国垄断资本控制下，国产水泥得不到发展。解放前所建寥寥无几的钢筋混凝土工程，采用的水泥和钢筋也多为国外进口的。

解放后，我国钢材和水泥的生产，以及钢筋混凝土结构的应用有了较大发展。在民用和工业建筑方面，先后设计和建造了许多新型的钢筋混凝土结构的建筑。

八十年代以来，我国设计并建造了一批具有高水平的钢筋混凝土建筑物，如深圳国际外贸中心，45层、高150m；北京彩电中心电视塔，高405m；广西柳州红水河斜拉桥，主跨96m；秦山核电站安全壳，高62.5m，直径36m，厚1米等。

在总结我国四十多年来钢筋混凝土结构设计、施工、科研和使用经验的基础上，并通过大量试验研究，由中国建筑科学研究院建筑结构研究所组织全国有关高校和科研、设计、施工单位，对原《钢筋混凝土结构设计规范》（TJ10—74）进行修订。新规范改名为《混凝土结构设计规范》GBJ10—89，业经建设部批准，自一九九〇年一月一日起施行。本书主要是根据该规范编写的。

随着钢筋混凝土结构的应用日益广泛，国际上最近十年来，在钢筋混凝土结构设计方法和基本理论的研究等方面，都取得了较重大的发展。

在理论研究和设计方法方面，近年来，钢筋混凝土结构

的极限状态设计理论日趋完善，应用日益普遍。目前我国开始采用以概率理论为基础、以可靠度指标度量构件可靠性的分析方法，即用达到极限状态的概率大小来表征安全度，从而使极限状态设计法更具科学性。

在构件强度方面，开始从微裂探索混凝土的变形、裂缝和破坏机理，以期在实验基础上建立更为合理的混凝土计算理论。随着对钢筋混凝土结构构件基本性能研究的深入，特别是在科学数据分析与计算上利用有限元方法和采用了电子计算机后，钢筋混凝土结构的弹性计算理论的研究有了较快发展，从而较好地解决了钢筋混凝土结构的抗震分析和复杂的空间计算。这对于深入了解钢筋混凝土结构弹塑性破坏的全过程，以及作为其他简化近似计算方法的理论基础，都有重要的意义。

在改进混凝土性能方面，积极发展人造轻骨料（粉煤灰陶粒、粘土陶粒、膨胀珍珠岩等）的结构用轻混凝土。这种轻骨料混凝土比普通混凝土自重轻、隔热和防火性能好，强度可达 40N/mm^2 以上。此外，按“均匀配筋”的概念制作的“纤维混凝土”，即在混凝土中加入无规律分布的短钢丝，或玻璃、尼龙、聚丙烯纤维等，使混凝土具有更高的韧性和可塑性，并使混凝土抵抗冲击碎裂的能力大大增加。另一方面的研究工作是改变水泥本身的基本化学成份和研制新的混凝土附加剂（促凝剂、缓凝剂、减水剂、加气剂等）。

在钢筋的研制方面，随着钢材加工工艺和冶炼技术的发展，在钢筋混凝土结构中愈来愈多地使用高强度低合金钢，热处理高强碳素钢和热处理合金钢。这些钢筋具有较高的强度和韧性，并具有较好的可焊性和防锈性能。在钢筋种类和规格上也不断地有所增加。

第二章 材 料

2.1 混 凝 土

1. 混凝土的强度

1) 立方体强度与强度等级

以边长为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的标准立方体试块,在标准养护条件下^①,28天龄期的平均抗压极限强度(以 N/mm^2 计),定为混凝土的立方抗压强度,简称立方强度,用符号 f_{cu} 表示。

为适应结构设计的需要,《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89(以下简称《规范》)将混凝土的强度分为C7.5、C10、C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60共12个强度等级。

从合理和经济性方面考虑,一般情形下现浇混凝土常采用C15~C30,预制构件常用C20~C30;预应力混凝土构件常用C40及其以上等级。C10及以下等级的混凝土,则只能用于基础的垫层,或层数不多的房屋的刚性基础。

“规范”要求结构用的混凝土强度等级不宜低于C15;当采用Ⅱ级钢筋时,混凝土强度等级不宜低于C20。

① 标准养护条件是指试块的养护环境为 $20^{\circ}\text{C}(\pm 3^{\circ})$,相对湿度 $\geq 90\%$;有时为了了解正在施工中的构件将来的实际强度,也可以将试块与构件放在一起,这叫做同条件养护。

立方强度也可以用边长为 100mm 的立方体试块测定。通过试验发现，与标准立方体试块相比，边长大者抗压极限强度低，边长小者则高。这种由于尺寸不同而得到不同的强度，称为尺寸效应。这种现象的原因主要是试验方法。当立方体试块受力后，纵向压缩，横向扩张；由于压力机垫板与试块上下表面之间摩擦力的影响，试块横向变形受到约束，使与垫板接触附近的混凝土形成三向受力状态，而试件中间区段的横向变形不受约束，呈单向受压状态，故破坏自中间开始。破坏后的试块形成对顶叠放角锥这一极具特征的形状（图2-1）。

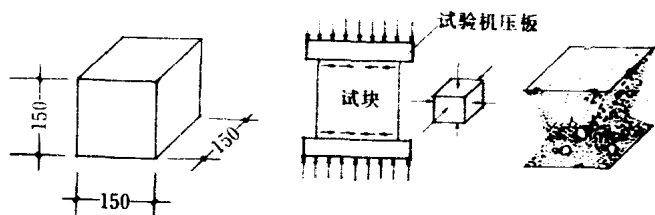


图 2-1 标准立方试块

a) 标准立方体试块；b) 试块加压；c) 破坏后的试块

从以上分析可知，试件是在横向受到限制，不可能自由扩张，因而提高了试块的抗压能力。立方体试件尺寸愈小，这种影响就愈大。

综上所述，根据大量试验结果的统计规律，对于非标准边长的立方试块，其抗压极限强度，应乘以下列换算系数，换算成标准立方体强度：

200 × 200 × 200 的立方体试块——1.05；

100 × 100 × 100 的立方体试块——0.95。

立方体强度是混凝土强度的综合指标，在计算中并不直

接使用。在钢筋混凝土结构中所用的强度指标，尚需由另外的具体试验方法求得，以与实际受力相似。

2) 轴心抗压强度 f_c

钢筋混凝土结构中的柱或其他受压构件，大多为棱柱体。为了较近似地反映这种情形下的受力特征，通常采用 $150 \times 150 \times 450\text{mm}$ 或 $100 \times 100 \times 300\text{mm}$ 的试件进行试验得出。采用这种短柱试件来确定强度，可以不受试验机压板与试件承压面间摩擦力的影响，使试件的中间区段形成单向轴压状态（图2-2a），并且从试验结果还证明，当 $h/b > 3$ 时， f_c 值趋于稳定。

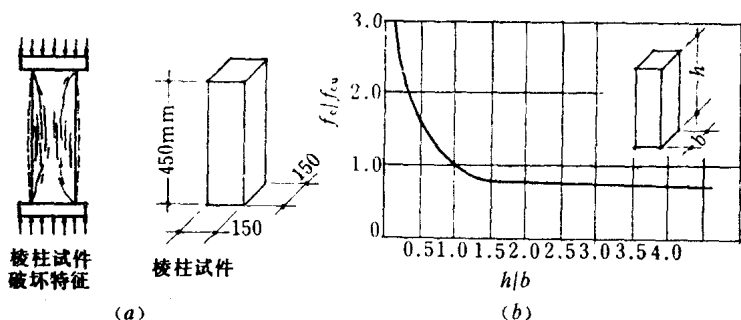


图 2-2 棱柱试件单向轴压

为减少试验工作量，根据大量试验结果，并结合以往的设计经验，“规范”中给出了轴心受压和立方强度间的关系如下：

$$f_c = 0.67 f_{cu} \quad (2-1)$$

3) 抗拉强度 f_t

抗拉强度是计算混凝土抗裂能力的重要指标。测定轴心抗拉的方法是采用 $100 \times 100 \times 500\text{mm}$ 的柱体，两端设有埋