

高 等 学 校 引 进 版 经 典 系 列 教 材

■ [美] A.H.尼尔逊 著

■ 过镇海 方鄂华 庄崖屏 等译校

混凝土结构设计(第12版)

D E S I G N O F
C O N C R E T E
S T R U C T U R E S

中国建筑工业出版社

责任编辑/黎 钟 封面设计/李 林

混凝土结构设计

ISBN 7-112-05719-1



9 787112 057191 >

(11358)定价:54.00 元



高等学校引进版经典系列教材

混凝土结构设计

(第12版)

[美] A·H·尼尔逊 著

过镇海 方鄂华 庄崖屏 钱稼茹 译校
江见鲸 倪吉昌 萧 斌 黎鸣一

中国建筑工业出版社

本书是美国康乃尔大学的混凝土结构课程教材（第12版），首版出版于1923年。它保持着过去双重目标的特点：首先使读者对钢筋混凝土性能有确切的理解，然后引导读者熟悉现行的设计方法，即美国混凝土学会（ACI）新规范（1995）的方法。本版比前版作了重大更新和扩充。不仅阐述混凝土结构基本力学原理和单个构件承受弯曲、剪切、扭转和轴力的设计方法，而且提供了它们在不同类型结构体系中应用的许多详情。对板的结构体系阐述特别全面。对细长柱给出了新的和传统的弯矩增大法和二阶效应分析法。关于扭转，基于薄壁管空间桁架模拟法进行改写。新加一章抗震设计反映了最新的认识。在附录中引入可用于钢筋混凝土梁、轴心和偏心荷载柱，以及预应力和部分预应力梁的受弯和受压构件的统一设计法。此外，对结构节点构造、斜压-拉杆模型的应用，以及高性能混凝土等都作了补充。前言中还提出了课程安排的意见。

本书不但可作为土建专业本科和研究生的教材，也可供土建工程技术人员参考。

责任编辑：黎 钟 朱象清

责任设计：崔兰萍

责任校对：黄 燕

高等学校引进版经典系列教材

混凝土结构设计

（第12版）

〔美〕A·H·尼尔逊 著

过镇海 方鄂华 庄崖屏 钱稼茹 译校
江见鲸 倪吉昌 萧 斌 黎鸣一

*

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

北京嘉泰利德公司制作

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：40 字数：995千字

2003年9月第一版 2003年9月第一次印刷

印数：1—2,500册 定价：54.00元

ISBN 7-112-05719-1

TU·5020 (11358)

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>

译 者 的 话

本书已出版至第 12 版，这是按第 12 版翻译的。最初，本书（第 11 版）由中国北京国际经济技术合作公司萧斌、北京建筑工程学院倪吉昌、黎鸣一，以及清华大学土木工程系的庄崖屏、钱稼茹、王娴明、江见鲸、方鄂华、过镇海等分工进行翻译，经过互校后，由过镇海、方鄂华和王娴明整理定稿的。这次又按第 12 版重新翻译校对，除了对新编入的章节进行翻译和校对外，又对原有章节以已有的译文为基础，重新仔细地校对和修改。分工如下：萧斌（第一、二、四章）、倪吉昌（第三、五章）、黎鸣一（第六章）、庄崖屏（第七、八、九章）、钱稼茹（第十、十一、十二章、第二十章前半）、江见鲸（第十三、十四、十五章和附录 A、B）、方鄂华（第十六、十七、十八章和第二十章后半）、过镇海（第十九章和前言、附录 C、中英名词对照）。最后由过镇海、方鄂华和庄崖屏汇总整理并定稿。

由于译者水平所限，译文难免有谬误和不足之处，敬请批评指正。

作 者 介 绍

A·H·尼尔逊 (Arthur H·Nilson) 从事有关结构混凝土的研究、教学和工程顾问已逾 40 年。自 1956 年起他就是 Cornell 大学工程学院教师中的一员, 负责讲授钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计的本科生和研究生课程。1978 至 1985 年曾任结构工程系主任。Nilson 博士还在许多专业委员会任职, 包括美国混凝土学会 (ACI) 的建筑规范 318D 分委员会。他在高强混凝土方面的开拓性工作被广为承认。他在 1974 年获材料研究的 ACI Wason 奖章, 1986 和 1987 年获最佳技术文章的 ACI Wason 奖章, 1993 年获 ACI 结构研究奖。Nilson 教授被选为 ACI 和美国土木工程师协会 (ASCE) 的资深会员, 并因在教学上取得了杰出成绩而被 Cornell 土木工程学生社团授予荣誉。他在 1991 年被选为荣誉教授。他还在 Manchester 大学、Salford 大学和 Milan 工业大学担任研究和教学工作。他是美国若干州的注册专业工程师, 进入教育界之前, 他同时从事专业实践工作。自 1991 年从教学岗位上退休后, 他积极地从事工程顾问工作。

他 1948 年在 Stanford 大学获学士学位, 1956 年在 Cornell 大学获硕士学位, 1967 年在 Berkeley 的 California 大学获哲学博士学位。

目 录

前 言	1	第三章 梁的受弯分析和设计	57
第一章 概论	4	3.1 概述	57
1.1 混凝土、钢筋混凝土和 预应力混凝土	4	3.2 匀质梁的弯曲	57
1.2 结构形式	5	3.3 钢筋混凝土梁的性能	59
1.3 荷载	12	3.4 配受拉钢筋的矩形梁设计	67
1.4 适用性、承载力和结构的安全性 ..	15	3.5 设计图表	75
1.5 基本设计原理	17	3.6 梁设计中应考虑的实际问题	77
1.6 设计规范	18	3.7 配有受拉和受压钢筋的矩形梁	79
1.7 ACI 规范的安全性条款	19	3.8 T 形梁	85
1.8 对于钢筋混凝土性能的 基本假设	21	参考文献	91
1.9 承受轴向荷载构件的性能	22	习题	91
参考文献	27	第四章 梁的剪切和斜向受拉	94
习题	27	4.1 概述	94
第二章 材料	28	4.2 匀质弹性梁的斜向受拉	95
2.1 概述	28	4.3 无腹筋钢筋混凝土梁	97
2.2 水泥	28	4.4 有腹筋钢筋混凝土梁	102
2.3 骨料	29	4.5 ACI 规范抗剪设计的条款	106
2.4 混凝土的配制和搅拌	30	4.6 轴向力的影响	113
2.5 输送、浇注、捣实及养护	32	4.7 变高度梁	117
2.6 质量控制	32	4.8 剪切分析和设计的替代模型	118
2.7 外加剂	34	4.9 深梁	122
2.8 受压状态下的特性	35	4.10 摩擦抗剪设计方法	131
2.9 抗拉强度	40	参考文献	135
2.10 组合应力作用下的强度	41	习题	136
2.11 收缩和温度的影响	43	第五章 粘结、锚固及延伸长度	138
2.12 高强混凝土	44	5.1 弯曲粘结的基本原理	138
2.13 用于混凝土的钢材	46	5.2 极限粘结强度及延伸长度	141
2.14 钢筋	47	5.3 ACI 规范对受拉钢筋延伸的条款 ..	143
2.15 焊接钢丝网	52	5.4 受拉钢筋的弯钩锚固	147
2.16 预应力钢材	52	5.5 腹筋的锚固要求	150
参考文献	54	5.6 焊接钢丝网	151
		5.7 受压钢筋的延伸	152
		5.8 成束钢筋	153

5.9 梁内钢筋的截断点及弯起点	153	8.13 压力倒数法	226
5.10 完整的梁设计例题	159	8.14 双向弯曲柱的计算机分析	229
5.11 钢筋的连接	162	8.15 柱内钢筋的连接	230
参考文献	164	参考文献	231
习题	165	习题	231
第六章 适用性	168	第九章 细长柱	234
6.1 概述	168	9.1 概述	234
6.2 受弯构件的裂缝	168	9.2 轴心受压柱	235
6.3 ACI 规范有关裂缝控制的条款	170	9.3 压弯柱	238
6.4 挠度控制	173	9.4 ACI 规范关于忽略长细比的准则	242
6.5 瞬时挠度	173	9.5 ACI 规范关于有支撑与无支撑 框架的准则	243
6.6 长期荷载产生的挠度	176	9.6 无侧移框架的 ACI 弯矩增大法	244
6.7 ACI 规范对挠度控制的条款	178	9.7 有侧移框架的 ACI 弯矩增大法	250
6.8 收缩及温度变化引起的挠度	183	9.8 对长细比效应的二阶分析	256
6.9 钢筋混凝土截面的弯矩与 曲率关系	185	参考文献	258
参考文献	188	习题	259
习题	188	第十章 节点区配筋设计	261
第七章 扭转分析和设计	190	10.1 概述	261
7.1 概述	190	10.2 梁柱节点区	262
7.2 素混凝土构件的扭转	192	10.3 分析节点区性能的压杆 - 拉杆 模型	271
7.3 钢筋混凝土构件的扭转	193	10.4 次梁 - 主梁节点	272
7.4 剪扭	196	10.5 有凸边的大梁	273
7.5 ACI 规范的扭转设计条款	197	10.6 拐角和 T 形节点	274
参考文献	204	10.7 柱牛腿和墙牛腿	277
习题	204	参考文献	281
第八章 短柱	206	习题	281
8.1 概述: 轴心受压	206	第十一章 静不定梁和框架的分析	283
8.2 横向钢箍和螺旋钢箍	208	11.1 连续性	283
8.3 矩形截面压弯柱	211	11.2 荷载分布	284
8.4 应变协调分析和相关图	212	11.3 框架的简化分析	285
8.5 平衡破坏	214	11.4 弹性分析方法	286
8.6 分布配筋	217	11.5 结构的理想化	287
8.7 不对称配筋	219	11.6 初步设计	291
8.8 圆柱	219	11.7 近似分析	291
8.9 ACI 规范安全性条款	220	11.8 ACI 弯矩系数	295
8.10 设计图表	221	11.9 极限分析	297
8.11 双向弯曲	223	11.10 结论	305
8.12 压力等值线法	225	参考文献	306

习题	307	15.2 基本原理	397
第十二章 边支承板	308	15.3 荷载分配的选择	397
12.1 板的类型	308	15.4 矩形板	400
12.2 单向板设计	309	15.5 固定边与连续性	401
12.3 温度和收缩配筋	311	15.6 无支承的边	406
12.4 四边支承双向板的性能	315	15.7 带孔的板	412
12.5 用系数法分析	317	15.8 改进的条带法	415
12.6 四边支承双向板的配筋	323	15.9 板分析与设计方法的比较	421
12.7 挠度控制	326	参考文献	422
12.8 其他考虑	329	习题	422
参考文献	330	第十六章 基础	425
习题	330	16.1 类型和功能	425
第十三章 柱支承的双向板	332	16.2 扩展基础	425
13.1 概述	332	16.3 设计因素	426
13.2 直接设计法	334	16.4 荷载、地基承载力和基础尺寸	427
13.3 受弯钢筋	338	16.5 墙基础	428
13.4 ACI 规范中对截面高度的限制	340	16.6 柱基础	430
13.5 等代框架法	346	16.7 联合基础	436
13.6 无柱帽平板和有柱帽平板的 抗剪设计	352	16.8 双柱基础	437
13.7 柱边的弯矩传递	364	16.9 条形基础、交叉条形基础和筏基	443
13.8 板上开洞	366	16.10 桩承台	444
13.9 挠度计算	367	参考文献	446
13.10 水平荷载下的分析	373	习题	447
参考文献	375	第十七章 挡土墙	448
习题	376	17.1 挡土墙的功能及类型	448
第十四章 板的塑性铰线分析	378	17.2 土压力	449
14.1 概述	378	17.3 一般荷载条件下的土压力	451
14.2 上限和下限定理	380	17.4 外稳定性	452
14.3 塑性铰线的规则	380	17.5 结构设计基本原理	454
14.4 板块平衡分析法	383	17.6 排水和其他构造	455
14.5 虚功分析法	384	17.7 例题:重力式挡土墙设计	456
14.6 正交各向异性配筋及斜塑性铰线	388	17.8 例题:悬臂式挡土墙设计	458
14.7 边缘和角部的特殊情况	389	17.9 扶壁式挡土墙	463
14.8 集中荷载下的扇形图	391	17.10 预制的挡土墙	464
14.9 塑性铰线理论的局限性	392	参考文献	466
参考文献	393	习题	466
习题	393	第十八章 混凝土建筑体系	467
第十五章 设计板的条带法	396	18.1 概述	467
15.1 概述	396	18.2 楼板和屋盖体系	468

18.3 嵌板墙、幕墙和承重墙	479	参考文献	550
18.4 剪力墙	480	习题	551
18.5 建筑物预制混凝土	483	第二十章 抗震设计	552
18.6 典型的房屋工程图	496	20.1 概述	552
参考文献	497	20.2 结构反应	553
第十九章 预应力混凝土	499	20.3 地震荷载准则	556
19.1 概述	499	20.4 ACI 抗震设计特别条款	559
19.2 预加应力的效果	499	20.5 ACI 对框架的规定	560
19.3 预张力的建立	503	20.6 ACI 对结构墙、隔板和 桁架的规定	568
19.4 预应力的钢材	505	20.7 ACI 对受剪承载力的规定	568
19.5 预应力结构的混凝土	507	20.8 ACI 对中等地震危险性地区 框架的规定	572
19.6 弹性弯曲分析	508	参考文献	573
19.7 受弯承载力	513	习题	573
19.8 部分预应力	517	附 录	
19.9 基于混凝土应力极限的受弯设计 ...	518	附录 A 设计用表	574
19.10 截面形状选择	526	附录 B SI 转换系数: 美国惯用单位转换 为 SI 公制单位	605
19.11 钢束形状	527	附录 C 钢筋混凝土和预应力混凝土受弯和 受压构件的统一设计方法	606
19.12 基于荷载平衡的受弯设计	529	参考文献	609
19.13 预应力的损失	533	英中名词对照	610
19.14 剪切、斜拉和腹筋	536		
19.15 粘结应力, 传递长度和延伸长度 ...	542		
19.16 锚固区设计	543		
19.17 挠度	547		

前 言

这一版本对以前的工作加以更新和扩充，同样有着双重目标：首先是使读者对钢筋混凝土性能具有一个确切理解，然后引导读者熟悉现行设计实践所用的方法，特别注意参照 1995 年美国混凝土学会（ACI）建筑规范的条款。

一般都认识到，单靠专门的设计技巧训练和运用现成的方法，要取得专业实践的成功是不够的。这些方法经常在改变。为了了解并和这些迅速的发展保持同步，工程师需要透彻地理解作为结构材料的混凝土和钢材的基本特性，以及钢筋混凝土构件和结构的性能。另一方面，结构工程师的主要任务是安全、经济和有效地设计结构。所以，以基本理解作为坚实基础，熟悉现行设计方法也是重要的。这一版和以前的版本一样包含了这两方面的需要。

本教材不仅阐述了结构混凝土的基本力学原理和单个构件承受弯曲、剪切、扭矩和轴力的设计方法，而且提供了有关不同类型的结构体系中应用的许多详情。有四章论述板的结构体系特别全面。

有两章已经重新编写。因为材料强度的提高和更为完善的设计概念，细长柱的应用比过去更为普遍，近来已成为深入地重新评价的主题，且在 1995 年 ACI 规范中已经引入新的设计方法。第九章反映了这些修改的条款，给出了新的和传统的弯矩增大法，以及二阶效应的分析方法。第七章关于扭转，现在基于与 1995 年 ACI 规范相一致的薄壁管空间桁架模拟法，也大部分改写了。

第二十章关于抗震设计，是增加的全新一章，反映了全世界对于它对结构安全重要性的新认识。增加的一个附录，引入了受弯和受压构件的“统一”设计法。在 1995 年 ACI 规范中新出现的这一替代方法，介绍了一组统一的设计条款，可以应用于钢筋混凝土的梁、轴心和偏心荷载柱，以及预应力和部分预应力梁。

认识到钢筋构造对于结构安全的特殊重要性，在独立的第十章关于节点构造中包括了最新的 ACI 规范条款。规范条款中对钢筋锚固和延伸长度的大量改变，在第五章中解释和说明。

在其他章内也增添许多新的内容。斜压 - 拉杆模型的基本概念在适用处加以强调，这有助于构件性能的形象化，并为“扰动”区的设计提供理论依据。此模型尤其适用于节点构造、抗剪和抗扭的钢筋设计，以及牛腿和深梁的设计。第二章材料中，包括了新的一节，关于高性能混凝土的外加剂和设计信息。

为了使本书包含上述新的章节，而又保持一定篇幅，必须删除三章。上一版中关于桥梁一章被删除，考虑了如今大多数的混凝土桥跨结构是预应力的，而非简单的钢筋混凝土。它们的设计已超出本书的范围，且已有多种优秀的桥梁设计教材可敷应用。组合结构一章也删除了。这一论题有单独的规程和设计方法，与钢结构设计的关系，比混凝土结构有更多共性，也有多种优秀教材可用。上一版中讨论地基支承板一章取消了。这种板一

般使用基于试验的图表进行设计, 这些图表可从各种专业的和职业的组织获得。

现时的许多设计使用计算机程序进行, 或采用市场上买得到的通用性软件, 或为了特殊需要而由个别工程师编写的程序。全书中给出设计方法的详细步骤, 以指导学生适应日益复杂的现行设计方法。这些步骤均可容易地转换成流程图, 有助于编写计算机程序。参考文献中给出许多更广泛应用的商业程序。

教师将会发现本教材既适合一个学期用的, 也适合两个学期用的混凝土结构设计课程。如果教学计划只允许讲授一门精简的课程 (可能在本科第四学年讲授), 以下各章将是适宜的基本内容: 第一和二章分别为概论和材料的论述; 第三、四和五章的抗弯、抗剪和锚固; 第六章的适用性; 第八章的短柱和第十二章介绍的单向板和双向板。课堂时间不一定能允许包含第十一和十八章的框架分析和建筑体系的内容。但这些可以指定为学生独立的阅读材料, 与本课程前面的内容相配合。据作者的经验, 这类课外的补充阅读材料有利于提高学生的积极性。

本教材还足以用作第二个课程, 很可能在研究生第一学年施教。这第二课程应包括: 第七章介绍的、重要性日增的扭转内容; 第九章的细长柱; 第十章的节点设计和构造。还可能更广泛地学习板的设计, 包括第十三章中柱支承板的 ACI 方法, 第十四和十五章中基于塑性理论的方法。适合作为第二课程的其他内容还包括: 第十六章的基础和第十七章的挡土墙, 以及第二十章的抗震设计介绍。预应力混凝土的重要性值得设置一门独立的课程。如果教学计划不允许, 则第十九章的论述可作为这方面的介绍。这一章根据作者所写的一本独立的教材编写, 该教材本身可用作一个学分课程的教材。

在每一章的末尾, 读者可看到很丰富的和最新的参考文献清单。它向希望通过自学增加知识的读者提供阅读文献的入门。

必须说一下关于单位的问题。在美国, 从惯用单位转换为明显优越的公制单位的 SI 体系进行得非常缓慢。一部分原因是建筑业的转换费用, 但是也可能因为 SI 体系与传统的欧洲公制体系比较, 存在着感觉上的缺点 (采用了导出单位如帕斯卡 (Pascal), 取消了方便的厘米, 等等)。虽然许多基础科学和工程科学的课程现在使用 SI 单位进行教学, 但是在大多数高年级的设计课程中仍继续使用美国的惯用单位, 这反映了实际工程的现况。因此, 本教材全部采用美国惯用单位, 只有第二章中的图和基本数据给出两种单位。附录 B 给出 SI 和美国惯用单位的转换。现在已有 ACI 规范的 SI 公制版本。

本书是此教材的第 12 版, 最初是 1923 年由当时 Cornell 大学的两位结构工程教授 Leonard C. Urquhart (里奥那德·C·乌尔喀特) 和 Charles E. O'Rourke (查理士·E·欧路克) 所首创。第 2、3、4 版在本领域的基本课程中稳固地确立了领先地位。后来由 Cornell 大学的 George Winter (乔治·温特尔) 教授和 Urquhart 合作编订了第 5 和第 6 版, Winter 和我全面负责第 7、8、9 版, 从表述的范围和深度都有很大发展。第 10 版、11 版和现在的版本是 Winter 教授 1982 年逝世后编订的。David Darwin (大卫·达尔文) 教授 (他原是温特尔教授和我的学生, 现在是 Kansas 大学土木工程的 Deane E. Ackers 教授) 合作编订本版, 他帮助大量改写扭转和细长柱二章, 并增加关于地震力设计的全新一章。Wyoming 大学 Charles W. Dolan (查尔斯·W·多兰) 教授在编订预应力混凝土一章时提出了宝贵的建议。

特别感谢下列评议人, 他们对本版本和前此版本提出了许多有益的评论和建议: Iowa 大学的 Dan Branson, Colorado 大学的 Kurt Gerstle, Pennsylvania 州立大学的 Louis

Geschwidner, Iowa 州立大学的 Wayne Klaiber, Washington 大学的 John Stanton 和 Michigan 大学的 James Wight。非常感谢 McGraw-Hill 公司的责任工程编辑 B.J.Clark, 在最近 5 个版本出版的每一阶段, 他都和作者紧密合作。

我衷心地感谢原作者们。虽然有把握说无论是 Urquhart 还是 O'Rourke 都不能再辨认出书中的多少细节, 但论述主题的方法和教育哲理是这同一本书的早期版本取得成功的重要原因, 这也是众所周知的。我还特别感谢 Winter 教授的影响力。我和他长期的职业上和私人的关系, 对于形成本书各章中的观点有着深远的影响。

A·H·尼尔逊
(Arthur H·Nilson)

第一章 概 论

1.1 混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土

混凝土是由水泥、砂子、砾石或其他骨料及水，经精心配制，在所要求的结构形状和尺寸的模板内硬化后所形成的类似石头般的材料。材料的大部分由细、粗骨料构成。水泥与水的化学作用将骨料颗粒凝结成为一整体物质。除了化学反应所需水外，必须附加额外的水使拌和料具有一定的和易性，能在其硬结前填入模板及包住埋入的钢筋。混凝土的强度特性范围很宽，可以通过适当地调整组成材料的比例而得到。特殊的水泥（如早期高强度水泥）、特殊的骨料（如不同的轻质或重质骨料）、外加剂（如塑化剂、引气剂、硅粉和粉煤灰）及特殊的养护方法（如蒸汽养护）将会获得变化更为广泛的特性。

这些特性在很大的程度上既取决于配合比，取决于对组成材料的拌和是否充分，也取决于拌和物入模后至完全硬结期间所保持的温、湿度条件。控制这些条件的过程称为**养护**。为了防止出现意外的低于标准的混凝土制品，从对每种配料按重量配比开始，经过搅拌和浇注，直至完成养护的全过程中，必须进行非常熟练的控制和监督。

混凝土成为普遍应用的建筑材料的原因是明显的，它已经使用了几千年，大概从埃及古迹的建造时就开始使用，诚然其形式和方法较现代的要原始。普遍应用的原因之一是当混凝土具有塑性时，可方便地进行浇注，并可填入几乎任何实际形状的模板内。混凝土的高耐火及抗风化是其明显的优点。大部分组成材料，除水泥和外加剂外，通常都可在当地或施工现场附近以低价获得。像天然石材一样，混凝土的抗压强度高，适用于以承压为主的构件，如柱和拱。另一方面，它也和天然石材一样，是比较脆性的材料，抗拉强度比抗压强度低。因而不能经济地用于完全受拉（如拉杆），或其部分截面受拉（如梁或其他受弯构件）的结构构件。

为了弥补这一局限性，在 19 世纪下半叶人们发现可以使用抗拉强度高的钢材增强混凝土，主要用于因其抗拉强度小而限制构件承载力的部位。钢筋通常是圆钢条，表面有适当变形以提供咬合力，在混凝土浇注前安放在模板内。当钢筋由硬结的混凝土完全包围时，就成为构件的一个组成部分。两种材料的合成物称为**钢筋混凝土**，它结合了每一种材料的许多优点：混凝土的低造价、良好的防火及抗风化性能、良好的抗压强度和优异的可模性以及钢材的高抗拉强度和极好的延性和韧性。这种结合使得钢筋混凝土几乎可无限制地应用于建造房屋、桥梁、水坝、水池、水库及许多其他结构。

最近发现，有可能以相对较低的造价制造达到常规钢筋屈服强度约 4 倍和更高的钢材。同样，也可能制造达到普通混凝土抗压强度 4~5 倍的混凝土。这些高强度材料带来许多优点，包括作成更小的构件截面、减小恒荷载和得到更大的跨度。然而，组成材料的强度是有限度的，超出这些限度就会发生一定的问题。可以肯定，构件的强度大致随材料

强度按比例增长。高应力虽然在其他方面是可以允许的，但是它产生的高应变将导致此类构件在常规荷载情况下产生大的变形和挠曲。同样重要的是，这种高强度钢筋的大应变将使其周围低抗拉强度的混凝土引起大的裂缝。裂缝不仅难看，而且将使钢筋遭受潮湿和其他化学作用的侵蚀。按照许多规范和规程，这就将高强度钢筋的可用屈服强度限制为约 80ksi^①，60ksi 的钢筋是最常用的。

但是，已经找到一种特殊的方式，可结合利用强度很高的钢材和混凝土。这种结构类型称为**预应力混凝土**。钢材通常采用钢丝或钢绞线的形式，有时也用钢筋。钢材在高拉应力的状态下埋入混凝土，由硬结后混凝土的压应力来保持平衡。由于这种预压力，受弯构件在混凝土受拉侧开裂时承受的荷载，要比无预压力情况下大得多。在这种结构中，预应力极大地减小了常规荷载下的挠度和受拉裂缝，因此使这些高强材料能有效地利用。预应力混凝土已经在很大程度上扩展了它所适宜的混凝土结构跨度范围和结构类型。

1.2 结 构 形 式

下列图片显示了钢筋混凝土的一些主要结构形式。它们中许多形式的相应设计方法将在本书稍后讨论。

房屋楼盖支承体系包括图 1.1 所示的整体板-梁式楼盖，图 1.2 的单向密肋体系，以及图 1.3 所示的无梁平板楼盖。图 1.4 的无梁楼盖常用于承受更重荷载的建筑，如仓库。它与平板楼盖类似，但除了有扩大的柱帽外，还在柱附近增加了板厚使支座区降低应力和提高承载力。从这些和其他体系中选择楼盖和屋盖时，除了依据造价和美学因素外，还依据功能要求、荷载、跨度及构件的允许高度等。



图 1.1 整浇梁支承的单向钢筋混凝土楼板

① 每平方英寸千磅的缩写，即千磅/平方英寸。

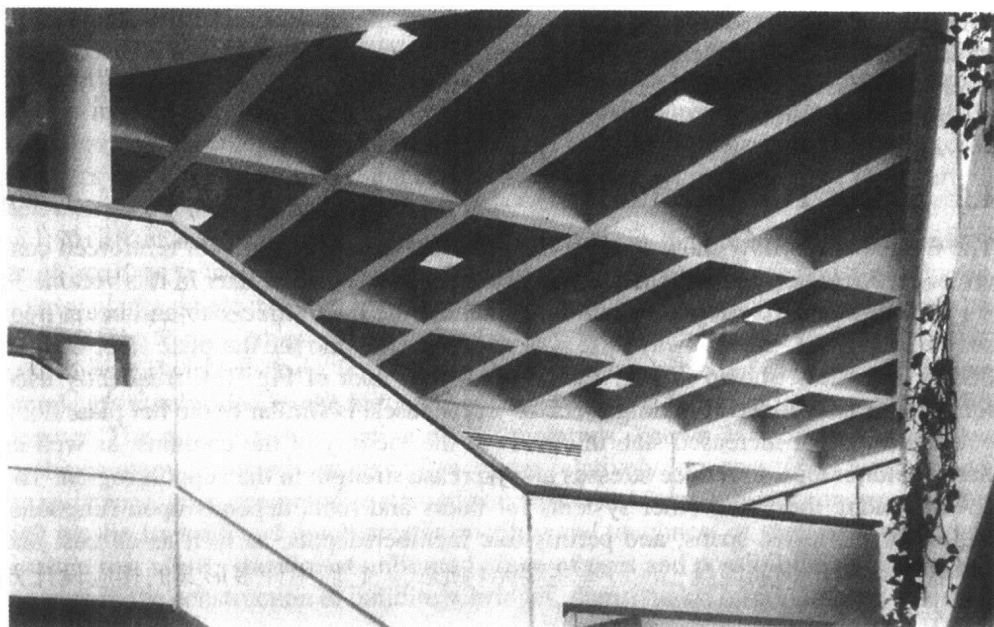


图 1.2 整浇混凝土梁支承的、具有小间距的单向密肋楼盖体系；
横向肋为将局部荷载沿侧向分布而设（混凝土钢筋学会）

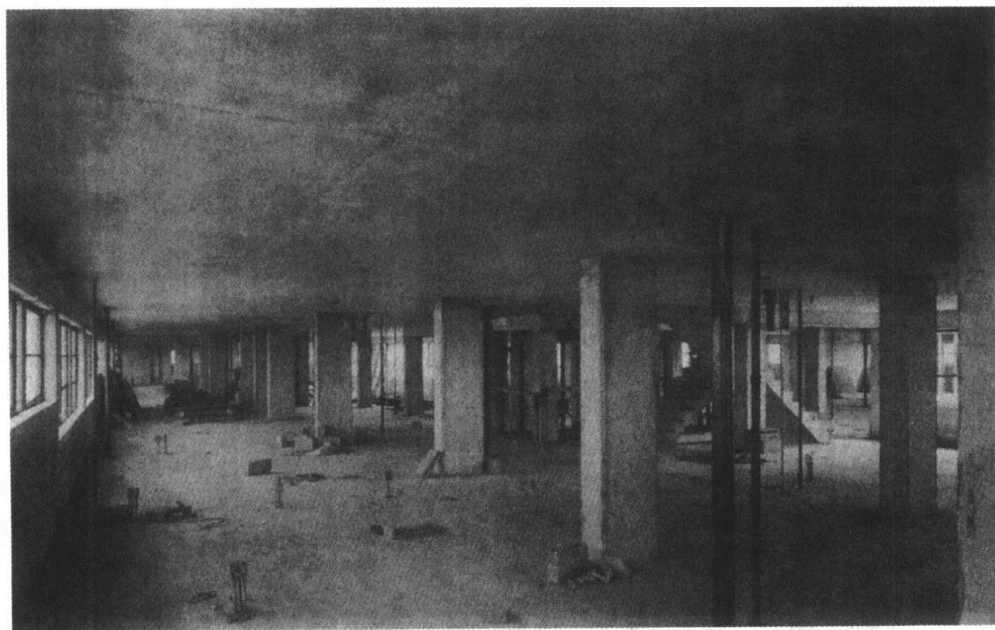


图 1.3 直接由柱支承的无梁楼盖，无主、次梁（波特兰水泥协会）

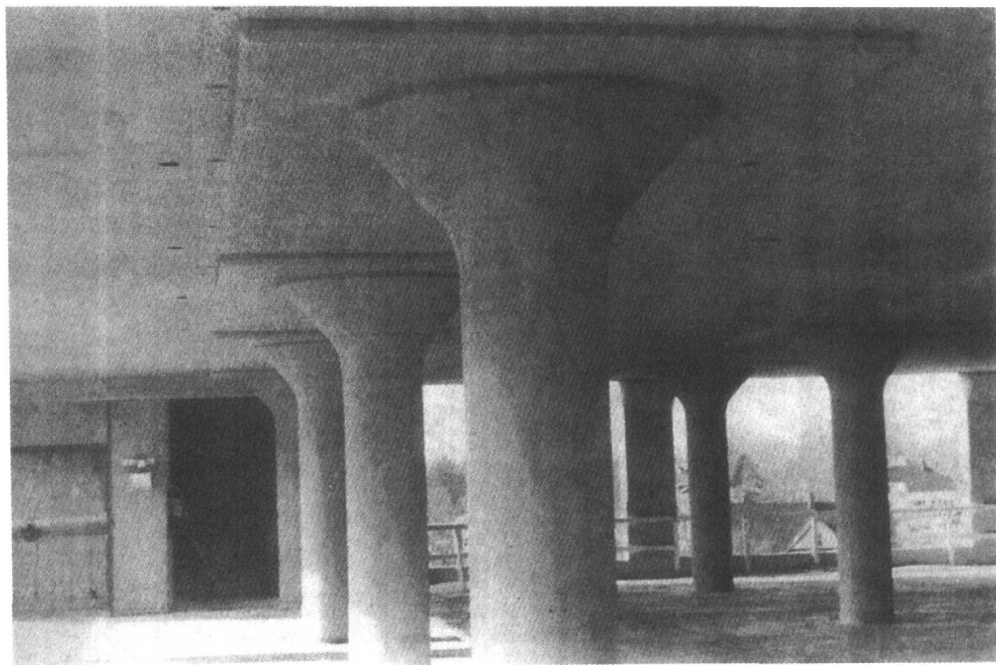


图 1.4 无梁楼盖, 没有梁, 但增加了柱上的板厚;
柱顶还有扩大的柱帽, 以承受局部的集中力 (南缅因大学)



图 1.5 125ft 跨度的折板屋盖, 除了承受普通屋面荷载外, 还通过钢索吊杆
系统支承二层楼盖; 而地面层不与柱连接