



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



建筑结构原理 及设计 (第2版)

林宗凡



高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



建筑结构原理 及设计 (第2版)

林宗凡



高等教育出版社

内容提要

本书分两篇。第一篇介绍建筑结构的总体概念和设计基本原则;第二篇叙述混凝土结构、砌体结构、钢结构、地基和基础结构的设计原理和方法,以及建筑结构抗震设计基本概念和方法,根据2001年以后陆续颁布的国家设计规范编写。各章附有思考题、习题。

本书为第2版,依据教学实践经验和近年工程技术及应用的进展,修订而成。

本书内容精炼,层次清楚,详简适当,文字畅达。适合用作高等院校工程管理、建筑经济专业以及土建类非结构专业(建筑学、城市规划、室内设计等)的建筑结构课程教材,也可供有关工程技术人员进修及执业资格考试复习之用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构原理及设计/林宗凡. —2版. —北京:高等教育出版社,2008.1

ISBN 978-7-04-022683-6

I. 建… II. 林… III. 建筑结构-高等学校-教材
IV. TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第176948号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 张玉海 封面设计 张志 责任绘图 尹莉
版式设计 张岚 责任校对 杨凤玲 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 26.25
字 数 640 000

版 次 2002年8月第1版
2008年1月第2版
印 次 2008年1月第1次印刷
定 价 32.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22683-00

第 2 版前言

本书第 1 版出版后被许多高校采用,多次重印,教材构建的体系和内容安排得到兄弟院校的认同和鼓励。作者希望本书能帮助同学们切实地学到必要的又相对完整的建筑结构设计知识。去年本书入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材,一如第 1 版前言所说,作者对能为提高高等学校本科教学质量尽一份力深感欣慰。

本书第 1 版已经使用多年,这次根据任课教师教学实践的经验体会和学生的反馈、近期工程技术和应用的进展、第 1 版后颁布的设计规范,调整了教材的部分内容,有的增删,有的重写,并修正了表达不妥之处和印刷错误。修订面比较大,但教材体系并没有改变。

参与第 2 版编写的还有念伍舍、支伯谦、朱萱、劳和山、乐鸣涧、鄱紫璐和徐仰吾。

再次感谢高等教育出版社理工出版中心建筑与力学分社的支持。

仍然期望得到教师和学生们的指正和建议。

林宗凡

2007 年 7 月

第 1 版前言

建筑结构设计是工程管理专业学生必修的主干课程,也是其他非结构类专业的主要技术课程。多年来,根据教学计划安排,仅讲授钢筋混凝土与砌体结构及土力学与地基基础知识,课程内容不完备。对钢结构(其应用已日益广泛)、建筑结构抗震设计(我国百分之六十以上地区的结构工程应按抗震设防)没有教学要求。此外,由于缺乏合适教材,许多院校借用建筑结构工程专业的本、专科教材。学生反映教材内容深、要求高,因不具备相应的力学基础知识,学习上不适应,学后又不得要领。实际教学中因课时数限制,教师常根据自己的理解删减部分内容,致使教学内容不完整。同时,往往仅学习结构基本构件的设计计算,不重视建筑结构的总体概念和基本设计原理,学生对建筑结构设计缺乏整体认识,难以达到结构课程的基本要求。这些与专业培养目标、工程技术发展实际及学生知识水平不适应的情况亟待改变。

本教材根据工程管理等非结构类专业的培养目标和学生的工程力学基础,构建了课程内容的新体系,目的是使学生切实地学到必要的、而又完整的建筑结构设计知识。全书分两篇,第一篇介绍建筑结构的总体概念和基本设计原则,第二篇分章叙述混凝土结构、砌体结构、钢结构和地基基础结构的设计方法以及建筑抗震设计基本概念和方法。全书根据最新颁布的建筑结构设计国家规范编写,力求理论与应用相结合。各章附有思考题和习题。

念伍舍、劳和山、乐鸣润和郝紫瑚参加了第二篇各章的部分工作。

清华大学张惠英教授审阅了本教材初稿,并提出宝贵建议,支伯谦副教授校阅了全部书稿。编写过程中,得到高等教育出版社、中国建筑科学研究院钱力航教授和同济大学陈建国教授的热情帮助和支持,一并致谢。

编者把编写这本教材看作是对教育部关于“提高本科教学质量”要求的一种响应,期望不断修改,日臻完善。希望教师和学生提出意见。幸甚!

林宗凡

2002 年 4 月

上海 同济大学

目 录

第一篇 建筑结构设计总论

第 1 章 建筑结构	1	思考题	44
1.1 建筑结构的组成	1	习题	44
1.2 建筑结构的分类	2	第 3 章 建筑结构材料的力学性能	45
1.2.1 按建筑材料分类	2	3.1 材料的弹性、塑性和延性	45
1.2.2 按主体结构体系分类	9	3.2 材料的基本力学性能指标	46
1.2.3 按结构层数分类	19	思考题	48
1.2.4 按竖向荷载的传递途径 分类	22	第 4 章 建筑结构设计原则和过程	50
1.2.5 按结构的空間作用分类	22	4.1 概念设计和数值设计	50
思考题	28	4.2 结构设计基本原则	53
第 2 章 建筑结构的受力	29	4.2.1 结构的功能要求	53
2.1 结构上的荷载	29	4.2.2 结构的极限状态	54
2.1.1 作用的分类	29	4.2.3 结构设计原则	56
2.1.2 荷载代表值和标准值	30	4.3 实用设计表达式	59
2.2 建筑结构构件及其受力状态	40	4.4 建筑结构设计的一般过程	65
2.2.1 建筑结构基本构件	40	思考题	67
2.2.2 结构构件的受力状态	41	习题	67

第二篇 各类建筑结构设计

第 5 章 混凝土结构	69	5.2.4 T 形截面受弯承载力	99
5.1 钢筋和混凝土材料的力学 性能	69	5.2.5 双筋矩形截面受弯承 载力	105
5.1.1 钢筋	69	5.2.6 斜截面受剪承载力	109
5.1.2 混凝土	74	5.2.7 纵向受力钢筋的截断和 弯起	119
5.1.3 粘结作用和钢筋锚固	81	5.2.8 偏心受力梁	123
5.2 梁和板	84	5.2.9 裂缝宽度和变形验算	127
5.2.1 梁板的受力状态和基本 构造	84	5.3 楼盖	133
5.2.2 受弯构件正截面受力性能	86	5.3.1 楼盖的结构型式	133
5.2.3 单筋矩形截面受弯承载力	92	5.3.2 单向板肋梁楼盖	134

5.3.3 双向板肋梁楼盖	159	6.6.2 局部受压承载力	251
5.3.4 楼梯	167	6.6.3 受弯和受剪承载力	256
5.4 柱	174	6.7 挑梁与雨篷	257
5.4.1 柱的构造	174	6.7.1 挑梁	257
5.4.2 轴心受压柱	175	6.7.2 雨篷	261
5.4.3 偏心受压柱	178	思考题	263
5.4.4 牛腿	187	习题	264
5.5 梁柱节点	188	第7章 钢结构	266
5.6 墙	190	7.1 钢结构材料	266
5.7 预应力混凝土梁和板	191	7.2 钢结构的可能破坏型式	271
5.7.1 施加预应力的方法和材料	192	7.3 钢结构连接	273
5.7.2 预应力混凝土梁板的构造	195	7.3.1 焊接连接	274
5.7.3 预应力损失	199	7.3.2 螺栓连接	283
5.7.4 预应力混凝土梁板设计要点	200	7.4 轴向受力构件	289
5.8 预制构件的施工阶段验算及连接	205	7.4.1 轴心受力构件	289
5.9 混凝土结构耐久性设计	208	7.4.2 实腹式轴心受压柱	293
思考题	210	7.4.3 格构式轴心受压柱	296
习题	211	7.4.4 偏心受压柱	297
第6章 砌体结构	215	7.4.5 柱脚	298
6.1 砌体结构材料	215	7.5 钢梁	299
6.1.1 块体、砂浆和砌体	215	7.5.1 钢梁的型式和应用	299
6.1.2 无筋砌体的强度和变形性能	220	7.5.2 梁的强度和刚度	301
6.2 砌体建筑结构型式	227	7.5.3 梁的整体稳定和局部稳定	303
6.3 防止或减轻墙体开裂的主要措施	230	7.5.4 次梁与主梁的连接	306
6.4 砌体房屋结构的基本构造要求	234	7.5.5 梁柱连接	307
6.5 砌体房屋结构的静力计算	242	7.6 钢桁架	309
6.5.1 结构静力计算方案	242	思考题	314
6.5.2 刚性方案多层房屋的静力计算	245	习题	314
6.6 墙和柱	247	第8章 地基和基础结构	317
6.6.1 受压承载力	248	8.1 地基土的分类和工程特性	317
		8.1.1 地基土的主要物理力学指标	317
		8.1.2 地基土的工程分类	319
		8.1.3 土的工程特性指标	320
		8.1.4 软弱地基处理	325
		8.2 地基基础设计基本规定	327
		8.3 地基计算	329

8.4 基础结构型式及应用	334	方法	359
8.4.1 浅基础	334	9.1.3 抗震设计基本要求	361
8.4.2 桩基础	336	9.2 地震作用和结构抗震验算	366
8.5 无筋扩展基础	341	9.2.1 地震作用计算	366
8.6 扩展基础	342	9.2.2 结构抗震验算	372
8.7 柱下条形基础	352	9.2.3 地基基础抗震设计	374
思考题	355	9.3 多层砌体房屋结构的抗震	
习题	355	措施	375
第9章 建筑结构抗震设计简述	357	9.4 钢筋混凝土框架结构抗震设	
9.1 抗震设计基本概念	358	计要点	381
9.1.1 工程抗震若干概念	358	思考题	385
9.1.2 抗震设防目标和设计		习题	386
附录	387		
附录 A 钢筋的计算截面面积及理论重量	387		
附录 B 混凝土保护层	388		
附录 C 钢筋混凝土结构构件纵向受力钢筋的最小配筋率	389		
附录 D 钢筋混凝土矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算系数	389		
附录 E 等截面等跨连续梁在常用荷载下的内力系数	390		
附录 F 单向偏心受压砌体构件承载力影响系数	399		
附录 G 轴心受压钢构件的截面分类	402		
附录 H 轴心受压钢构件的稳定系数	404		
附录 I H 型钢和等截面工字型钢简支梁的系数 β_b 值	408		
附录 J 轧制普通工字型钢简支梁的 φ_b 值	409		
参考文献	410		

第一篇 建筑结构设计总论

第1章 建筑结构

建筑,是建筑物和构筑物的统称。

建筑物,是人类利用物质技术手段,在科学规律和美学法则的支配下,通过对空间的限定、组织和创造而形成的人为社会生活与生产环境,如住宅、饭店、体育馆、发电厂等。

构筑物,是人们一般不进入其内生活或直接进行生产活动的建筑,如烟囱、水塔等。广义地说,道路、桥梁、铁路、水利工程等都属构筑物之列。

建筑结构是建筑物的空间骨架系统,是建筑物得以存在的基本物质要素。

人类的建筑活动,从穴居、巢居到现代摩天高楼,经历了漫长的发展历程。无论是古代人还是现代人,营造建筑的目的都是为了满足人们物质生产和精神文化生活的需要。建筑物的功能要求随着社会生产力的不断发展和人类物质精神文化生活水平的不断提高而日益复杂化,建筑结构技术也在历史的进程中不断进步和发展。

建筑结构的函数,首先是提供一个能良好地为人类生活与生产服务,满足人类审美要求的结构空间。为此,必须选择合理的结构型式,使建筑空间满足使用要求和审美需求。例如,体育馆和图书馆的结构型式是截然不同的。建筑结构的另一重要功能是抵御自然界的各种作用,诸如结构自重、使用荷载、风荷载、地震作用等。为此,必须合理地选择结构的材料和受力体系,精心设计、精心施工,保证结构的安全性、适用性和耐久性。从某种意义上来说,结构设计的基本问题是合理确定受力体系以充分发挥材料的性能,把安全性、可靠性和经济性要求统一起来。

可见,合理的结构型式和结构体系、材料选用与实现建筑结构功能有极为密切的关系,建筑设计的质量直接影响建筑工程的社会效益、环境效益和经济效益。

1.1 建筑结构的组成

建筑结构由竖向承重结构体系、水平承重结构体系和下部结构三部分组成。竖向承重的结构构件有墙、柱等,承受竖向荷载和水平荷载;水平承重的结构有楼盖、屋盖、楼梯等,主要承受竖向荷载;下部结构主要指基础,也包括地下室等。基础把建筑物的荷载传至地基。

1. 竖向承重结构体系

竖向承重结构体系也就是沿高度方向的结构体系,有墙体结构、框架结构、框架-剪力墙结

构、筒体结构等(详见 1.2 节)。

2. 水平承重结构体系

(1) 平板结构体系

平板结构常用于墙体结构中,板直接支承在墙上(图 1.1.1a)。在板柱结构体系中可以采用无梁楼盖(图 1.1.1b、c)。其优点是板底平整,层高较低,但板的跨度不宜过大,否则楼板过厚,会增加结构自重。

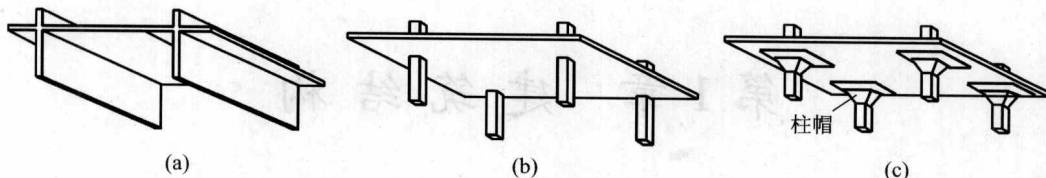


图 1.1.1 平板结构体系

(a) 支承在墙上的板;(b) 无柱帽无梁楼盖;(c) 有柱帽无梁楼盖

(2) 梁板结构体系

由梁和板组成,也称肋梁楼盖(图 1.1.2)。应用广泛,适用于不同的跨度要求,是最常见的水平结构体系。

(3) 密肋结构体系

板由间距较密的梁肋支承,常用于跨度较大而梁高受到限制的场所(图 1.1.3)。

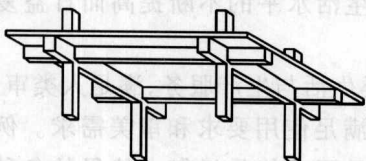


图 1.1.2 梁板结构体系

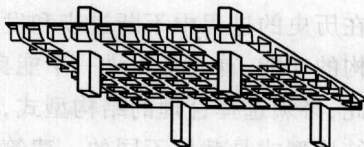


图 1.1.3 密肋结构体系

水平承重结构体系绝大多数采用现浇钢筋混凝土结构,高层建筑结构中也有采用钢-混凝土组合梁板结构的。工业厂房中的平台较多采用钢结构。

3. 下部结构

下部结构主要是指基础,也包括地下室结构等。基础材料主要采用钢筋混凝土,当荷载较小时也可用砖、砌块、毛石等砌体材料。

1.2 建筑结构的分类

1.2.1 按建筑材料分类

按建筑材料分类,有混凝土结构、钢结构、钢-混凝土组合结构、砌体结构、木结构和混合结

构等。

1. 混凝土结构

混凝土是用水泥、砂、石子和水以一定的配合比制成的人造石料,诞生至今仅有 100 多年的历史,已广泛应用于建筑、水利、桥梁、交通、地下、海洋等土木工程领域,是最常见的建筑材料。目前,世界上每年的人均混凝土产量已达 0.4 m^3 ,我国每年的总产量超过 10 亿立方米。

混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构三类。

混凝土结构的施工建造方式有现浇式和装配式之分。现浇式结构是就地支模、绑扎钢筋、浇筑混凝土并养护,在达到一定的强度以后拆模形成的混凝土结构(素混凝土结构一般都在现场浇筑)。装配式结构是在工厂或现场预制各种混凝土构件,现场吊装焊接组成的混凝土结构。

(1) 素混凝土结构

素混凝土结构的应用范围很小,仅用于以承受压力为主的结构中,例如柱墩、基础、墙体等。混凝土的特点是抗压强度较高,而抗拉强度很低,受拉时很容易断裂。在荷载作用下,梁、板等构件截面以中和轴为界部分承受压力,部分承受拉力,即使荷载很小,构件也会因截面受拉部分承受不了稍大的拉应力而突然断裂,如图 1.2.1a 所示。可见,当承受拉应力时,混凝土远远不能发挥作用。所以,这类构件不能用素混凝土制作。

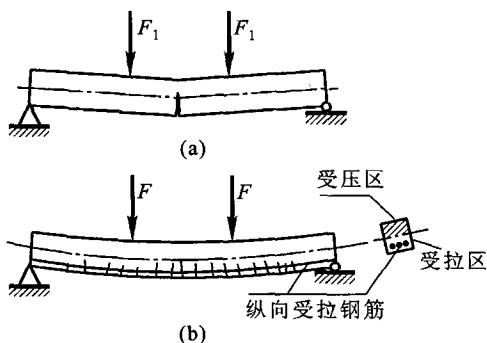


图 1.2.1 混凝土梁的破坏

(a) 素混凝土梁; (b) 钢筋混凝土梁

(2) 钢筋混凝土结构

为了充分利用混凝土的抗压强度,又不致使构件在不大的荷载下就发生断裂破坏,可以在构件的受拉部位沿拉力方向配置适量的钢筋,形成钢筋混凝土结构。固然,当荷载增大到一定值后,钢筋混凝土构件受拉部位的混凝土仍会开裂,但这时配置在受拉部位的钢筋可以替代混凝土承担拉应力,明显地提高了构件能承受的荷载值(图 1.2.1b)。在钢筋混凝土结构中,混凝土的抗压强度和钢筋的抗拉强度都能得以比较充分的利用。在构件的受压区,也可以配置钢筋,与混凝土一起共同承受压力。

钢筋和混凝土共同工作的原理在于:混凝土结硬以后,与钢筋之间形成很强的粘结作用,能够保证使用期间两者之间不产生或仅有极小的相对滑移;钢筋和混凝土的线膨胀系数非常接近,钢筋的线胀系数为 $1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,一般程度的温度变化不会破坏粘结作用;钢筋有混凝土的保护,在长期使用过程中一般不会锈蚀。构件中适量的钢筋与混凝土形成了良好的共同工作机制,不仅提高了承载能力,变形性能也明显改善。

钢筋混凝土结构具有刚度大,整体性能强,耐久性和耐火性较好等显著优点。新拌制的混凝土是可塑的,因而可以根据需要浇筑成各种形状的构件和结构,适用性广,取材也比较方便。钢筋混凝土结构的缺点是自重大,抗裂性能差,隔声和隔热效果差,施工复杂,工序多,需要大量的模板、支撑,户外施工受气候条件限制,补强修复比较困难。有效的改进办法有采用轻骨料以减轻自重,采用预应力混凝土以提高结构的抗裂性能等。

(3) 预应力混凝土结构

所谓预应力,是在结构或构件承受荷载之前,通过张拉钢筋等方法预先对结构施加压力,从

而在结构中人为地造成一种与荷载作用下的应力状态相反的应力,借以抵消结构在使用时的一部分拉应力。例如,图 1.2.2 中的简支梁,制作时先张拉梁中受拉区的钢筋,后浇混凝土,待混凝土达到一定的强度,放张钢筋,即相当于对梁施加一偏心压力,使梁截面的下部(预压区)产生预压应力,上部(预拉区)产生预拉应力。而在荷载作用下,梁截面的应力分布则相反,下部产生拉应力,上部产生压应力。这样,使用期间预应力混凝土梁截面上的应力就相当于上述两种情况的叠加,叠加的结果是梁截面下部仅有很小的拉应力甚至仍是压应力,如图 1.2.2a 所示。图 1.2.2b 表示荷载作用下钢筋混凝土梁截面的应力分布。对比两图可知,在相同的荷载作用下,预应力混凝土构件的抗裂性能明显优于普通钢筋混凝土构件,变形也小。另外,截面受到偏心预加压力作用后,使构件形成反拱,也抵消了一部分由荷载作用所引起的变形。提高抗裂性能和刚度是采用预应力混凝土构件的主要目的。

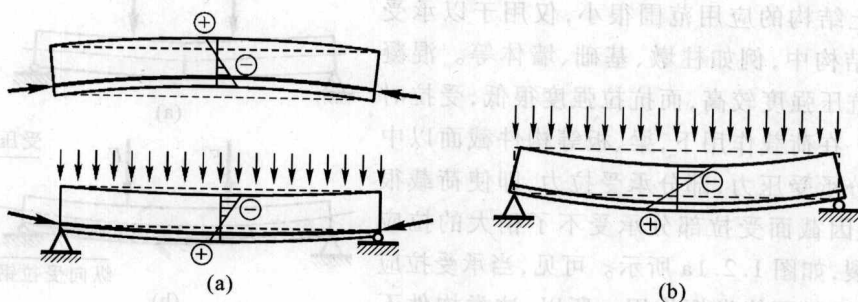


图 1.2.2 混凝土梁的截面应力
(a) 预应力混凝土梁; (b) 钢筋混凝土梁

2. 钢结构

钢结构是由型钢、钢板等钢材制成的杆件组成的结构,杆件或杆件之间采用焊接、螺栓或铆钉连接。

我国的钢产量目前排列世界第一,近年来钢结构设计理论和技术、应用发展很快。与其他结构类型比较,钢结构的优点有:一是材质均匀,可靠性高。因为钢材的生产工艺、检验控制比较严格,质量稳定,而且钢材组织均匀,各向的物理力学性质接近,用结构理论计算的结果与钢结构的实际受力情况比较符合。二是强度高,重量轻。钢材重量与强度的比值比其他材料小得多,例如当荷载和跨度相同时,钢屋架的自重约为钢筋混凝土屋架的 30% ~ 45%。三是塑性和韧性好,抗冲击和振动的能力强,抗震性能好,在一般条件下不会因偶然或局部超载而突然断裂破坏。四是钢结构适宜机械加工,工业化生产程度高,运输、安装方便,建造速度快以及耐热性能较好。五是钢材可以回收,钢结构建筑业可以形成循环经济。钢结构的主要缺点是耐火性能差,温度达到 600 ℃ 以上时将丧失承载能力。另外,钢结构容易锈蚀,一般要求定期检修,维修费用高。

钢结构常用于重型工业厂房承重结构和吊车梁结构、高层建筑结构、塔桅结构以及装配式房屋结构。近年来,大跨度钢结构技术取得了令人瞩目的成就,大型体育场馆、航空港等相继建成。为迎接 2008 年第 29 届奥运会,在首都北京建设的国家体育场(“鸟巢”),是钢结构建造史上新的里程碑。这座建筑呈双曲面椭圆马鞍形,南北向结构高度 40.746 m,东西向高度 67.12 m。体育场椭圆形平面,长轴 333 m,短轴 297 m。采用性能优异的 Q460 钢材,主结构由 24 根桁架钢柱

和 12 个辐射式钢桁架围绕碗状坐席区旋转而组成,科学、合理、简洁,再按建筑立面设计要求组装附加钢桁架,形成形态如孕育生命的“巢”,更像一个摇篮(图 1.2.3)。



图 1.2.3 建设中的国家体育场

另外,近期发展较快的轻型钢结构用小角钢或冷弯薄壁型钢(图 1.2.4)等材料制成,结构布置灵活,制作、运输和安装都很方便,常用于跨度较小、屋面轻的工业、民用和商业建筑中。图 1.2.5 所示为轻型钢结构厂房一例。

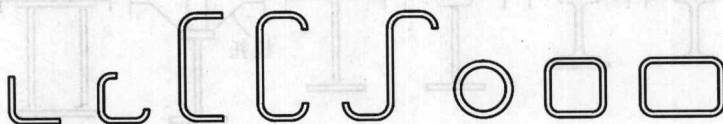


图 1.2.4 冷弯薄壁型钢



图 1.2.5 轻型钢结构厂房

3. 钢-混凝土组合结构

钢-混凝土组合结构是指结构构件用型钢和混凝土制作,或用型钢、钢筋和混凝土制作的结

构,有组合梁板结构、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构等。

(1) 钢 - 混凝土组合梁板结构

钢 - 混凝土组合梁板结构如图 1.2.6 所示,梁下部用钢梁,上部用混凝土(可采用压型钢板 - 混凝土组合板)。为了保证钢梁和混凝土板的共同作用,其间要用剪力连接件连接(例如圆柱头焊钉)。组合梁板主要用于高层建筑结构的楼盖及桥梁结构中。如果不设剪力连接件,称为非组合梁。

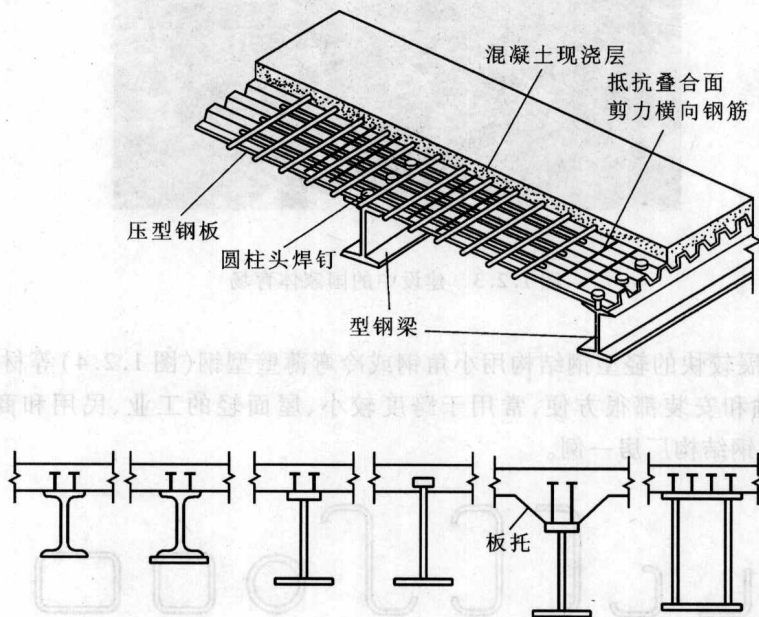


图 1.2.6 钢 - 混凝土组合梁板结构

钢 - 混凝土组合梁截面中,混凝土主要受压,钢梁受拉,比较充分地发挥了混凝土和钢材的特性,提高了截面的承载能力。而且,混凝土板参与组合梁的工作,增加了钢梁截面的高度和有效翼缘宽度,提高了钢梁的竖向和侧向刚度,结构变形小,侧向稳定性好。施工时,还可以利用钢梁承担模板、混凝土板重量和施工荷载,无需设置满堂脚手架,施工进度快。

目前,钢 - 混凝土组合梁板结构的应用面还比较小,除了钢材的锈蚀和耐火问题外,主要原因是混凝土和钢梁之间剪力连接件的施工技术还不很成熟。

(2) 型钢混凝土结构

型钢混凝土结构是指以型钢为骨架与钢筋混凝土组成的结构,又称钢骨混凝土结构或劲性混凝土结构,主要用于荷载较大的结构中,以节省结构空间。其典型的梁、柱截面如图 1.2.7 所示。当型钢全截面处于受拉区时,与钢 - 混凝土组合梁一样,也应在型钢翼缘上设置剪力连接件。很显然,与钢筋混凝土结构相比,它的承载力、刚度都有很大的提高。与钢结构相比,还提高了稳定性,外包混凝土也解决了钢材锈蚀和耐火的难题。图 1.2.8 所示深圳地王大厦(81 层,高度 325 m),是我国目前最高的钢 - 混凝土组合结构,58 层以下采用型钢混凝土柱。

(3) 钢管混凝土结构

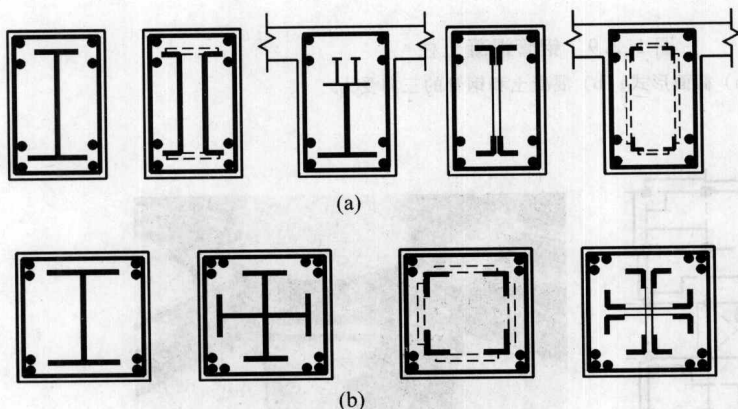


图 1.2.7 型钢混凝土构件的截面形式
(a) 梁; (b) 柱

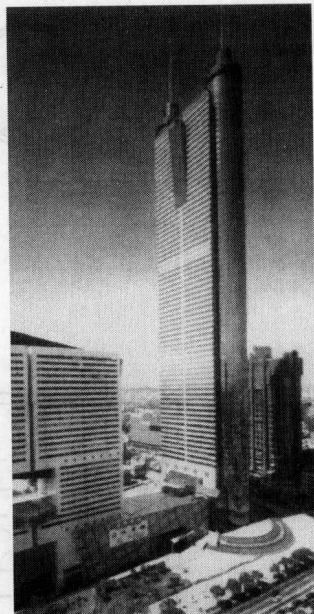


图 1.2.8 深圳地王大厦

钢管混凝土结构是在封闭的薄壁钢管中浇筑混凝土形成的组合结构,一般用作受压构件。薄壁钢管常用圆形和方形截面,如图 1.2.9a 所示。

钢管混凝土柱更充分地发挥了钢管和混凝土两种材料的作用。对混凝土而言,在荷载作用下,由于受到钢管的横向约束而处于三向应力状态(图 1.2.9b),其抗压强度和变形能力有了显著的提高。对管壁较薄的钢管而言,在中间填实了混凝土以后,解决了受压状态下容易局部失稳的问题,显著地提高了钢管壁的稳定性,使强度的潜力得以发挥。所以,钢管混凝土柱的承载力很高。此外,钢管混凝土结构塑性好,耐疲劳,耐冲击;截面对称、各个方向上的惯性矩、承载力相等,很适用于承受作用方向不确定的风荷载、地震作用;钢管兼有纵向钢筋和箍筋的双重作用,且其制作比钢筋骨架方便得多;钢管本身也是模板,核心混凝土中没有钢筋,浇筑混凝土非常方便;在施工阶段钢管还可以充当支撑,简化施工安装工艺。所以,在受压构件中用钢管混凝土结构代替钢结构,可以节约钢材。若代替钢筋混凝土结构,在用钢量大体相同的情况下可减小截面面积 50% 左右。钢管混凝土结构的耐火性能和防腐蚀性能不比钢结构差但不及混凝土结构,另外,梁柱节点的连接构造比较复杂。日本东京中央区高层住宅(图 1.2.10,地上 33 层,高 99.9 m)采用钢管混凝土柱、型钢混凝土梁结构,内部 2 排柱用圆管,外部 4 排柱用方管,混凝土强度为 36 ~ 42 MPa,是钢-混凝土组合结构的一个成功范例。

在土木工程中,采用钢管混凝土结构已有近百年的历史,近期得到了迅速的发展。主要用于单柱承载力大的高层、大跨度、重荷载结构中,例如工业厂房框架或排架柱,高层建筑的底层柱,设备和贮藏构筑物的支柱,地下车库、地下商场和地下铁道车站结构中的柱子,受力较大且高度很高的城市立交桥柱子以及大跨度桥梁中的受压构件等。在大城市施工场地狭窄的结构中,更

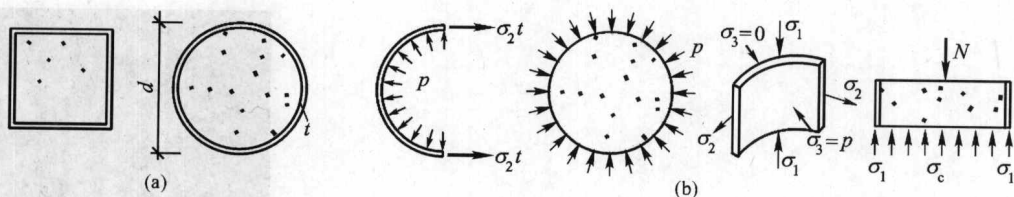


图 1.2.9 钢管混凝土柱
(a) 截面形式; (b) 混凝土和钢管的三向受力

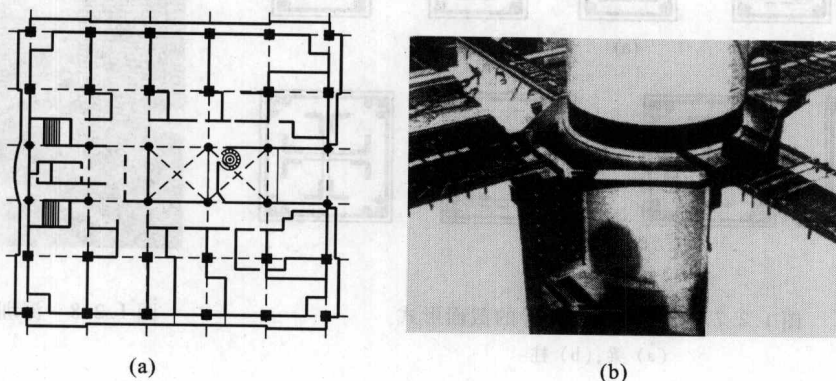


图 1.2.10 日本东京中央区高层住宅

(a) 标准层平面; (b) 梁柱接头

值得推广。

4. 砌体结构

砌体结构是指用砖、砌块、石块等块体和砂浆砌筑而成,以墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构,是砖砌体、砌块砌体和石砌体结构的总称。以前惯称砖石结构。

砌体结构在我国有悠久的历史,举世闻名的万里长城是砌体工程结构应用的光辉典范,世界上最早的敞肩式拱桥——河北赵县安济石桥于 1991 年被美国土木工程师学会选为世界土木工程技术的第 12 个里程碑。

目前,砌体结构最广泛的应用是建造大量的住宅、医院、办公楼等多层民用建筑的承重结构。据统计,全国基本建设中约 95% 的墙体材料采用砌体材料,在住宅建设中,约 90% 的建筑面积为多层砌体结构房屋。在今后一段较长的时期内,砌体结构仍是我国建筑工程中量大面广的常用结构类型。

砌体材料的优点有:可因地制宜,就地取材;可以利用工业废料生产砌块,具有显著的社会效益和环保效益;有良好的耐火性能、化学稳定性和大气稳定性;施工简单,不需要特殊的施工设备;在一定的使用功能条件下,砌体房屋工程造价比较低等。但是,与其他结构材料相比,砌体的抗压强度较低,结构构件截面尺寸大,材料用量多;砌体的抗拉、抗弯和抗剪强度更低,因而仅能用于墙、柱等受压构件中;自重,在地震中遭受的地震作用也大,抗震性能差;特别要认识的是

烧制粘土砖要破坏大量农业用地,消耗大量的能源。据统计,每建造 $10\,000\text{ m}^2$ 住宅要毁田 $2\,000\text{ m}^2$,烧砖耗用标准煤 200 t ,排放 0.1 t 的二氧化碳及大量的二氧化硫气体。为了保护环境、贯彻可持续发展战略,我国规定 2001 年 6 月 1 日起在沿海城市及其他土地资源贫乏的城市禁止使用粘土砖,5 年后,170 个人均占有耕地面积不足 530 m^2 的城市全部禁止使用实心粘土砖,代之以环保节能的新型墙体材料,如蒸压粉煤灰砌块、混凝土小型空心砌块等。

5. 木结构

木结构是指由木材制成的承重结构。木结构构件有木构架、木柱、木梁、木桁架等。我国森林资源匮乏,为了保护生态环境和经济的可持续发展,除特殊需要外木结构的应用已经少见。

6. 混合结构

混合结构是指由不同材料的承重结构组成的整体结构。例如钢结构和混凝土结构、型钢混凝土结构和钢结构等,组成部分的结构体系可以不同,主要用于高层建筑。又如砌体结构和混凝土结构组成的结构,过去直接称为混合结构。

1.2.2 按主体结构体系分类

1. 结构的抗侧移刚度

在介绍主体结构体系之前,先说明结构抗侧移刚度的概念。假设在一根柱子的顶部施加一单位水平力,柱顶产生的水平位移为 Δ ,则为了使柱顶产生单位水平位移,就需要在柱顶施加 $\frac{1}{\Delta}$ 的水平力(图 1.2.11a)。显然,材料相同时,柱子截面越大,需要施加的柱顶水平力越大。可见, $\frac{1}{\Delta}$ 的大小反映了柱抵抗侧移的能力,一般就称 $\frac{1}{\Delta}$ 为柱的抗侧移刚度(或侧移刚度、侧向刚度、抗剪刚度)。例如,比较柱和墙(图 1.2.11b),墙的抗侧移刚度远大于柱。其他条件相同时,材料弹性模量较大的结构抗侧移刚度较大。

抗侧移刚度的概念也可以应用于结构体系,使结构体系顶部产生单位位移所需的水平力越大,则结构体系的抗侧移刚度越大。平面结构布置相同的体系,高度越大,抗侧移刚度越小。

2. 主体结构体系

主体结构体系一般是指竖向承重结构体系,承受竖向荷载也承受水平方向的荷载。主要有墙体结构体系、框架结构体系、框架-剪力墙结构体系和筒体结构体系等。

(1) 墙体结构体系

墙是厚度尺寸远小于长度、高度尺寸的结构构件。全部由墙体承重的结构体系称为墙体结构体系,主要有砌体墙结构体系、钢筋混凝土墙结构体系、型钢混凝土剪力墙结构体系等。

1) 砌体墙结构体系

砌体墙结构体系是最常见的结构类型,有时根据需要还可布置柱子承重,大量用于多层房屋结构。

在砌体结构体系中,还有底部框架-剪力墙砌体结构和内框架砌体结构。底部框架-剪力墙砌体结构是上部各层由砌体承重,底层或底部两层由钢筋混凝土框架和砌体墙共同承重的混合结构体系。内框架砌体结构是内部为钢筋混凝土框架承重、外墙为砌体承重的结构体系。详见第 6 章 6.2 节。