

高等院校土木工程专业系列教材

高层建筑混凝土结构设计

编著 田稳苓 黄志远
审核 华德徽

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑混凝土结构设计 /田稳苓,黄志远编著.

北京:中国建材工业出版社,2005.7

ISBN 7-80159-937-3

I. 高... II. ①田...②黄... III. 高层建筑—混凝土结构—结构设计 VI. TU 973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 064189 号

内 容 提 要

本书系统地阐述了高层建筑结构体系及选择,建筑体型的设计原则,结构上的作用计算方法,结构分析计算模型及计算要点;系统地介绍了框架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构、钢筋混凝土现浇楼盖、高层房屋的基础的设计计算方法及施工图平面整体表示方法。书中除对结构的内力近似计算理论和方法作必要的阐述外,对高层建筑的体型设计、结构静力、动力计算模型、结构计算合理性分析作了系统的介绍。旨在通过本书的学习,使学生掌握高层建筑混凝土结构设计全过程的各个设计环节。本书可作为高等学校土木工程专业的教科书,还可供工程设计人员及科研人员参考。

高层建筑混凝土结构设计

田稳苓 黄志远 编著

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街6号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.5

字 数:406千字

版 次:2005年7月第一版

印 次:2005年7月第一次

定 价:25.00元

网上书店:www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

前 言

20 世纪 90 年代以来,我国混凝土结构的高层建筑迅速发展,国内兴建的住宅、旅馆、办公楼、商贸中心和多功能高层建筑,绝大多数为钢筋混凝土结构。这就要求土木工程专业学生必须掌握高层建筑混凝土结构设计方法。为适应新形势下培养复合型高等土木工程人才和实际工程设计的需要,根据全国高等学校土木工程专业指导委员会关于该课程教学大纲的要求及我国现行的相关规范和规程,编写了本书。

本书在内容安排上注重实用性、系统性和全面性,并注重对结构整体性及建筑体型分析。主要包括高层建筑结构的受力特点、高层建筑结构体系、建筑体型设计、结构上的作用、结构分析、常用的高层框架、剪力墙和框架—剪力墙结构的设计、钢筋混凝土现浇楼盖设计、高层房屋的基础设计、施工图平面整体表示方法。在编写上除对结构的内力近似计算理论和方法作简明的阐述外,对高层建筑的体型设计、结构静力、动力计算模型、结构计算合理性分析及施工图平面整体表示方法作了系统的介绍。力求通过本书的学习,使学生掌握高层建筑混凝土结构设计全过程的各设计环节。本书可作为高等学校土木工程专业的教科书,还可供工程设计人员及科研人员参考。

本书由河北工业大学田稳苓(编写第 1、2、3、4、5 章,第 6 章 1、2 节,第 7 章 1、2 节,第 8 章 1、2、3 节,第 11 章)、河北工业大学黄志远(编写第 6 章 3 节,第 7 章 3、4 节,第 8 章 4 节,第 9 章,第 10 章及各章例题)共同编写。由田稳苓负责制定编写大纲及进行统稿。河北工业大学华德徽教授审阅了全部书稿,并提出了很多宝贵的建议和具体的修改意见,在此表示衷心感谢。

由于编写时间仓促及编者水平所限,书中错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者
2005年3月

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 高层建筑的发展	(1)
1.2 高层建筑设计特点	(3)
第 2 章 高层建筑结构体系	(6)
2.1 高层建筑结构体系组成原则	(6)
2.2 高层建筑结构体系	(7)
2.3 结构体系的选择	(17)
2.4 复杂高层建筑结构体系	(18)
第 3 章 建筑体型	(20)
3.1 建筑体型设计的一般原则	(20)
3.2 建筑体型设计	(23)
3.3 建筑结构的规则性和不规则程度	(32)
第 4 章 结构上的作用	(34)
4.1 竖向荷载	(34)
4.2 风荷载	(34)
4.3 地震作用	(37)
第 5 章 结构分析	(45)
5.1 结构计算的基本假定	(45)
5.2 重力二阶效应与结构稳定	(50)
5.3 结构水平位移控制	(53)
5.4 高层建筑混凝土房屋结构设计主要内容	(57)
第 6 章 框架结构	(58)
6.1 结构布置	(58)
6.2 框架结构内力和位移计算	(60)
6.3 框架结构内力组合	(81)
6.4 框架梁、柱的截面设计和构造	(85)

第 7 章 剪力墙结构.....	(103)
7.1 结构布置	(103)
7.2 内力分析及位移计算	(104)
7.3 剪力墙的截面设计与构造要求	(130)
第 8 章 框架-剪力墙结构	(143)
8.1 结构布置	(143)
8.2 框架-剪力墙结构平面协同分析	(146)
8.3 框架-剪力墙结构的受力和位移特性	(160)
8.4 框架-剪力墙结构的构造要求	(167)
第 9 章 钢筋混凝土现浇楼盖设计	(168)
9.1 概述	(168)
9.2 单向板肋梁楼盖	(171)
9.3 双向板肋梁楼盖	(196)
9.4 无梁楼盖	(210)
第 10 章 高层房屋的基础设计	(222)
10.1 基础选型.....	(222)
10.2 筏形基础.....	(224)
10.3 箱形基础.....	(231)
10.4 桩基础.....	(233)
第 11 章 结构施工图平面整体表示方法	(238)
11.1 结构计算合理性分析.....	(238)
11.2 结构施工图的主要内容.....	(241)
11.3 施工图平面整体表示方法.....	(244)
11.4 某高层建筑施工图实例.....	(250)
参考文献.....	(255)

第 1 章 绪 论

1.1 高层建筑的发展

高层建筑的“高”是一个相对的概念,它是与人的感觉和地区的环境有关的。因此,高层建筑不能简单地以高度或层数用一个统一的标准定义。不过,从结构工程师的观点出发,高层建筑应是在结构设计中,因建筑物的建筑高度的不断增加,使水平风荷载或地震作用对建筑物的影响起重要控制作用。

多层与高层建筑的界限各国定义不一,也不严格,相关的影响因素主要有:①建筑材料的发展;②建筑技术的发展;③地震区高层建筑的研究水平;④电梯的设置标准;⑤防火的特殊要求。

多、高层建筑的定义一般是根据传统的影响、是否设电梯、建筑物的防火等级等因素确定的。我国曾将 8 层及 8 层以上的民用建筑或高度超过 22m 的工业建筑(设电梯)定义为高层建筑。《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2002 将 10 层及 10 层以上的或房屋高度超过 28m 的民用建筑定义为高层建筑。

人类从文明社会开始就向往着高楼大厦,最初建造的高大建筑是为了防御外来侵略,随之发展到教会建筑。世界上第一栋近代高层建筑是美国芝加哥家庭保险公司大楼(Home Insurance,10 层,高度为 55m),建于 1884~1886 年。现代高层建筑也起源于美国,其中的代表建筑为 1931 年建成的纽约帝国大厦(102 层,高度为 381m),1972 年建成的纽约世界贸易中心姐妹楼(110 层,高度分别为 417m 和 415m)和 1974 年建成的芝加哥西尔斯大厦(110 层,高度为 442m)。1985 年以来,亚洲的日本、新加坡、香港、马来西亚、韩国、朝鲜和中国等国家和地区建成了大量的高层建筑,逐步成为世界高层建筑的集聚地之一。1998 年马来西亚吉隆坡建成的石油双塔大厦(88 层,高度为 452m)取代西尔斯大厦成为世界的最高建筑。芝加哥为了保持世界第一建筑高度的记录,正在筹建一栋超过石油双塔大厦的摩天大楼。

我国内地高层建筑从 20 世纪 50 年代开始自行设计和建造,1959 年在北京建成了一批高层公共和旅馆建筑,如民族饭店(14 层)、民航大楼(16 层)。20 世纪 60 年代最高的建筑是广州宾馆(27 层,高度为 87m)。20 世纪 70 年代相继建造了一批高层办公和旅馆建筑,其中最高的是广州白云宾馆(33 层,112m)。20 世纪 80 年代我国高层建筑高速发展,1980~1984 年所建的高层建筑相当于解放以来三十多年中兴建高层建筑的总和。20 世纪 90 年代我国高层建筑的层数和高度增长很快,1995 年第五届国际高层建筑会议公布的排名,全世界最高的 20 栋建筑中,亚洲 10 栋,中国大陆 3 栋,香港地区 2 栋,台湾省 1 栋,即中国已占 6 栋。

据高层建筑与城市住宅委员会(CTBUH)1998 年 1 月公布的资料,世界上最高的 15 栋建筑如表 1-1 所示,中国占 4 栋。1998 年末统计的中国大陆已建成的 15 栋最高建筑如表 1-2 所示。其分布地区情况:上海 6 栋,深圳 4 栋,武汉 2 栋,北京 1 栋,广州 1 栋,青岛 1 栋。

表 1-1 世界上最高的 15 栋建筑(1998 年 1 月发布)

序 号	名 称	城 市	建成年代	层 数	高度(m)	材 料	用 途
1	石油大厦 1 Petronas Tower 1	吉隆坡	1998	88	452	M	多功能
2	石油大厦 2 Petronas Tower 2	吉隆坡	1998	88	452	M	多功能
3	西尔斯大厦 Sears Tower	芝加哥	1974	110	442	S	办 公
4	金茂大厦 Jin Mao Tower	上 海	1998	88	421	M	多功能
5	世界贸易中心 1 World Trade Center 1 (2001 年 9 月 11 日因飞机撞击而倒塌)	纽 约	1972	110	417	S	办 公
6	世界贸易中心 2 World Trade Center 2 (2001 年 9 月 11 日因飞机撞击而倒塌)	纽 约	1973	110	415	S	办 公
7	帝国大厦 Empire State Building	纽 约	1931	102	381	S	办 公
8	中环广场 Central Plaza	香 港	1992	78	372	C	办 公
9	中银大厦 Bank of China Tower	香 港	1989	70	369	M	办 公
10	T&C 大厦 T&C Tower	高 雄	1997	85	348	S	多功能
11	标准石油公司大厦 Amoco Building	芝加哥	1937	80	346	S	办 公
12	约翰汉克中心 John Hancock Center	芝加哥	1969	100	344	S	多功能
13	地王大厦 Shun Hing Square	深 圳	1996	81	325	M	办 公
14	中天广场 Sky Central Plaza	广 州	1996	80	322	C	多功能
15	芝加哥湖滨大厦 Chicago Beach Tower Hotel	芝加哥	1998	60	321	M	旅 馆

注：“材料”栏中 M 为钢-混凝土混合结构 S 为钢结构 C 为混凝土结构。

表 1-2 中国大陆最高的 15 栋建筑(1998 年 1 月发布)

序 号	名 称	地点	室内地坪至屋顶板高度(m)	结构层		体 系		形 状	建成年份
				地上	地下	材料	结 构		
1	金茂大厦	上海	421	88	3	M	框架-筒体	方 形	1998
2	地王大厦	深圳	325	81	3	M	框架-筒体	矩 形	1996
3	中天广场(中信广场)	广州	322	80	2	C	框架-筒体	方 形	1997
4	赛格广场	深圳	292	72	4	M	框架-筒体	八角形	1998
5	中银大厦	青岛	246	58	4	C	筒中筒	1/4 圆形	1996
6	明天广场	上海	238	60	3	C	框架-剪力墙	方 形	1998
7	上海交银金融大厦北楼	上海	230	55	4	M	框架-剪力墙	直角梯形	1998
8	武汉世界金融大厦	武汉	229	58	2	C	筒中筒	方 形	1998
9	浦东国际金融大厦	上海	226	56	3	M	框架-筒体	弧 形	1998
10	彭年广场(余氏酒店)	深圳	222	58	4	C	框架-多筒	三角形	1998
11	鸿昌广场	深圳	218	60	4	C	筒中筒	八角形	1996
12	武汉国际贸易中心	武汉	212	53	3	C	筒中筒	棱 形	1996
13	万都中心	上海	211	55	2	C	框架-筒体	方 形	1998
14	京广中心	北京	208	57	3	M	框架-剪力墙	扇 形	1990
15	上海国际航运大厦	上海	208	50	3	M	框架-筒体	扇 形	1998

注：“材料”栏中 M 为钢-混凝土混合结构 S 为钢结构 C 为混凝土结构。

按组成高层建筑材料,可将高层建筑分为钢结构高层建筑、混凝土结构高层建筑、钢-混凝土混合结构高层建筑三种形式。钢结构具有自重轻、强度高、延性好、施工快等特点,但用钢量大、造价高、防火性能较差。混凝土结构具有造价低、耐火性能好、结构刚度大等优点,但结构的自重较大,这会使结构的地震作用增大,同时增加了在软土地基上设计基础的难度。钢-混凝土混合结构综合了两者的优点,克服了两者的缺点,是高层建筑中一种较好的结构形式。在世界范围内建成的高层建筑或超高层建筑中,钢结构、钢-混凝土混合结构的大厦占了相当大的比例,世界上最高的15栋高层建筑中,钢结构有7栋,钢-混凝土混合结构有6栋,混凝土结构仅有2栋(表1-1)。国内目前仍以混凝土结构的高层建筑为主。国内已建成的15栋最高的高层建筑中,混凝土结构占8栋,钢-混凝土混合结构占7栋(表1-2)。

本书仅讨论混凝土结构高层建筑的受力性能和结构设计方法,并重点讲述框架结构、框架-剪力墙结构和剪力墙结构的设计方法。

1.2 高层建筑设计特点

高层建筑结构和多层建筑结构一样,承受竖向荷载和水平作用,但高层建筑结构首先是高,因而具有以下主要特点。

1. 水平作用力为控制作用

结构要同时承受竖向荷载和水平作用,在低层结构中,水平作用产生的内力、侧移很小,以抵抗竖向荷载为主。随着建筑高度的增加,水平作用(风荷载或地震作用)产生的内力和位移迅速增加,如果把建筑物看成一个简单的竖向悬臂构件(图1-1),构件中由竖向荷载产生的轴力与高度(H)成正比,水平作用产生的弯矩与高度(H)的二次方成正比,水平作用产生的侧向位移则与高度(H)的四次方成正比。在高层建筑结构中,水平作用将成为结构设计的控制因素。

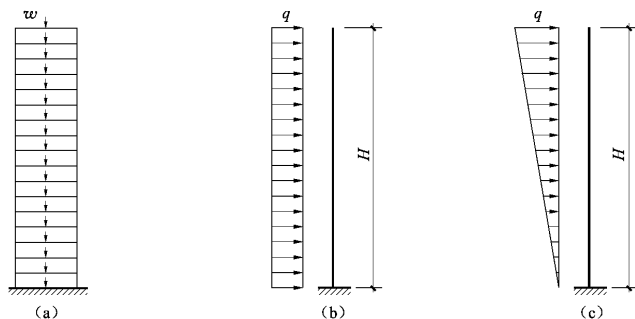


图 1-1 建筑物上的作用

(a)竖向荷载 (b)均布水平作用 (c)倒三角形水平作用

$$\text{轴力} \quad N = wH (\text{竖向荷载}) \quad (1-1)$$

$$\text{弯矩} \quad M = \frac{qH^2}{2} (\text{均布水平作用}) \quad (1-2)$$

$$M = \frac{qH^2}{3} (\text{倒三角形水平作用}) \quad (1-3)$$

侧移

$$\Delta = \frac{qH^4}{8EI} (\text{均布水平作用}) \quad (1-4)$$

$$\Delta = \frac{11qH^4}{120EI} (\text{倒三角形水平作用}) \quad (1-5)$$

2. 结构应具有适宜刚度

从上述的分析中发现,随着高度的增加,高层建筑的侧向位移迅速增大。因此,设计高层建筑时不仅要求结构有足够的强度,而且要求结构有适宜的刚度,使结构有合理的自振周期等动力特性,并使水平力作用下产生的层位移控制在一定范围之内。高层建筑结构层间位移(刚度)控制的主要目的有以下几点:

(1)在正常使用条件下,保证主结构基本处于弹性受力状态,避免钢筋混凝土墙或柱出现裂缝,将混凝土梁等楼面构件的裂缝数量、宽度和高度限制在规范允许范围之内。

(2)在正常使用条件下,保证填充墙、隔墙和幕墙等非结构构件的完好,避免产生明显损伤。

(3)在正常使用条件下,保证高层建筑物有适宜的刚度,避免高层建筑物在风荷载作用下,产生过大的振动加速度,满足高层建筑物中居住者的舒适度要求。

(4)在强烈地震作用下,避免因结构薄弱层(部位)产生较大的弹塑性变形,引起结构的严重破坏甚至倒塌。

3. 结构应具有良好的延性

建筑结构的耐震主要取决于结构所能吸收的地震能量,它等于结构承载力~变形曲线所包围的面积(图 1-2)。可见,结构的耐震能力是由承载力和变形能力两者共同决定的。当结构承载力较低而具有很大的变形能力(延性)时,也可以吸收较多的能量(图 1-2b)。这样,即使结构较早出现损坏,但能经受住较大的变形,也会避免倒塌。相对于低层建筑,高层建筑较柔一些,地震作用下的变形就更大一些。为了避免高层建筑在大震下倒塌,必须在满足必要强度的前提下,通过优良的概念设计和合理的构造措施,来提高整个结构、特别是薄弱层(部位)的变形能力,使结构在进入塑性变形阶段后,仍具有较强的变形能力。

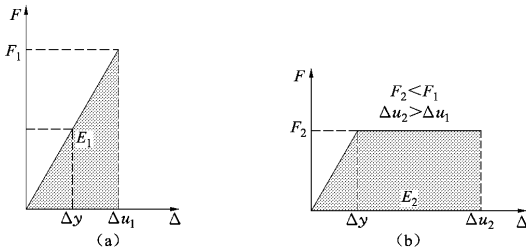


图 1-2

一个结构或构件的延性,是指结构或构件在承载力没有明显降低的情况下,其塑性变形能力。一般用破坏或极限强度时的变形与屈服变形的比值来表示,称为延性比或延性系数。

结构的总体延性常用顶点位移延性比(延性系数)表示,即

$$\mu = \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (1-6)$$

式中 μ ——结构顶点位移延性比(延性系数)；

Δu ——结构顶点极限位移；

Δy ——结构顶点屈服位移。

顶点位移延性比综合反映结构各部分的塑性变形能力。地震区对一般钢筋混凝土结构要求 μ 值大于 3~5。结构延性的好坏与许多因素有关,如结构材料、结构体系、总体结构布置、构件设计、节点连接构造等。因此,在结构设计中应综合考虑这些因素,合理设计,使结构具有足够的强度、适宜的刚度、良好的延性。

第2章 高层建筑结构体系

2.1 高层建筑结构体系组成原则

建筑结构是指建筑物中承受荷载并起骨架作用的部分,由水平分体系(楼、屋盖)、竖向分体系(抗侧力结构体系)和基础三大部分组成。作用在建筑结构上的荷载传递路线为:荷载→水平分体系→竖向分体系→基础。

由于高层建筑的水平作用是控制作用,因此,抗侧力结构体系的选择和设计成为设计中的关键问题。高层建筑结构体系的组成应遵循下列原则:

1. 结构体系应具有明确的计算简图和合理的地震作用传递途径

如图 2-1 所示,由于柱(图 2-1a、图 2-1b、图 2-1c)和抗震墙(图 2-1d)不连续,使地震作用传递路线间断。如果在这些不规则传力部位处,相邻构件的强度差异较大时,易引起图 2-1 中阴影部位构件的非弹性变形集中,成为抗震上的薄弱部位。

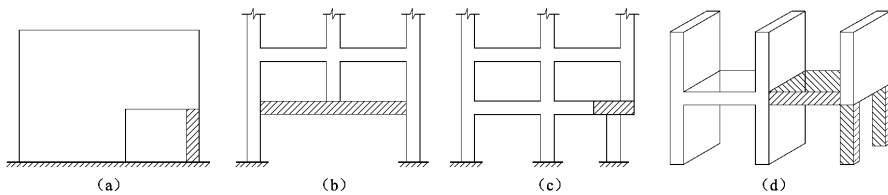


图 2-1 不规则传力路线实例(引自 SEAOC-1990)

2. 结构体系应避免因部分结构或构件破坏而导致整个结构丧失抗震能力或承受重力荷载的能力

在 1995 年日本阪神大地震中,一些 8~10 层上下的钢筋混凝土房屋在中间层塌落;1999 年台湾集集大地震中,一些 10 多层的钢筋混凝土房屋向一侧倾倒。其原因是出现了薄弱层(图 2-2)。因此,抗震设计的一个重要原则是避免部分结构破坏,防止结构塌落和倾倒。

3. 结构体系应具备必要的承载能力、适宜的刚度和良好的变形能力

对结构体系来说足够的承载能力是基本要求,而适宜的刚度和良好的变形能力是同时需要满足的条件。结构刚度过大,虽然变形小,震害轻,但地震作用大,不经济。结构刚度过小,变形太大,震害重。因此,设计时应使结构刚度适宜。

结构要有良好的塑性变形能力,通过允许的塑性变形耗散地震能量,达到大震不倒的目的。在地震区,结构延性设计准则是抗震设计的重要原则。

4. 结构体系宜具有多道抗震防线

多道抗震防线的结构体系在历次地震中,均显示出优越的抗震性能。其原因是当第一道防线的抗侧力构件在强烈地震作用下遭到破坏后,由第二道防线的抗侧力构件来承受后续的地震冲击,以保证建筑物最低限度的安全,免于倒塌。尤其当建筑物基本周期与地震震动的卓

越周期相接近,以致发生共振的情况时,多道抗震防线的优越性就更为明显。当第一道防线因共振而遭破坏后,以第二道防线为主体的建筑物,自振周期会有较大变化,不同于地震震动的卓越周期,避开共振现象,减轻地震的破坏作用,虽然可能遭受到十分严重的破坏,却很少发生倒塌。如果仅有一道抗震防线,该防线一旦破坏,相应于随后的持续地震动,就会促使建筑物倒塌。

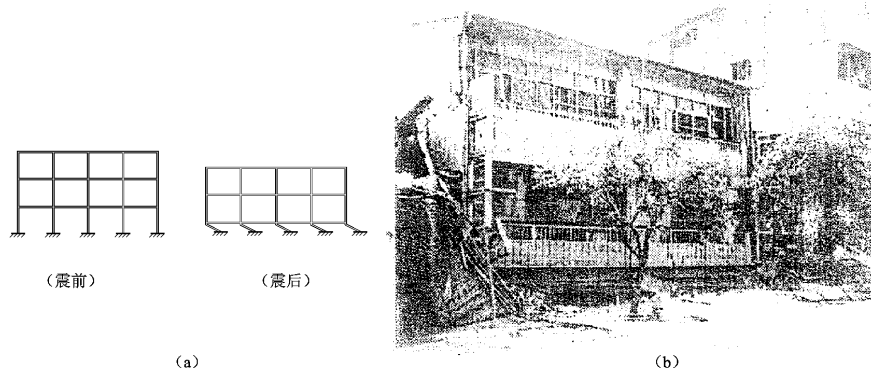


图 2-2 底柱折断、底层偏移

(a)震害示意简图;(b)震害实况

多道抗震防线的结构体系一般为多重结构体系(如框架-剪力墙体系、框架-支撑体系、框架-筒体系、筒中筒体系等)。震害调查发现,建筑物倒塌的最直接原因是承重构件承载能力降低,且低于有效重力荷载作用效应。因此,第一道防线应优先选择不负担或少负担重力荷载的构件或体系。

2.2 高层建筑结构体系

我国钢筋混凝土高层建筑中通常采用的结构体系有:框架、框架-剪力墙、剪力墙和筒体等几种体系。这些体系的受力特点、抵抗水平作用的能力、特别是抗震性能都有所不同,因此有不同的适用范围。

2.2.1 框架结构体系

由梁、柱线形杆件组成的结构称为框架。框架可以是等跨的,亦可以是不等跨的,层高可以相等亦可以不相等(图 2-3a)。有时因使用要求还可在某层缺梁或某跨缺柱(图 2-3b)。高层建筑中的所有抗侧力单元全部采用框架,称为框架结构体系。

框架结构在建筑上能够提供较大的空间,平面布置灵活,对设置门厅、会议室、开敞办公室、阅览室、商场和餐厅等都十分有利,故常用于综合办公楼、旅馆、医院、学校、商场等建筑。

框架既承受竖向荷载也承受水平作用。在水平荷载作用下,梁、柱内力由底层往上逐渐减少,内力分布不均匀(图 2-4a),框架结构的位移曲线呈剪切型(图 2-4b),其特点是愈到上部层间相对位移愈小。

框架结构作为抗侧力单元,主要由线性杆件组成,抗侧刚度较小、侧向位移大,一般属于柔性结构。框架结构体系通过合理设计,可具有良好的延性,即所谓实现“延性框架”设计。因此在地

震力作用下 ,框架结构本身的抗震性能是好的。但另一方面 ,由于框架结构侧向刚度较小 ,水平作用下位移较大 ,易引起非结构性构件的破坏 ,有时甚至会造成结构破坏。从受力合理和控制造价的角度 ,框架结构不宜建得过高。

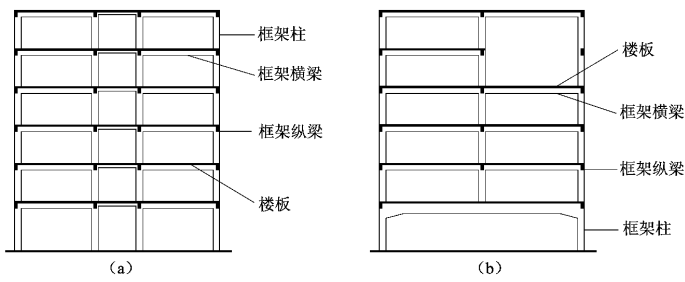


图 2-3 框架结构
(a)框架结构 ;(b)某层缺梁或某跨缺柱的框架结构

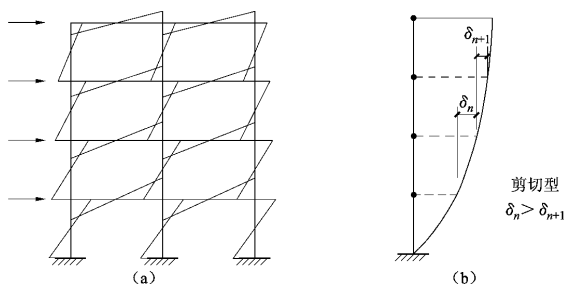


图 2-4 框架结构在水平荷载作用下的弯矩图和位移曲线
(a)弯矩图 ;(b)位移曲线

我国已建成的钢筋混凝土框架结构体系中最高达 15 层 ,是早期建造的北京民航办公大楼 ,为装配式框架结构体系 ,如图 2-5 所示。

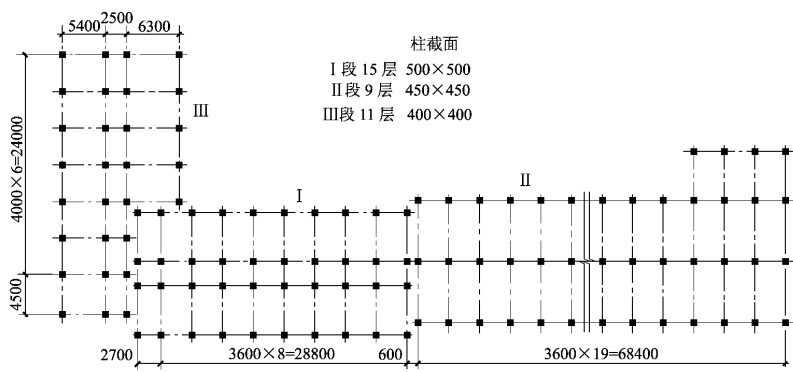


图 2-5 北京民航办公大楼

2.2.2 剪力墙结构体系

剪力墙是截面厚度薄、宽度(长度)较大的平面构件。高层建筑中的所有抗侧力单元全部采用剪力墙 称为剪力墙结构体系。

剪力墙体系是利用房屋的内、外墙作为承重构件的一种体系。承重墙同时也兼作围护和分隔墙使用 ,适用于开间较小的住宅、旅馆等高层建筑。图 2-6 所示的上海才茂公寓(23 层 ,高 71m)为一剪力墙结构体系。

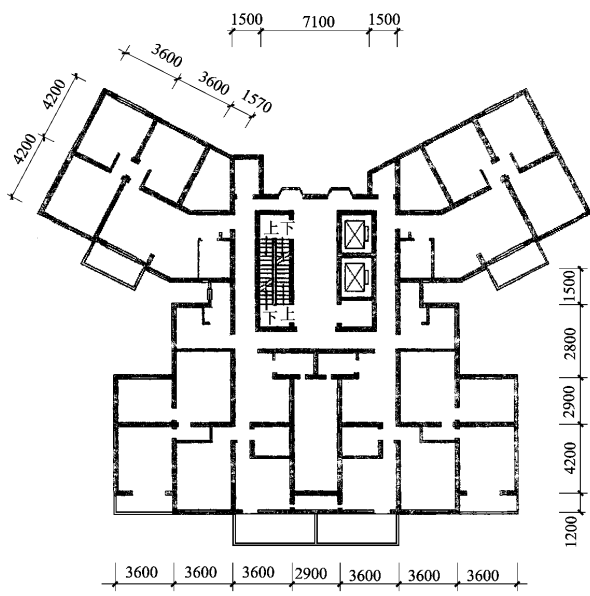


图 2-6 上海才茂公寓平面

剪力墙作为墙体使用时 ,既承受竖向荷载 ,也承受水平作用。在水平作用下 ,剪力墙结构的位移曲线呈弯曲型(图 2-7) ,其特点是愈到上部层间相对位移愈大。

剪力墙结构体系的缺点和局限性主要表现在剪力墙间距不能太大 ,平面布置不灵活 ,不能满足公共建筑的使用要求 ,结构自重也较大。

剪力墙的抗震性能较好 ,现浇钢筋混凝土剪力墙结构体系 ,由于其整体性好、抗侧刚度大 ,因而在水平力作用下侧向变形小 ,震害轻。由于墙体截面面积大 ,强度也比较容易满足 ,适合建造高层建筑。

当采用剪力墙结构的高层住宅沿街布置时 ,为了满足居民购物和城市规划的要求 ,需要在建筑物的底部取消隔墙而做成大开间的商场。另外 ,一些剪力墙结构体系的宾馆 ,考虑到娱乐、购

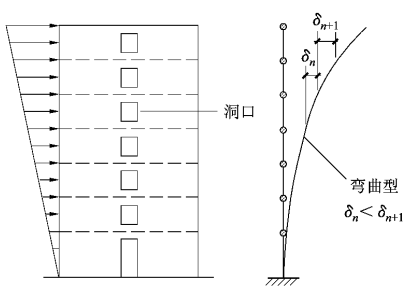


图 2-7 水平荷载作用下剪力墙的位移曲线

物、用膳、停车等的要求,也将房间的底部做成大开间。为此,可使部分剪力墙落地,部分剪力墙在底部改为框架,成为框支剪力墙。这类结构体系称为底部大空间的剪力墙结构体系。图 2-8 所示为大连友谊广场商住楼(15 层),为底部大空间的剪力墙结构。

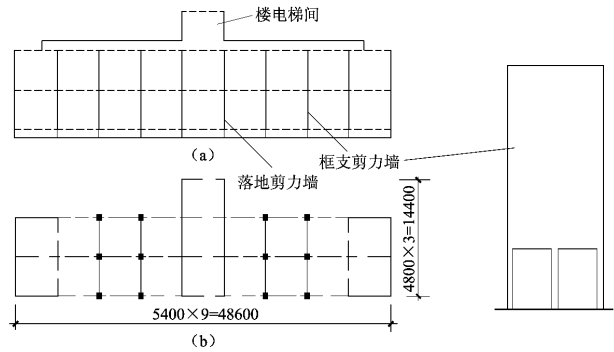


图 2-8 大连友谊广场商住楼结构平面图
(a)顶层平面 (b)首层平面

2.2.3 框架-剪力墙结构体系

框架-剪力墙结构体系是在框架体系中设置一定数量的剪力墙所构成的双重体系。框架体系具有建筑平面布置灵活,有较大空间的优点,但其抗侧刚度差,水平位移较大。剪力墙体系恰好相反,具有抗侧刚度大、侧向变形小的特点,而建筑空间受到一定限制,布置不灵活。为此,在框架体系中,在适当位置布置适当数量的剪力墙,会使整个结构体系的抗侧刚度适当,并能满足抵抗水平作用的承载力要求,还可以保证建筑布置的一定灵活性。这样,可达到取两者之长,补各自体系原有之不足。框架-剪力墙体系是一种经济有效、应用范围较广的结构体系,普遍应用于宾馆和办公楼等公用建筑中(图 2-9)。

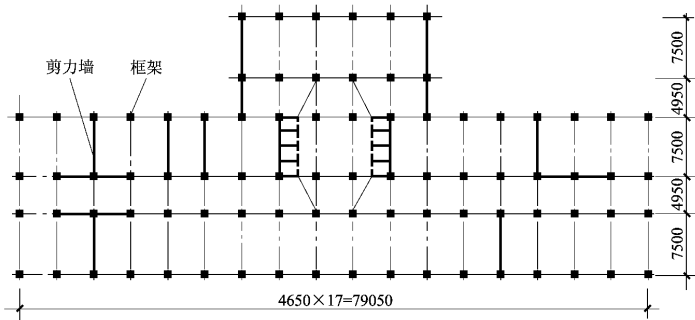


图 2-9 北京饭店平面图

框架-剪力墙结构体系中,剪力墙承受绝大部分的水平作用,而框架则以承受竖向荷载为主,分工合理、物尽其用。框架和剪力墙之间的协同工作,使房屋各层变形趋于均匀。同时也使框架柱的受力比纯框架柱均匀,因此柱截面尺寸和配筋亦较均匀。框架和剪力墙的刚度相

差很大,水平作用下的变形曲线形状也不相同,当框架单独承受水平作用时,其变形曲线呈剪切型(图 2-10a),当剪力墙单独承受水平作用时的变形曲线呈弯曲型(图 2-10b),两者通过楼板连在一起,使变形协调一致,变形曲线呈弯剪型(图 2-10c)。

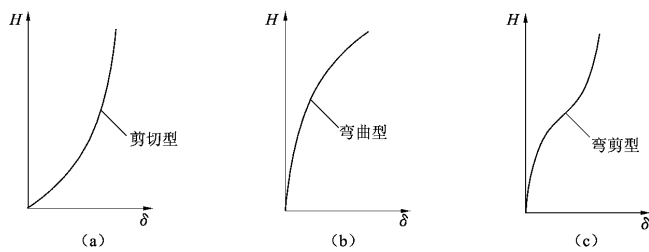


图 2-10 结构的水平位移曲线(H —房屋高度; δ —房屋的水平位移)
(a)框架结构 (b)剪力墙结构 (c)框架-剪力墙结构

2.2.4 筒体结构体系

筒体是由钢筋混凝土墙形成的封闭的空间结构。它具有较大抗侧及抗扭刚度。筒体有两种形式:一为实腹筒体,筒体和各层楼板连接后,形成了一个抗侧刚度极大的空间结构,似一竖向放置的薄壁悬臂箱形梁(图 2-11a);另外一种为空腹筒体,由布置在房屋四周的密集立柱和高跨比很大的窗裙梁所组成的多孔筒体(图 2-11b)构成。空腹筒体的开洞面积一般不超过房屋外立面面积的 60%。柱距一般为 1.2~3.0m,最大不宜超过 4m。窗裙梁的截面高度可取柱净距的 1/4,厚一般为 0.3~0.5m。在水平作用下,筒体的位移曲线呈弯剪型(图 2-11c)。

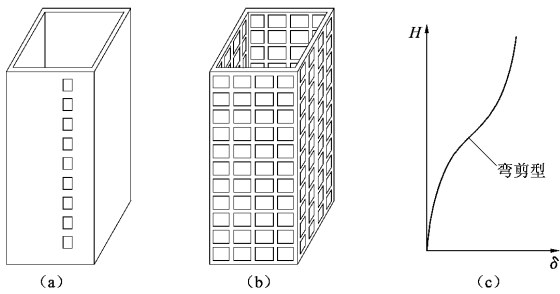


图 2-11 筒体及其水平荷载作用下的位移曲线
(a)实腹筒 (b)空腹筒 (c)位移曲线

以筒体来承受房屋大部分或全部竖向荷载和水平荷载所组成的结构体系称为筒体结构。根据房屋的高度、荷载的性质、建筑功能及建筑美学要求可以采用框架-筒体结构、筒中筒结构、组合筒结构和其他一些筒体结构形式。

1. 框架-核心筒结构体系

工程设计时,一般可将竖向交通、卫生间等服务性房屋集中布置在楼层平面的核心部

位,沿着该部位的周边设置钢筋混凝土墙体,将办公用房布置在外围,便形成了由实腹筒和框架共同组成的框架-核心筒结构体系。这种结构体系的外框架布置灵活,为建筑师设计各种不同的建筑平面、立面和空间创造了条件,适用于有新意的各种公共建筑,如图 2-12 所示。

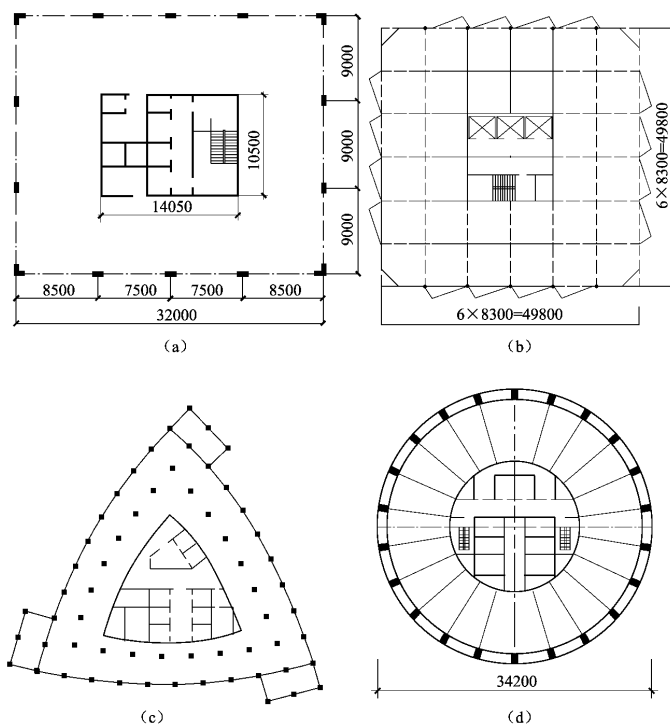


图 2-12 框架-核心筒结构体系

(a)上海联谊大厦(29层,高 108.65m) (b)上海华东电管局(24层,高 123m);
(c)上海虹桥宾馆(35层,高 103.7m) (d)广东肇庆星湖大酒店(34层,高 118.4m)

框-筒体系中,框架主要承受竖向荷载,而筒体主要承受水平作用,框架-筒体结构体系的受力性能类似于框架-剪力墙结构体系,在水平荷载作用下的位移曲线呈弯剪型。但是,前者的抗侧刚度远大于后者。

为增加建筑物的高度,还可在框架内设置若干个封闭的组合筒体形成框架-组合筒体结构体系。目前,世界最高的建筑——马来西亚的石油大厦姐妹楼采用的就是这种结构形式(图 2-13)。正在美国芝加哥筹建的世界最高建筑 Miglin-Beitler 塔(609.7m)采用的也是这种结构形式(图 2-14)。另外,还可以将组合筒体设在框架的外部,组成框架-组合筒结构体系。外露的组合筒体使建筑立面显得更加挺拔、雄伟。深圳市中国银行大厦就是框架-外露组合筒结构的一个实例(图 2-15)。