

混凝土结构设计

(第十一版)

〔美〕 A·H·尼尔逊 著 过镇海 方鄂华 等译校
G·温特尔 王娴明

中国建筑工业出版社

982387

混凝土结构设计

(第十一版)

[美] A·H·尼尔逊 著
G·温特尔

过镇海 方鄂华 王炯明
庄崖屏 钱稼茹 江见鲸 译校
倪吉昌 萧 斌 黎鸣一

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035号

本书是美国康乃尔大学教材的第十一版。其特点在于着重钢筋混凝土性能论述的同时,引用美国1989年ACI钢筋混凝土房屋建筑规范条款介绍各种设计方法。书中先介绍混凝土结构基本力学原理和拉、压、弯、剪基本构件的设计,然后介绍不同建筑体系的具体应用,对梁板建筑体系尤为详细。对节点构造、细长柱,以及用于不规则形状和边界条件板设计的Hillerborg条带法则设专章叙述。此外,还提到了斜压-拉杆模型、高强混凝土、结构的整体性、平板楼盖的栓钉抗剪配筋等。考虑计算机应用日益广泛,书中对很多设计方法均提出了详细步骤,使读者可容易地把他转换成流程图,有助于编制程序。

本书可供土木建筑工程技术人员参考,也可作为大专院校土木结构专业本科和研究生的教学参考书。关于本科和研究生教学的取材作者在前言中有详细建议。

Arthur H. Nilson George Winter
DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES
(Eleventh Edition)

McGraw-Hill, Inc. New York

1991

* * *

混凝土结构设计 (第十一版)
[美] A·H·尼尔逊 G·温特尔 著
过镇海 方鄂华 王娴明 等译校

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

北京顺义板桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16印张: 43 字数: 1043千字

1994年11月第一版 1994年11月第一次印刷

印数: 1—3,100册 定价: 31.60元

ISBN7-112-02275-4

TU·1763 (7300)

译者的话

本书是美国康乃尔 (Cornell) 大学的阿瑟·H·尼尔逊 (Arthur H·Nilson) 教授等编著的教材, 适用于大学本科和研究生的课程教学。

原著者在本书的前言中已经很清楚地说明了本书的指导思想和编著原则、这一新版的特点和更新的内容、各个版本历来的演变, 以及在本科生和研究生教学中的应用和安排的建议。读者在阅读和使用本书时可作参考。

参加本书翻译的有中国北京国际经济技术合作公司萧斌 (第一、二、四章), 北京建筑工程学院倪吉昌 (第三、五章)、黎鸣一 (第六章), 以及清华大学土木工程系的庄崖屏 (第七、八、九章), 钱稼茹 (第十、十一、十二章), 王娴明 (第十三、十四章和附录 A、B)、江见鲸 (第十五、十六、十七章), 方鄂华 (第十八、十九、二十章)、过镇海 (第二十一、二十二章和前言、中英名词对照)。全书译完后经过上述人员相互交换校对, 最后由过镇海、方鄂华和王娴明作总的整理、校对, 并定稿。

由于译者水平所限, 译文有谬误和不足之处难免, 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、教学和工程顾问已达35年有余。自1956年起他就是Cornell大学工程学院的教师,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。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土木工程专业学生社团授予荣誉;他还在Manchester大学、Salford大学和Milan工业大学担任研究和教学工作。进入教育界之前,他有整整六年全部投入专业实践的经历,是美国若干州的注册专业工程师。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。

已故的G·温特尔(George Winter)是Cornell大学的工程教授。1930年他在Munich工业大学取得工程学位证书。在欧洲从事八年的设计和工程顾问的实践后来到美国,1940年在Cornell大学获哲学博士学位。从1948至1970年担任结构工程系主任达22年,曾获得许多荣誉,包括入选美国工程科学院、Munich工业大学的荣誉博士、被选为ASCE和ACI的荣誉会员。他在1965年被授予ACI Wason研究奖章,1972年得Henry C.Turner奖章,1979年得Joe W.Kelly奖。1982年从国际桥梁与结构工程协会(IABSE)接受结构工程的国际功绩奖。他帮助制订了钢筋混凝土、钢结构和轻型冷加工钢材等的设计规范。Winter教授在ACI建筑规范318委员会工作多年,在60年代曾任318D分委员会主席,是从允许应力向极限承载力设计过渡的先驱,于一九八二年十一月逝世。

前言

这一版除了将前版的内容更新以外，还作了较大的扩充。但保持了原先的基本方法：首先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1989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、轴力和其他作用的设计方法，而且提供了具体应用的许多详情，例如不同类型的建筑体系、基础、挡土墙和组合建筑体系。有五章论述板的结构体系特别全面。还有一章桥梁设计，与前几版相同。

现时的许多设计使用计算机程序进行，或采用商用的、通用性现成程序、或为了特殊需要而个别编写的程序。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。这些均可容易地转换成流程图，有助于编写计算机程序。

本书增加了若干新的章节。节点设计对于结构的安全性至关重要已有共识，因此新增了一章讨论节点构造，包括最新研究成果和ACI规范条款。由于材料强度日益提高和设计概念更加完善，细长柱子比过去普遍得多，因此分出单独一章给以详细论述。第三个新章对Hillerborg条带法作了详细介绍。这是设计具有不规则的形状、边界或支座条件的板的有力工具。

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，并提供了可靠的设计依据。此模型尤其适用于节点构造、抗剪和抗扭设计，以及牛腿和深梁的设计。材料的一章内包括了高强混凝土的详细论述。根据1989年ACI规范关于粘结和锚固的大量变更，第五章进行了彻底改写。新ACI规范中关于“结构整体性”的条款已包括在本书内，并作了解释。对于平板楼盖体系的抗剪、特别是栓钉抗剪配筋的新设计方法，本书也给予必要的注意。最后，有关预应力混凝土的一章已经完全重写和扩充了。

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二十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。

本教材还足以用作进一步的课程，可在研究生第一学年施教。这进一步的课程应包括：第七章介绍的、重要性日增的扭转内容；第九章的细长柱；和第十章的节点设计和构造。还有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板的分析和设计方法。适合作为进一步课程的其它内容还包括：第十六章的地基支承板，第十七章的组合结构，第十八章和十九的基础和挡土墙，以及第二十二章中关于桥梁的材料。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，则第二十一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预应力混凝土的单独教材编写，该教材本身就是用作这方面一个学分短课程的教材。

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

本书是此教材的第十一版，最初是1923年由当时Cornell大学的两位结构工程教授里昂那德·C·乌尔喀特（Leonard C. Urquhart）和查理士·E·欧路克（Charles E. O'Rourke）所首创。第二、三、四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大学的乔治·温特尔（George Winter）教授和Urquhart合作编订了第五和第六版，Winter和我负责第七、八、九版，从表述的范围和深度都有很大发展。第十版和现在的第十一版是Winter教授1982年逝世后编订的。

McGraw-Hill图书公司和我感谢下列评议者的许多有益的评论和建议：Iowa大学的Dan Branson，Delaware大学的Charles Dolan，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。

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，但是他们对这同一本书的早期版本取得成功做过许多工作，对于本书论述主题的方法和教学哲理也该是熟悉的。特别感谢Winter教授的帮助，我和他长期的职业上和私人的关系，他对于本书各章中反映我全部写作中所阐述的观点有着深远的影响。

A·H·尼尔逊
(Arthur H·Nilson)

目 录

译者的话

作者介绍

前 言

第一章 概论	1
1.1 混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土	1
1.2 结构形式	2
1.3 荷载	6
1.4 适用性、承载力和结构的安全性	10
1.5 基本设计原理	13
1.6 设计规范	14
1.7 ACI规范的安全条款	14
1.8 对于钢筋混凝土性能的基本假设	16
1.9 承受轴向荷载构件的性能	17
参考文献	22
习题	22
第二章 材料	24
2.1 概述	24
2.2 水泥	24
2.3 骨料	25
2.4 混凝土的配制和搅拌	26
2.5 输送、浇注、捣实及养护	28
2.6 质量控制	29
2.7 受压状态下的特性	31
2.8 抗拉强度	36
2.9 组合应力作用下的强度	37
2.10 收缩和温度的效应	39
2.11 高强混凝土	40
2.12 用于混凝土的钢材	42
2.13 钢筋	42
2.14 焊接钢丝网	46
2.15 预应力钢材	46
参考文献	48
第三章 梁的受弯分析和设计	51
3.1 概述	51
3.2 匀质梁的弯曲	51
3.3 钢筋混凝土梁的性能	53
3.4 配受拉钢筋的矩形梁设计	61
3.5 设计图表	69

3.6	梁的设计中应考虑的实际问题	71
3.7	配有受拉和受压钢筋的矩形梁	73
3.8	T形梁	78
	参考文献	84
	习题	85
第四章	梁的剪切和斜向受拉	87
4.1	概述	87
4.2	匀质弹性梁的斜向受拉	88
4.3	无腹筋钢筋混凝土梁	90
4.4	有腹筋钢筋混凝土梁	95
4.5	ACI规范抗剪设计的条款	99
4.6	轴向力的影响	106
4.7	变高度梁	110
4.8	剪切分析和设计的桁架模型	111
4.9	深梁	114
4.10	摩擦抗剪设计方法	123
	参考文献	128
	习题	129
第五章	粘结、锚固及延伸长度	131
5.1	弯曲锚固的基本原理	131
5.2	极限粘结强度及延伸长度	134
5.3	ACI规范对受拉钢筋锚固的条款	136
5.4	受拉钢筋的弯钩锚固	140
5.5	腹筋的锚固要求	143
5.6	焊接钢丝网	144
5.7	受压钢筋的锚固	145
5.8	成束钢筋	145
5.9	梁内钢筋的截断点及弯起点	146
5.10	完整的梁设计例题	152
5.11	钢筋的连接	155
	参考文献	157
	习题	158
第六章	适用性	161
6.1	概述	161
6.2	受弯构件的裂缝	161
6.3	ACI规范有关裂缝控制的条款	163
6.4	挠度控制	165
6.5	瞬时挠度	166
6.6	长期荷载产生的挠度	168
6.7	ACI规范对挠度控制的条款	171
6.8	收缩及温度变化引起的挠度	175
6.9	钢筋混凝土截面的弯矩与曲率关系	177
	参考文献	180

习题	181
第七章 扭转分析和设计	183
7.1 概述	183
7.2 素混凝土构件的扭转	184
7.3 钢筋混凝土构件的扭转	187
7.4 无腹筋剪扭构件	189
7.5 有腹筋剪扭构件	190
7.6 ACI规范的扭转设计条款	191
7.7 受扭设计的压力场理论	197
参考文献	199
习题	199
第八章 短柱	201
8.1 概述: 轴心受压	201
8.2 横向钢箍和螺旋钢箍	202
8.3 矩形截面压弯柱	206
8.4 变形协调分析和相关图	206
8.5 平衡破坏	209
8.6 分布钢筋	212
8.7 不对称配筋	213
8.8 圆柱	214
8.9 ACI规范安全性条款	215
8.10 设计图表	216
8.11 双向弯曲	218
8.12 压力等值线法	219
8.13 压力倒数法	221
8.14 双向受弯柱的计算机分析	224
8.15 柱内钢筋的连接	224
参考文献	225
习题	226
第九章 细长柱	228
9.1 概述	228
9.2 轴心受压柱	229
9.3 压弯柱	232
9.4 ACI规范对忽略长细度的准则	236
9.5 ACI规范对有支撑与无支撑框架的准则	237
9.6 有支撑框架的ACI弯矩增大法	237
9.7 无支撑框架的ACI弯矩增大法	244
9.8 对长细度效应的二阶分析	249
参考文献	252
习题	252
第十章 节点区配筋设计	255
10.1 概述	255
10.2 梁柱节点区	256

10.3	分析节点区性能的压杆—拉杆模型	265
10.4	次梁—主梁节点	266
10.5	有凸边的大梁	268
10.6	拐角和 T 形节点	269
10.7	柱牛腿和墙牛腿	272
	参考文献	276
	习题	276
第十一章	静不定梁和框架的分析	278
11.1	连续性	278
11.2	荷载分布	279
11.3	框架的简化分析	280
11.4	弹性分析方法	281
11.5	结构的理想化	283
11.6	初步设计	286
11.7	近似分析	287
11.8	ACI 弯矩系数	291
11.9	极限分析	294
	参考文献	302
	习题	302
第十二章	边支承板	303
12.1	板的类型	303
12.2	单向板设计	305
12.3	温度和收缩配筋	306
12.4	四边支承板的性能	309
12.5	用弯矩系数法分析	312
12.6	四边支承双向板的配筋	318
12.7	挠度控制	321
12.8	其他考虑	324
	参考文献	324
	习题	325
第十三章	柱支承的双向板	327
13.1	概述	327
13.2	直接设计法	329
13.3	受弯钢筋	334
13.4	ACI 规范中截面高度的限制	336
13.5	等代框架法	342
13.6	无柱帽平板和有柱帽平板的抗剪设计	348
13.7	柱边的弯矩传递	360
13.8	板上开洞	362
13.9	挠度计算	363
13.10	水平荷载下的分析	368
	参考文献	370
	习题	371

第十四章	板的塑性铰线分析	373
14.1	概述	373
14.2	上、下限定理	374
14.3	塑性铰线的规律	375
14.4	用板块平衡法进行分析	378
14.5	用虚功进行分析	379
14.6	各向异性配筋及斜塑性铰线	383
14.7	边缘和角部的特殊情况	384
14.8	集中荷载下的扇形图	386
14.9	塑性铰线理论的局限性	387
	参考文献	388
	习题	388
第十五章	设计板的条带法	391
15.1	概述	391
15.2	基本原理	392
15.3	荷载分配的选择	392
15.4	矩形板	395
15.5	固定边与连续边	396
15.6	有自由边的板	401
15.7	带孔的板	408
15.8	改进的条带法	411
15.9	板分析与设计方法的比较	417
	参考文献	418
	习题	419
第十六章	地基支承板	421
16.1	概述	421
16.2	收缩和温度的效应	422
16.3	集中荷载作用下的韦斯脱加特 (Westergaard) 分析法	424
16.4	路面设计辅助图	427
16.5	路面缝的做法	429
16.6	连续配筋路面	430
16.7	结构配筋路面	431
16.8	预应力混凝土路面	432
16.9	工业用地基支承板	432
	参考文献	439
	习题	440
第十七章	组合结构	441
17.1	类型	441
17.2	组合梁-板的桥	442
17.3	组合梁-板的房屋楼盖	450
17.4	压型钢板配筋的组合板	457
	参考文献	466
第十八章	基础	467

18.1	类型和功能	467
18.2	扩展基础	467
18.3	设计参数	468
18.4	荷载、地基承载力和基础尺寸	468
18.5	墙基础	470
18.6	柱基础	472
18.7	联合基础	478
18.8	双柱基础	479
18.9	条形基础、交叉条形基础和筏基	485
18.10	桩承台	486
	参考文献	488
	习题	489
第十九章	挡土墙	490
19.1	挡土墙的功能及类型	490
19.2	土压力	491
19.3	一般荷载条件下的土压力	493
19.4	外稳定	494
19.5	结构设计基本原理	496
19.6	排水和其他构造	497
19.7	实例:重力挡土墙设计	498
19.8	实例:悬臂式挡土墙设计	499
19.9	扶壁式挡土墙	505
	参考文献	507
	习题	507
第二十章	混凝土建筑体系	508
20.1	概述	508
20.2	楼板和屋盖体系	509
20.3	楼板和屋顶面层	519
20.4	墙	520
20.5	楼梯	524
20.6	建筑物预制混凝土	525
20.7	典型的房屋工程图	537
	参考文献	542
第二十一章	预应力混凝土	543
21.1	概述	543
21.2	预加应力的效果	543
21.3	预张力的建立	547
21.4	预应力的钢材	549
21.5	预应力结构的混凝土	551
21.6	弹性弯曲分析	552
21.7	受弯承载力	557
21.8	部分预应力	560
21.9	基于混凝土应力极限的受弯设计	561

21.10	截面形状选择	570
21.11	钢束形状	571
21.12	基于荷载平衡的受弯设计	572
21.13	预应力的损失	577
21.14	剪切、斜拉和腹筋	580
21.15	粘结应力, 传递长度和延伸长度	586
21.16	锚固区设计	587
21.17	挠度	591
	参考文献	594
	习题	595
第二十二章	桥梁	596
22.1	类型	596
22.2	设计规范	600
22.3	荷载	601
22.4	构造细部	606
22.5	板式桥的设计	608
22.6	T形梁或上承梁式桥的设计	611
22.7	组合桥的设计	618
	参考文献	623
附录 A	设计用表	623
附录 B	SI转换系数: 美国惯用单位转换为SI公制单位	655

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（如减水剂和加气剂），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，必须有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，大概从埃及古迹建造时就已开始使用，诚然其方式和方法较现代为原始。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用形状的模板内。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，除水泥外，通常都可在当地或施工现场附近以低价获得。象天然石材一样，混凝土的抗压强度高，适用于承压为主的构件，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承拉（如拉杆），或其部分截面承拉（如梁或其他受弯构件）的结构构件。

为了弥补这一局限性，在十九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塑性，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四倍以上的钢材。同样，也可能制造达到普通混凝土抗压强度三至四倍的混凝土。这些高强度材料带来许多优点，包括更小的构件截面，减小恒荷载和更大的跨度。然而，对组成材料的强度有些限制，超出这些限制就会发生一定的问题。可以肯定，构件的强度大致上随材料强度按比例增长。高应力虽然是可以允许的，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中引起大的裂缝。裂缝不仅难看,而且将钢筋暴露于潮湿和其他化学作用的侵蚀之中。这就将高强度钢筋的可用屈服强度限制为约80 ksi^①。与之相比,常用钢筋则为40至60 ksi。

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至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增加强度。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。

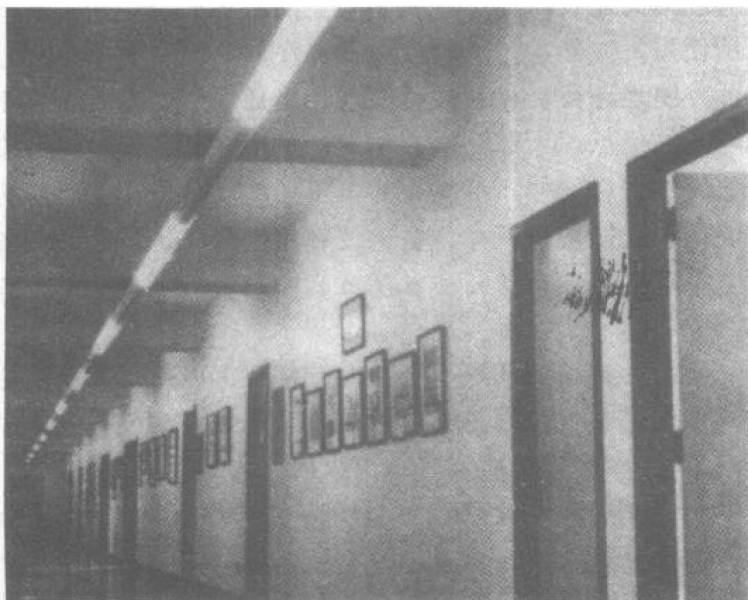


图 1.1 整浇梁支承的单向钢筋混凝土楼板

当屋盖需要长的净跨时,混凝土壳体可用极薄的面层,相对而言比蛋壳还薄。图1.5的折板屋盖构造简单,因为是由平面所组成;这类屋盖已应用于200ft和更大的跨度。图1.6的圆柱形薄壳也比较容易成形,因为仅一个方向弯曲;它的结构性能、跨度及荷载幅度均与折板相似。

① 每平方英寸千磅的缩写,即千磅/平方英寸。

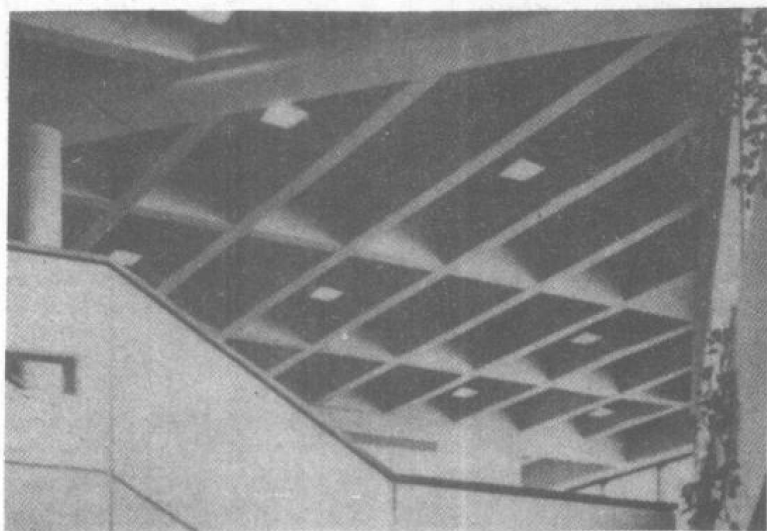


图 1.2 整浇混凝土梁支承的、具有小间距的单向密肋楼盖体系；横向肋为将局部荷载沿侧向分布而设。（混凝土配筋协会供稿）



图 1.3 直接由柱支承的无梁楼盖，无主、次梁。（波特兰水泥协会供稿）

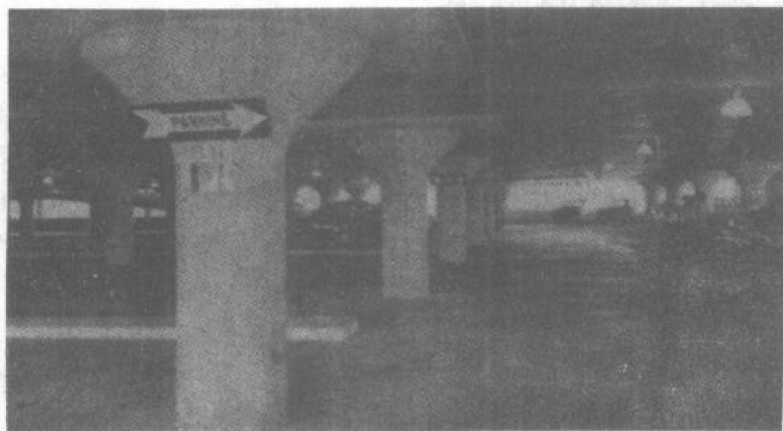


图 1.4 无梁楼盖体系，没有梁、但增加了柱上的板厚，柱顶还有扩大的柱帽，以承受局部的集中力。（波特兰水泥协会供稿）