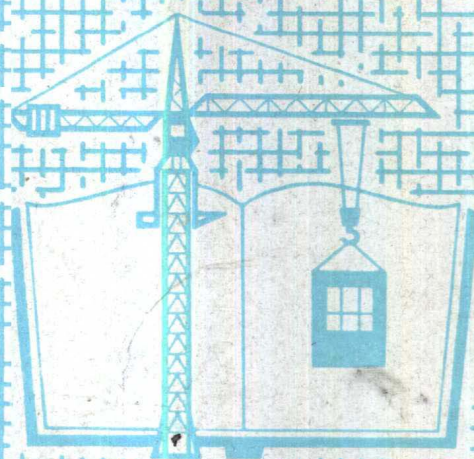


钢筋混凝土与砖石结构

南京建筑工程学校

张家口建筑工程学校 合编

内蒙古建筑工程学校



中等专业学校试用教材

中国建筑工业出版社

中等专业学校试用教材

钢筋混凝土与砖石结构

南京建筑工程学校
张家口建筑工程学校 合编
内蒙古建筑工程学校

中国建筑工业出版社

本书系根据1978年6月教材编审座谈会制定的工民建专业中专(三年制)教学计划草案和教材编写提纲按200课时编写的。全书共分两篇十九章。第一篇(第一至十三章)为钢筋混凝土结构;第二篇(第十四至十九章)为砖石结构。有关章节的计算图表均附在该章的末尾。

本书可作为中等专业学校工民建专业《钢筋混凝土与砖石结构》课程的试用教材,也可供土建技术人员参考。

中等专业学校试用教材
钢筋混凝土与砖石结构

南京建筑工程学校
张家口建筑工程学校 合编
内蒙古建筑工程学校

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
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 1/16 印张: 43½ 插页: 1 字数: 1062千字
1980年7月第一版 1981年8月第二次印刷
印数: 53,421—111,020册 定价: 3.50元
统一书号: 15040·3796

前 言

本教材是根据《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10-74)(试行)和《砖石结构设计规范》(GBJ3-73)(试行)编写的。本书在基本理论方面有所加强,并注意到把近年来我国钢筋混凝土结构计算理论和试验研究的某些成果反映进去。结合当前我国国内建筑发展的水平,我们在书中安排了“多层框架”、“大型墙板”等内容。根据教学计划的安排,“房屋抗震设计”已另设专题,因此,凡涉及到抗震设计方面的内容,本书未作叙述。

由于我们水平有限,书中错误和不当之处在所难免,恳切地希望读者提出批评意见,以便今后修改和补充。

本书由南京建筑工程学校主编,张家口建筑工程学校和内蒙古建筑工程学校协编,并由安徽建筑工程学校主审。

参加本书编写工作的有:南京建筑工程学校陶林敖(第一篇绪言、第一、二、三、五、八章)、严继中(第四、六、七、九章),内蒙古建筑工程学校刘锡辉(第十章)、汤之宇(第二篇绪言、第十四、十五、十六、十七、十八、十九章),张家口建筑工程学校汪霖祥(第十一、十三章)、马献昆(第十二章)等同志。

参加本书主审工作的有:安徽建筑工程学校肖鹤麟、陈良材同志。

全书最后由南京建筑工程学校严继中、陶林敖两同志修改定稿。

编 者

1979年4月

B9K12 - 05

目 录

第一篇 钢筋混凝土结构

绪 言	1
第一章 钢筋混凝土材料的主要物理力学性能	8
1-1 混凝土的主要力学性能	8
1-2 钢筋的主要力学性能	15
1-3 钢筋和混凝土的共同工作	19
附录 1-1 绑扎骨架和绑扎网中受力钢筋搭接时的最小搭接长度 l_d	22
附录 1-2 在搭接长度 l_d 区内受力钢筋接头面积的允许百分率	22
附录 1-3 钢筋焊接接头	23
第二章 钢筋混凝土结构的计算基本原理	24
2-1 钢筋混凝土梁在荷载作用下的应力状态	24
2-2 结构设计的基本原则	26
2-3 钢筋混凝土结构构件的计算基本原理	29
附录 2-1 混凝土的标准强度、设计强度、弹性模量和疲劳变形模量	35
附录 2-2 钢筋及钢丝的标准强度、设计强度、弹性模量	36
附录 2-3 钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件强度设计安全系数、抗裂设计安全系数	40
附录 2-4 楼、屋面均布活荷载	41
附录 2-5 常用材料和构件重量	42
附录 2-6 钢筋混凝土及预应力混凝土受弯构件的允许挠度	43
附录 2-7 钢筋混凝土结构构件最大裂缝宽度允许值	43
第三章 钢筋混凝土受弯构件正截面强度计算	44
3-1 构造要求	44
3-2 受弯构件的配筋率对正截面破坏性质的影响	52
3-3 单筋矩形截面受弯构件正截面强度计算	53
3-4 双筋矩形截面受弯构件正截面强度计算	67
3-5 单筋 T 形截面受弯构件正截面强度计算	73
附录 3-1 计算矩形和 T 形截面梁板强度用的 $A-\mu$ 表	84
附录 3-2 计算矩形和 T 形截面梁板强度用的 A_0 、 γ_0 、 r_0 、 ξ 表	88
附录 3-3 钢筋的计算横截面面积及理论重量表	89
附录 3-4 板宽 100cm 内各种钢筋间距时钢筋截面面积表	90
附录 3-5 分布钢筋的直径及间距参考表 (mm)	90
第四章 钢筋混凝土受弯构件斜截面强度计算	91
4-1 钢筋混凝土梁沿斜截面的破坏	91
4-2 钢筋混凝土梁斜截面抗剪强度计算	93
4-3 保证斜截面抗弯强度的构造措施	108
4-4 箍筋和弯起钢筋的构造	112
附录 4-1 矩形截面梁斜截面抗剪强度计算表	115

第五章 钢筋混凝土受弯构件的变形和裂缝计算	119
5-1 概述	119
5-2 受弯构件的变形计算	120
5-3 受弯构件的抗裂度和裂缝宽度验算	134
附录 5-1 钢筋混凝土受弯构件不需作挠度验算的最小截面高度	141
附录 5-2 截面弹塑性抵抗矩与弹性抵抗矩的比值 γ 表	142
第六章 钢筋混凝土受压构件	144
6-1 钢筋混凝土轴心受压构件	144
6-2 钢筋混凝土偏心受压构件	150
附录 6-1 矩形截面对称配筋偏心受压柱强度计算图	175
附录 6-2 工字形截面对称配筋偏心受压柱强度计算图	178
第七章 装配式钢筋混凝土楼(屋)盖	180
7-1 钢筋混凝土楼(屋)盖的选型	180
7-2 装配式楼(屋)盖的结构平面布置	181
7-3 简支板、梁的设计	184
7-4 预制构件的节点连接构造	205
第八章 钢筋混凝土现浇楼盖	210
8-1 现浇楼盖的结构型式	210
8-2 单向板肋形楼(屋)盖的设计步骤	211
8-3 单向板与次梁的内力计算	214
8-4 单向板的计算步骤与构造	226
8-5 次梁的计算步骤与构造	230
8-6 主梁的计算与构造特点	233
8-7 单向板肋形楼盖设计实例	239
8-8 梁的材料图形	252
8-9 双向板肋形楼(屋)盖的计算与构造	259
8-10 无梁楼盖的构造与受力特点	269
附录 8-1 均布荷载和集中荷载作用下等跨连续梁的内力系数	273
附录 8-2 连续板梁的计算跨度	279
附录 8-3 承受均布荷载时双向板计算系数表(按弹性理论计算方法)	279
第九章 钢筋混凝土楼梯、过梁和雨篷	284
9-1 钢筋混凝土楼梯	284
9-2 钢筋混凝土过梁	304
9-3 钢筋混凝土雨篷	306
第十章 预应力混凝土结构构件的计算	317
10-1 预应力混凝土的基本概念	317
10-2 预应力混凝土的分类	320
10-3 预应力混凝土的材料	322
10-4 预应力混凝土结构的计算基本原理	325
10-5 预应力钢筋的张拉控制应力与应力损失	326
10-6 预应力混凝土轴心受拉构件各工作阶段的应力状态	331
10-7 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	334

10-8	预应力混凝土受弯构件各阶段的应力状态	341
10-9	预应力混凝土受弯构件正截面强度计算	344
10-10	预应力混凝土受弯构件斜截面强度计算	347
10-11	预应力混凝土受弯构件的抗裂度计算	350
10-12	预应力混凝土受弯构件的变形计算	355
10-13	预应力混凝土受弯构件制作、运输和吊装阶段的验算	357
10-14	先张法预应力钢筋传递长度与锚固长度验算	359
10-15	预应力混凝土构件的构造要求	361
10-16	预应力混凝土受弯构件计算步骤和计算实例	367
第十一章	单层工业厂房结构	392
11-1	结构组成与受力特点	392
11-2	单层厂房的结构选型和布置	395
11-3	屋盖结构	408
11-4	吊车梁	426
11-5	排架柱、抗风柱	440
11-6	柱间支撑与埋设件	505
11-7	基础梁、连系梁与杯形基础	507
附录 11-1	吊车技术规格	527
附录 11-2	常用矩形和工字形截面的截面特性	530
附录 11-3	风压高度变化系数 K_z	531
附录 11-4	单阶柱柱顶反力与位移系数表	532
附录 11-5	排架柱的计算长度 l_0	534
第十二章	多层框架	535
12-1	概述	535
12-2	多层框架的类型	536
12-3	多层框架的计算	539
12-4	多层框架的构造	566
附录 12-1	柱侧移刚度修正系数 α	578
附录 12-2	均布水平荷载下层柱标准反弯点高度比 y_0	579
附录 12-3	随上下梁相对线刚度比 α_1 变化的修正值 y_1	580
附录 12-4	随上下层柱高度不同的修正值 y_2 和 y_3	580
第十三章	大型墙板	581
13-1	概述	581
13-2	大板的结构布置原则	583
13-3	非承重大板结构	584
13-4	承重大板的荷载与内力	589
13-5	承重大板结构计算	593
13-6	承重墙板的构造	597
附录 13-1	免作剪力墙计算的承重横墙构造要求	604

第二篇 砖 石 结 构

绪 言	605
-----------	-----

第十四章 砖石砌体材料的力学性质	608
14-1 砌体的材料标号及其选用	608
14-2 影响砌体强度的主要因素	611
14-3 砖石砌体的强度计算指标	613
14-4 砖石砌体的弹性模量	616
附录 14-1 砌体的抗压强度	617
附录 14-2 砌体的轴心抗拉强度、弯曲抗拉强度和抗剪强度	618
附录 14-3 砌体的弹性模量及摩擦系数	619
第十五章 砖石结构的计算基本原理	620
15-1 概述	620
15-2 总安全系数计算原理	620
附录 15-1 安全系数 K	622
第十六章 无筋砖石砌体的强度计算	623
16-1 轴心及偏心受压砌体的强度计算	623
16-2 轴心受拉、受弯、受剪构件的强度计算	629
16-3 局部受压砌体的强度计算	632
附录 16-1 受压构件的纵向弯曲系数、矩形和 T 形截面纵向力的偏心影响系数	638
第十七章 砖石房屋墙、柱设计与构造	639
17-1 混合结构房屋墙、柱的静力计算方案, 房屋的分类	639
17-2 墙、柱的高厚比	642
17-3 多层刚性方案房屋墙、柱的计算	645
17-4 地下室墙体的计算	651
17-5 单层弹性、刚弹性方案房屋承重纵墙的计算	654
17-6 砖石房屋的构造要求	666
附录 17-1 刚性、刚弹性和弹性方案房屋的横墙间距, 侧移折减系数	668
附录 17-2 墙、柱的允许高厚比, 受压构件的计算高度	668
附录 17-3 刚性方案多层房屋的外墙不考虑风载影响时的最大高度 (m)	669
附录 17-4 砖石墙体伸缩缝的最大间距, 房屋沉降缝宽度	670
第十八章 过梁与圈梁	671
18-1 过梁的计算与构造	671
18-2 圈梁	674
第十九章 配筋砌体的强度计算	676
19-1 概述	676
19-2 网状配筋砌体构件的计算与构造	677
19-3 组合砌体构件的计算与构造	680
附录 19-1 网状配筋砌体受压构件的纵向弯曲系数 φ_p	688
国际制 (SI) 单位与常用单位之间的换算表	689
参考书目	690

第一篇 钢筋混凝土结构

绪 言

一、钢筋混凝土的概念

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种受力性能不同的材料所组成。

混凝土是一种人造石料，它与天然石料相似，抗压强度很高，这是它的优点。但其抗拉强度却很低（约为抗压强度的 $\frac{1}{9} \sim \frac{1}{18}$ ），因而混凝土受拉区易于开裂，这是它的主要缺点。

在荷载作用下，梁在中和轴以上部分承受压力，中和轴以下部分承受拉力（图1-0-1）。当采用素混凝土梁时（图1-0-1 a），由于混凝土抗拉强度很低，在荷载不大时，混凝土梁的受拉区就已经开裂，并且，这种裂缝一旦出现随即迅速向上扩展，使梁很快断裂。这种梁的破坏是很突然的，没有预兆，故称为脆性破坏。但此时梁受压区混凝土的抗压强度还远远未能被充分利用。素混凝土梁的截面尺寸决定于很低的混凝土抗拉强度，则梁的截面尺寸势必很大，造成结构上的不合理。因此，单纯用混凝土一种材料做梁，显然是既不合理又不经济的。为了克服这一严重缺点，人们通过长期生产实践和大量科学实验，就在混凝土梁的受拉区配置抗拉强度很高的钢筋，以承受拉力。它成功地改变了素混凝土受弯构件不能承受较大荷载的缺陷。此外，在受压构件中配置钢筋还可帮助混凝土承受压力；在受扭构件中配置钢筋则可承受扭矩等。这些由钢筋和混凝土组成的结构构件，称为钢筋混凝土构件。

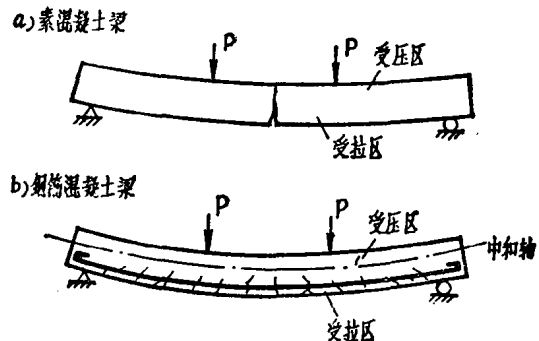


图 1-0-1

试验指出，钢筋混凝土梁比素混凝土梁的承载能力大许多倍，这是因为当混凝土硬化结硬时，钢筋和混凝土这两种材料之间将产生粘结力作用，能将钢筋和混凝土粘结成一个整体，在荷载作用下，梁中的钢筋和混凝土这两种材料能很好地共同工作直至构件破坏。试验又指出，当梁配筋适当时，在一般情况下，梁正截面破坏时，受拉区的钢筋首先达到屈服强度，而后受压区的混凝土达到弯曲抗压强度，构件即遭破坏。这就表明，钢筋混凝土梁能充分发挥钢筋的抗拉能力和充分利用混凝土的抗压能力，合理的利用了两种材料各自的优点。

二、钢筋混凝土结构的主要优缺点、应用范围

钢筋混凝土结构除了能充分利用钢筋和混凝土两种材料的受力性能外，尚具有许多优点，主要有：

1.耐久性能好。根据调查，建造很久的钢筋混凝土结构中的钢筋，由于有混凝土保护层的保护，仍能保持不锈，而混凝土本身的强度随龄期而有所增加。因此，钢筋混凝土结构的耐久性良好，几乎用不着保养和维修。

2.耐火性好。因钢筋被包在混凝土内，混凝土又是不良传热导体，故即使遇到火灾，钢筋温度也不会很快地上升到失去承载能力的程度。因此，与钢、木结构相比，钢筋混凝土结构具有较好的耐火性。

3.有可模性。根据实际需要，钢筋混凝土可以浇制成各种形状和尺寸的构件，这就给选择合理的结构形式提供了有利的条件。

4.抗震性能好。钢筋混凝土结构的整体性较好。因此，只要设计合理，它具有良好的抗震性能。我国历次地震表明，整体的多层钢筋混凝土框架结构房屋，比一般多层混合砖房的抗震性能要好得多。故在地震区建造的高耸建筑物，如高层房屋、烟囱、水塔等，与砖石结构相比，均宜采用钢筋混凝土结构。

5.可就地取材。钢筋混凝土用的材料为钢筋、水泥、石子和砂。除少量的钢筋和水泥外，绝大部分材料是石子和砂，产地普遍，可以就地取材，这对于减轻材料运输、降低工程造价提供了有利条件。

6.节约钢材。钢筋混凝土结构在一定范围内可以替代钢结构。与钢结构相比，可节约钢材，降低工程造价。

钢筋混凝土结构也存在某些缺点，但这些缺点，现在已有可能加以改善或克服，主要有：

1.自重较大。由于钢筋混凝土自重较大，设计较大跨度结构时，就显得不够经济。在施工中，由于自重较大，相应的材料运输量也较大，大型预制构件运输、吊装不便。改善的方法，可采用预应力混凝土结构，以采用高强钢筋和高强度混凝土，从而使构件的截面尺寸减小，自重减轻。此外，尽可能采用结构型式合理、受力性能好而又施工方便的装配式结构；也可考虑用轻质材料制成的具有一定强度的轻质混凝土，以减少自重。

2.费木料多、费工多、施工期较长。整体浇制的钢筋混凝土结构，费工多；并且必须制造模板和建立模板支架，费木料甚多；施工时又必须在模板内养护一段时间，故施工期较长。采用装配式钢筋混凝土结构，或在现场浇成的钢筋混凝土结构中，目前很多地区已采用工具式模板机械化现浇施工工艺，如滑模、提模；或采用升板施工技术，可使这些缺点大为改善。

此外，钢筋混凝土结构还有隔热、隔音性能较差、加固和拆修困难，以及施工的季节性等缺点。

由于钢筋混凝土结构具有很多优点，因而在基本建设中应用范围非常广泛：一般民用和公共建筑，单层和多层工业厂房；城市建筑；水工建筑；交通运输工程；国防工程；以及各种特种结构，如贮油罐、料仓、煤气柜、水塔、轨枕、管道、电杆、烟囱等，皆可用

钢筋混凝土来建造。随着科学技术的发展，钢筋混凝土结构所用材料、结构型式、施工技术等方面的不断革新和改进，钢筋混凝土结构的应用范围，必将不断地日益扩大。

三、钢筋混凝土结构的发展简史

钢筋混凝土的产生、发展，至今只有一百年左右的历史。

十九世纪后半叶，资本主义国家的工业有了较快的发展，当时的水泥工业、冶金工业已相当发达，这就为钢筋混凝土的发展提供了有利条件。由于生产、生活的需要，要求建造大量的工厂、房屋、港口、桥梁以及其他建筑物。为寻求坚固耐用、性能良好、经济合理的大量建筑材料，于是钢筋混凝土得到了应用。

十九世纪中叶，欧美一些资本主义国家相继出现了钢筋混凝土制品，如花盆、板、小船等。十九世纪后半叶出现了一些简单的钢筋混凝土结构，如楼板、梁、圆管等。1872年在美国建造了第一幢钢筋混凝土房屋。但那时由于对钢筋和混凝土这两种材料组成的构件受力性能并不了解，缺乏力学概念，设计仅凭经验，例如，通常被认为是钢筋混凝土的发明者法国花匠蒙列（Joseph Monier），竟将板内钢筋置于板的中央，这显然是错误的，因为此处一般是不产生拉应力的。故这一时期钢筋混凝土的发展是缓慢的。

生产的需要，促使人们进一步去了解、掌握和改进钢筋混凝土，这就促进了对钢筋混凝土性能的试验研究、计算理论的探讨和施工方法的改进等。经过长期生产实践和试验研究，才逐步对钢筋混凝土的工作性质有所认识，十九世纪末二十世纪初，钢筋混凝土有了较快的发展。许多国家陆续建造了一些较大型的钢筋混凝土建筑物和构筑物，如工厂、房屋、桥梁、堤坝、码头、蓄水池等。

进入二十世纪以后，钢筋混凝土在计算理论、材料、配筋构造、施工方法等方面，都有不断的革新和重要创造，促使钢筋混凝土迅速发展，以致到目前阶段，钢筋混凝土已成为现代建筑工程中被广泛采用的重要建筑材料之一。

计算理论的研究，对钢筋混凝土的发展具有重要意义。十九世纪末到二十世纪初，各国都根据试验研究摸索出自己的一套钢筋混凝土计算理论和规范，建立和采用了允许应力计算方法；二十世纪三十年代，随着对钢筋混凝土的进一步了解，提出并使用了按破坏阶段计算方法；二十世纪五十年代以后，随着对钢筋混凝土的深入研究和掌握、生产经验的丰富积累以及数理统计方法在结构中的应用，又提出了按极限状态计算方法。到目前阶段，在这种计算方法的领域内，按照对安全度的分析、取值和表达方法的不同，又出现了多系数极限状态计算方法、单一安全系数极限状态计算方法、半概率极限状态计算方法等，实用上均系采用半概率方法。近几年来，国际上对结构理论的研究工作开展得比较活跃，取得了一些成果，又提出了近似概率法等新的计算方法。

钢筋混凝土在它迅速发展的同时，暴露出它易于出现裂缝以及高强度材料不能充分发挥作用的矛盾。为了克服这一严重缺点，通过试验研究和生产实践，在1928年促成了预应力混凝土的发明。预应力混凝土具有许多优点：构件的抗裂性、刚度较好；在某些范围内的较大跨度、较大载重的结构，可用来代替钢结构；比一般钢筋混凝土结构节省材料、降低造价。因此，这一新技术在国内外都得到了广泛的应用和迅速发展，这是钢筋混凝土的重要发展方向之一。

在材料方面，十九世纪中叶开始应用钢筋混凝土时，水泥和钢材的质量较差，随着水泥工业和冶金工业的发展，目前已大大提高。预应力混凝土的出现，促使高强度混凝土和高强度钢筋有很大发展。在技术上可制作1000号以上的混凝土，以及用于预应力混凝土的高强钢丝，其强度可达 20000kg/cm^2 以上。为了减轻结构自重，在材料方面，目前的趋向是，向高强轻质方向发展，越来越多地采用轻质混凝土、轻骨料混凝土、高强混凝土、预应力混凝土、高强度钢丝和钢筋等。

施工工艺和结构形式的不断改进，促使钢筋混凝土由现浇发展为预制装配。装配式结构是钢筋混凝土的一个重要发展方向。近年来，许多国家的工业厂房从设计到建造，正朝着高度工业化方向发展。目前的发展趋向是，单层厂房采用大跨度、大柱距、联合厂房，这样有利于节约用地，提高建筑面积利用系数，便于工业生产和工艺改革；某些生产工艺（如精密机械、电子、仪表等）的单层厂房则尽量向多层方向发展（一般为二~四层）；在结构上，除采用较轻、便于安装的钢结构外，主要发展标准化的装配式钢筋混凝土结构体系。

目前，多层建筑的主体工程，除部分采用钢结构外，主要采用钢筋混凝土结构，因此其施工方法则突出反映在现浇和预制装配上。美国和西欧一些国家着重于工具式模板机械化现浇；朝鲜、日本、东欧一些国家则强调预制装配。预制装配的主要优点是构件生产工厂化、质量好、施工进度快，受季节性影响小；工具式模板机械化现浇的主要优点是适应性大、节省运输费用、结构整体性较好，有利于抗震。由于多层建筑在结构上既要减轻自重又要保证结构的强度和刚度，因此，目前国际上的一个共同趋向是采用预制和现浇相结合的施工工艺。例如，有些国家很多高层房屋，采用承重横墙现浇，外墙为吊挂预制轻质混凝土墙板，以取长补短。

钢筋混凝土结构的一个重要发展方向，就是适应大规模现代化工业建设发展的需要，发展工业化建筑体系，把建筑物作为定型产品，对房屋的设计、材料生产和供应、构配件生产、现场施工工艺和机具、组织管理等各个环节，按工业化生产的要求，应用新技术进行标准化定型配套，用工业化大生产的方式来建造工业与民用建筑，以获得多快好省的综合技术经济效益。目前国际上许多国家正在积极发展工业化建筑体系。

在我国，解放前水泥工业和冶金工业落后，钢筋混凝土工程寥寥无几，设计和施工技术都十分落后，袭用外国的设计规范，设计方法采用允许应力计算方法，结构安全度很保守。

解放后，在共产党的正确领导下，随着大规模社会主义建设事业的发展，促进了科学技术研究工作的开展、生产技术的不断提高，钢筋混凝土也得到了很快的发展。目前，钢筋混凝土已成为我国各项建筑工程中最广泛采用的重要建筑材料。三十年来，我国建筑业取得了很大的成就，新建的大、中型项目数千个，建造的工业与民用建筑面积达数十亿平方米，工矿企业、新兴工业区居住建筑、公共建筑和其他各项民用建筑遍于全国。

多层居住建筑群、城市沿街建筑和其他民用与公共建筑，广泛采用钢筋混凝土结构。图1-0-2为北京饭店新楼，采用了高达二十层（包括地下三层）的现浇钢筋混凝土框架结构，钢筋混凝土箱形基础。又如公共建筑中的体育馆，除屋顶采用大跨度的钢筋混凝土薄壳或钢网架结构外，其余主体工程主要采用钢筋混凝土结构，图1-0-3为首都体育馆外貌。山东体育馆屋顶采用了跨度高达 $48\times 48\text{m}$ 的钢筋混凝土双曲扁壳结构。



图 1-0-2 北京饭店新楼

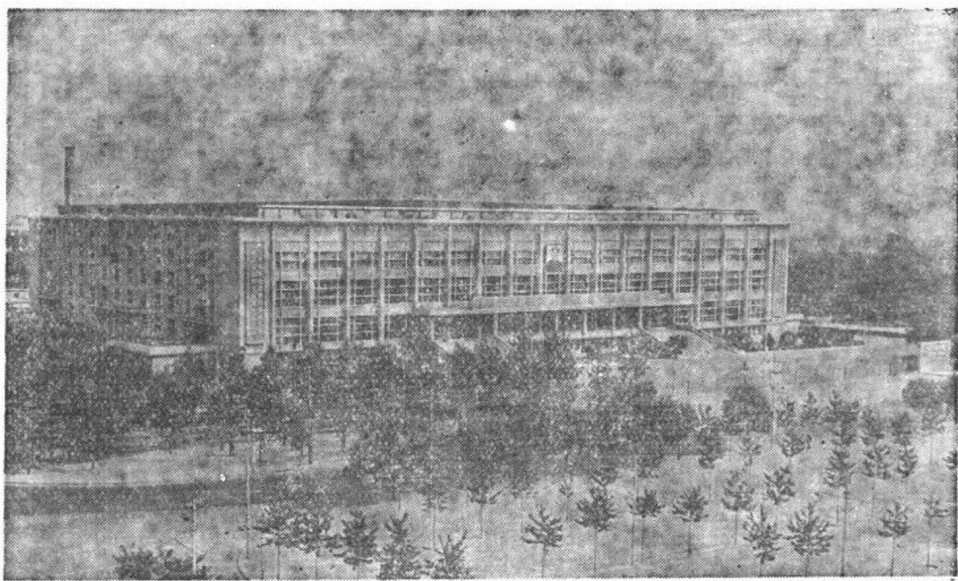


图 1-0-3 首都体育馆

工业建筑方面，初步已有了单层和多层工业建筑体系，单层厂房广泛采用各种配套定型国家或地区的通用标准化构配件。图1-0-4为常州市某单层厂房工程一角，主体结构采用以国家通用装配式构配件为基础的常州市单层厂房建筑体系，围护结构采用预制硅酸盐混凝土墙板（条板），详见图示。近年来，多层厂房有较多采用，以节约用地。

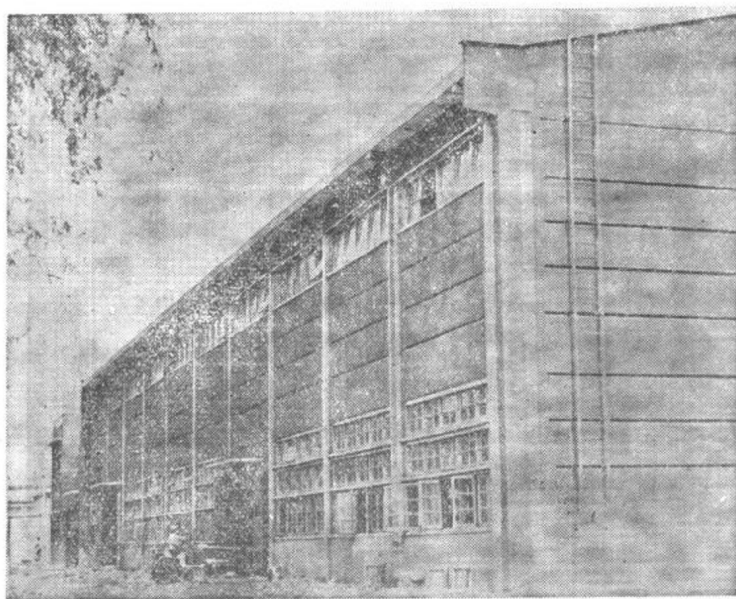


图 1-0-4 常州市某单层厂房工程一角

图1-0-5为宏伟的南京长江大桥，除铁路正桥桥梁采用钢桁架结构外，铁路桥其余主体工程（包括引桥）全部为预应力混凝土和钢筋混凝土结构；公路桥也主要采用预应力混凝土和钢筋混凝土结构。

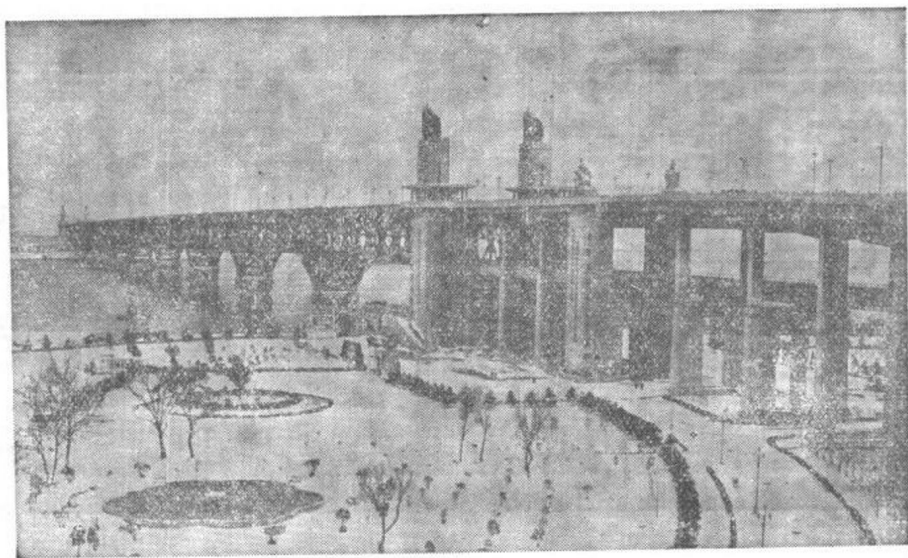


图 1-0-5 南京长江大桥

在钢筋混凝土结构的设计方法上，解放后五十年代初，由按弹性理论的允许应力计算过渡到考虑材料塑性的按破坏阶段计算，1955年制定了全国统一设计规范《规结6-55》。1956年起又采用了多系数极限状态计算方法，安全度有了合理的降低。1966年我国正式颁布了《钢筋混凝土结构设计规范》（BJG21-66）。1970年起，我国又提出了单一安全系

数极限状态计算方法，1974 年正式颁布了《钢筋混凝土结构设计规范》（TJ10-74）（试行）。

在材料方面，目前，我国水泥工业发展迅速，产地遍于全国，品种增多，质量和产量大大提高。建筑用钢也有较大发展，试制成功了各种强度高、质量好的普通低合金钢。高强度混凝土、轻质混凝土、高强钢筋和高强钢丝的生产和发展，为加速预应力混凝土和钢筋混凝土的发展创造了有利条件。

施工方法的改革，促进我国钢筋混凝土加快发展。目前，钢筋混凝土预制加工厂遍于全国各地，装配式钢筋混凝土和预应力混凝土结构得到了迅速推广和应用。很多地区预应力混凝土结构已达装配式钢筋混凝土结构的 80~90% 以上，提高了构件质量、节省了材料，降低了工程造价。在工业与民用建筑中，今后的发展趋向，主要采用标准化定型构件的装配式钢筋混凝土结构体系；装配和现浇相结合的装配整体式结构的应用也日趋增多，例如，多层框架结构，采用工具式模板机械化现浇施工工艺如滑模、爬模等，而楼（屋）面梁板则采用预制装配。近年来多层框架楼（屋）面的升板法施工技术也有普遍推广。

为了改变建筑业的落后面貌，加快实现建筑工业化，近几年来，积极开展了设计、施工技术革命，根据我国具体情况，在个体钢筋混凝土构配件的基础上，从房屋的屋盖到基础进行系统的技术革新，开始形成我国自己的工业与民用建筑结构体系。同时，还积极开展以产品（房屋）为对象的工业化建筑体系的研究和改革，并在实践中积极推广，初步形成了工业与民用建筑的工业化建筑体系。为加快设计标准化、生产工厂化、施工机械化，全面实现建筑工业化创造良好的开端。

发展大板建筑，是进行墙体改革的重要途径之一，对实现建筑工业化具有重要意义。近几年来，大板建筑在我国有较快发展，目前，除采用大板建造了一大批多层居住建筑外，在工业建筑中也有不少地区采用。图1-0-6为南宁某大板居住建筑外貌。



图 1-0-6 南宁某大板居住建筑

第一章 钢筋混凝土材料的主要物理力学性能

要掌握钢筋混凝土结构的设计计算原理和方法，必须首先了解钢筋和混凝土这两种材料的物理力学性能。

1-1 混凝土的主要力学性能

1-1-1 混凝土的强度

1. 混凝土的立方强度和标号

设计钢筋混凝土结构时，由于各类结构构件的使用要求、重要程度、受力情况、施工条件等的不同，对混凝土的要求也就不同。因此，需把混凝土按强度大小分为不同的等级，以便在结构设计时，按照安全适用、经济合理的原则，根据具体情况选择合理的混凝土强度等级。混凝土强度等级，以混凝土的标号来划分。混凝土标号的数值，则决定于混凝土的立方强度。

根据我国《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ10-74)(试行)●规定，以边长为20cm的混凝土立方体标准试块，在标准条件下，(温度 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\geq 90\%$)养护28天后，用标准试验方法在压力试验机上作抗压试验所测得的抗压极限强度(以 kg/cm^2 计)，简称立方强度。《规范》规定以这个抗压极限强度，作为混凝土的标号，并用符号R表示。

根据立方强度的数值，《规范》规定，混凝土分为九种标号：75、100、150、200、250、300、400、500、600号。

混凝土的标号是混凝土受力性能的基本标志，它决定于水泥标号和用量、粗细骨料的性能、级配、水灰比以及混凝土的制作、养护等因素。

试验表明，混凝土的立方强度不仅与养护时的温度、湿度、龄期等因素有关，而且与试验的方法有关。在一般情况下，试块的上下表面与试验机垫板是直接接触的，在压力作用下混凝土试块要产生横向膨胀，但试块表面与试验机垫板之间，将产生摩擦力，它好象上下两道套箍一样，将试块上下套住，阻止了试块的横向自由膨胀，延缓了裂缝的发展，从而提高了试块的抗压强度。破坏时，试块中部外围的混凝土发生剥落，这是由于摩擦力的影响在中部已经很小，混凝土基本上可以自由膨胀的缘故，其形状如图1-1a所示。

如果在试块的上下表面与试验机垫板之间涂上油脂或其他润滑剂，摩擦力就将大大减小，混凝土的横向膨胀就几乎不受约束，所测得的试块立方体强度就较低，试块破坏时形成很多条纵向裂缝，如图1-1b所示。

在实际工程中测定混凝土的立方强度时，统一规定采用不涂润滑剂的试验方法。

● 以下简称《规范》。

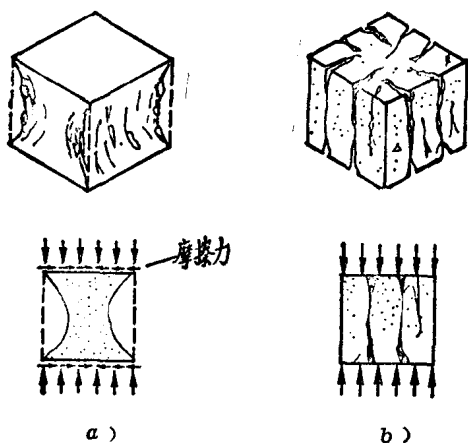


图 1-1

a) 有摩擦破坏; b) 无摩擦破坏

试验指出, 试块的尺寸大小不同, 所测得的立方强度是不相同的, 试块尺寸愈小, 试块与试验机垫板之间的摩擦力影响愈大, 故所测得的立方强度愈高。《规范》虽规定用边长为 20cm 的立方体标准试块, 但为了节约材料, 减少制作工作量, 在实际工程中常采用边长为 10cm 或 15cm 的立方体试块, 所测得的强度应分别乘以表 1-1 的换算系数, 来确定混凝土的标号。

根据《规范》规定, 钢筋混凝土结构的混凝土标号不宜低于 150 号; 当采用 II、III 级钢筋时, 混凝土标号不宜低于 200 号; 对承受重复荷载的构件, 混凝土标号不得低于 200 号。

不同试块尺寸的立方强度换算系数

表 1-1

立方体边长	20cm	15cm	10cm
换算系数	1.0	0.95	0.9

混凝土的标号, 现浇钢筋混凝土结构一般不宜低于 150 号; 装配式钢筋混凝土结构一般不宜低于 200 号; 预应力混凝土结构的混凝土标号则不宜低于 300 号, 一般采用 300 号到 600 号。

必须指出, 因为混凝土的立方试块从制作到试验, 都是在一定条件下进行的, 它和实际工程中的构件受力情况并不一样, 故混凝土的立方强度与实际构件中的混凝土强度也不一样。因此, 混凝土的标号不能代表构件中混凝土的实际强度, 只能作为衡量混凝土强度的相对指标, 设计构件时, 还应根据构件的受力情况, 确定混凝土的各种强度: 轴心抗压强度、弯曲抗压强度、抗拉强度等。

2. 混凝土的轴心抗压强度

实际工程中遇到的受压构件或柱, 其高度 H 通常要比构件截面的边长 a 大许多倍 (图 1-2), 故并不是立方体。试验表明, 构件的高宽比愈大, 则试块与试验机垫板之间的摩擦力影响愈小, 其强度愈小, 但当高宽比大于 3 时, 强度的变化已很小。因此, 立方体不能正确反映一般受压构件的实际受力情况, 故设计受压构件时, 不能采用立方强度, 而应采用轴心抗压强度。

试验指出, 为了充分消除试件与压力机垫板之间摩擦力的影响, 就要求试件有足够的高度, 但是过高的试件在破坏前, 由于产生附加偏心而引起弯曲, 又会降低轴心抗压的试验强度。据国

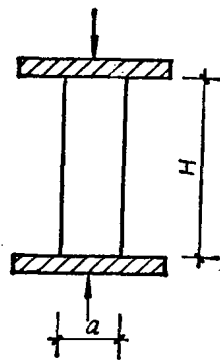


图 1-2