

黑龙江省高等教育应用型人才培养系列教材

高层建筑结构设计

主编 吕梦周

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

黑龙江省高等教育应用型人才培养系列教材

高层建筑结构设计

主编 吕梦周

内 容 简 介

本书内容按《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2010)、《工程结构可靠性设计统一标准》(GB50153—2008)、《混凝土结构设计规范》(GB20010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB50009—2012)等最近几年新颁布执行的规范编写。全书共分7章,内容包括绪论、高层建筑结构体系及结构布置、荷载和地震作用、结构的设计原则及有关规定、框架结构设计、剪力墙结构设计、框架-剪力墙结构设计等。

本书重点阐述高层建筑结构设计的基本概念、基本理论和基本设计方法;对常见的高层建筑混凝土结构三大结构,以适合于手算的简便方法为主,阐述其计算理论、方法,结合每一种结构的设计例题,对每一种结构形式从结构布置开始直至构件配筋计算进行整个设计过程的介绍,有利于初学者掌握课程的内容,为工程技术人员提供参考。

本书可作为高等院校土木工程类专业课程教材,也可供从事工程设计、施工、科研及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计/吕梦周主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2015.5

ISBN 978-7-5661-1015-2

I. ①高… II. ①吕… III. 高层建筑-结构设计
IV. ①TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 073828 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 16.75
字 数 430 千字
版 次 2015 年 6 月第 1 版
印 次 2015 年 6 月第 1 次印刷
定 价 40.00 元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

随着社会的发展和人们生活的需要,高层建筑越来越多地出现在每一个城市;由于钢筋混凝土结构具有耐久性好、耐火性好、刚度好、整体性好、经济性好等优点,高层建筑结构中采用钢筋混凝土材料的居多;因此,高层建筑混凝土结构设计是土木工程专业学生应主要掌握的专业知识之一。笔者在多年从事高层建筑结构设计的教学过程中,根据自己对高层建筑结构设计的体会和理解编写本书,旨在为从事高层建筑结构设计学习、设计人员提供参考书。

本书以最近几年新颁布执行的《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2010)、《工程结构可靠性设计统一标准》(GB50153—2008)、《混凝土结构设计规范》(GB20010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB50009—2012)等规范为依据编写;对常见的高层建筑混凝土结构基本概念、基本理论和基本设计方法进行详细介绍,重视理论联系实际,紧密结合我国的实际情况,对目前常见的框架、剪力墙、框架-剪力墙等高层建筑混凝土结构体系,以手算的简便方法为主,结合贯通整个设计过程的设计例题,全面系统地介绍三大结构体系的设计方法,强化了概念。为便于初学者掌握,讲解方法力求深入浅出、简明扼要。

本教材围绕培养高等技术应用人才开展编写工作。以应用为目的,以必需、够用为主,以讲解概念,基本理论,强化应用为教学重点,注重针对性和适用性,注重设计方法和手段,以满足科技发展和生产实际的需要。

本书由吕梦周主编,参编人员有王宏枢、李伟、崔小明等。本书设计例题由研究生刘德全、潘天鹏、郭翰辰等编写,在此对他们表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,本书难免存在不足之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者
2014 年 10 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 高层建筑结构的概念和设计特点	1
1.2 高层建筑结构的发展历史及方向	3
第2章 高层建筑结构体系及结构布置	8
2.1 高层建筑结构体系	8
2.2 各种结构体系的最大适应高度及适应的高宽比	18
2.3 高层建筑结构布置及设计要求	20
2.4 高层建筑的楼盖	31
第3章 荷载和地震作用	32
3.1 竖向荷载	32
3.2 风荷载	33
3.3 地震作用	41
第4章 结构的计算原则及有关规定	55
4.1 高层建筑结构计算的基本假定	55
4.2 结构计算分析	57
4.3 荷载组合和地震作用组合的效应	58
4.4 构件承载力设计	60
4.5 重力二阶效应及结构稳定	61
4.6 高层建筑水平位移限值和舒适度要求	63
4.7 罕遇地震作用下薄弱层弹塑性变形验算	65
第5章 框架结构设计	67
5.1 框架结构布置	67
5.2 框架梁柱截面尺寸估算及混凝土强度等级	70
5.3 结构的计算简图	71
5.4 竖向荷载作用下框架结构内力的简化计算	73
5.5 水平荷载作用下框架结构内力和侧移的简化计算	75
5.6 荷载效应组合和构件设计	87
5.7 框架结构的构造要求	92
5.8 框架结构设计例题	101
第6章 剪力墙结构分析与设计	127
6.1 剪力墙结构布置及有关规定	127
6.2 剪力墙在竖向荷载作用下的计算	130
6.3 剪力墙结构在水平荷载作用下的计算简图和计算方法	131
6.4 整体墙的内力和位移计算	135
6.5 整体小开口墙的内力和位移计算	138



6.6	联肢墙内力和位移计算	141
6.7	壁式框架内力和位移计算	154
6.8	剪力墙分类的判别	158
6.9	剪力墙截面设计要点及构造要求	161
6.10	剪力墙结构设计实例	172
第7章	框架-剪力墙结构房屋设计	189
7.1	框架-剪力墙结构布置	189
7.2	基本假定与计算简图	192
7.3	框架-剪力墙铰结体系在水平荷载作用下内力及侧移计算	193
7.4	框架-剪力墙刚结体系在水平荷载作用下内力及侧移计算	206
7.5	框架-剪力墙结构的刚度特征值与内力、侧移关系	210
7.6	框架-剪力墙结构的截面设计和构造	212
7.7	框架-剪力墙结构设计实例	214
附录	考试大纲	253
参考文献		260

第1章 绪 论

【本章的意义和主要内容】

通过本章的学习使学生了解高层建筑结构受力特点及高层建筑结构的发展历史。

1.1 高层建筑结构的概念和设计特点

1.1.1 高层建筑结构的概念

高层建筑是相对于多层建筑而言的,多少层数以上或多少高度以上的建筑为高层建筑,全世界至今没有一个统一的划分标准。在不同的国家、不同的年代,其规定也不一样,这与一个国家当时的经济条件、建筑技术、电梯设备、消防装置等许多因素有关。如美国规定高度 22 ~ 25 m 以上或 7 层以上的建筑为高层建筑;英国规定高度 24.3 m 以上的建筑为高层建筑;日本规定 8 层以上或高度超过 31 m 的建筑为高层建筑。我国颁布的《建筑设计防火规范》和《高层民用建筑防火规范》将 10 层及以上的住宅和高度超过 24 m 的公共建筑定为高层与多层的分界,就是从经济条件、人员疏散和火灾扑救难度等方面考虑确定的。

我国颁布的《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)(以下简称《高规》)规定,10 层及 10 层以上或房屋高度超过 28 m 的住宅建筑及高层高度大于 24 m 的其他高层民用建筑混凝土结构为高层建筑。

1.1.2 高层建筑设计特点

高层建筑结构可以设想成为支承在地面上的竖向悬臂构件,承受着竖向荷载和水平荷载的作用,如图 1-1(a),(b)所示。与多层建筑结构相比,高层建筑设计具有下述一些特点。

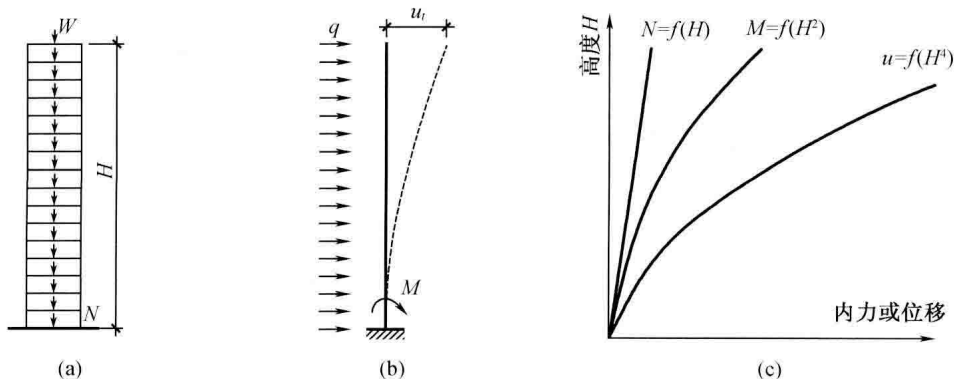


图 1-1 高层结构的受力和变形示意图



1. 水平荷载成为设计的决定性因素

对于多层建筑结构,一般是竖向荷载控制着结构的设计。随着房屋层数的增加,虽然竖向荷载对结构设计仍有着重要的影响,但水平荷载已成为结构设计的控制因素。因为竖向荷载在结构的竖向构件中主要产生轴向压力,其数值仅与结构高度的一次方成正比,而水平荷载对结构产生的倾覆力矩,以及由此在竖向构件中所引起的轴力,其数值与结构高度的二次方成正比。而且,与竖向荷载相比,作为水平荷载的风荷载和地震作用,其数值与结构的动力特性等有关,具有较大的变异性。

高层建筑分别在竖向荷载和水平荷载作用下(图 1-1(a),(b)),结构底部所产生的轴力 N 和倾覆力矩 M 与结构高度 H 存在着如下关系,即

$$\left. \begin{array}{ll} \text{竖向荷载} & N = WH \\ \text{水平均布荷载} & M = \frac{1}{2}qH^2 \\ \text{水平倒三角形荷载} & M = \frac{1}{3}qH^2 \end{array} \right\} \quad (1-1)$$

2. 侧移成为设计的控制指标

随着建筑高度的增加,水平荷载作用下结构的侧移急剧增大。由图 1-1 可知,结构顶点的侧移与结构高度 H 的四次方成正比。结构的侧移对结构的使用功能和安全的有着非常大的。因为,过大的水平位移会使人产生不安全感,也会使填充墙和主体结构出现裂缝或损坏,造成电梯轨道变形,影响正常使用。过大的侧移会使结构因 $p-\Delta$ 效应而产生较大的附加内力。同时,对水平荷载作用下结构侧移的控制实际上是对结构构件截面尺寸和刚度大小控制的一个相对指标。

3. 轴向变形的影响在设计中不容忽视

竖向荷载是从上到下一层一层传递累积的,它使高层建筑的竖向结构构件产生较大的轴向变形。如在框架结构中,中柱承受的轴压力一般要大于边柱的轴压力,相应地中柱的轴向压缩变形要大于边柱的轴向压缩变形。当房屋很高时,中柱和边柱就会产生较大的差异轴向变形,使框架梁产生不均匀沉降,从而造成框架梁的弯矩分布发生较大的变化。图 1-2(a)为未考虑各柱轴向变形时框架梁的弯矩分布;图 1-2(b)为考虑各柱差异轴向变形时框架梁的弯矩分布。

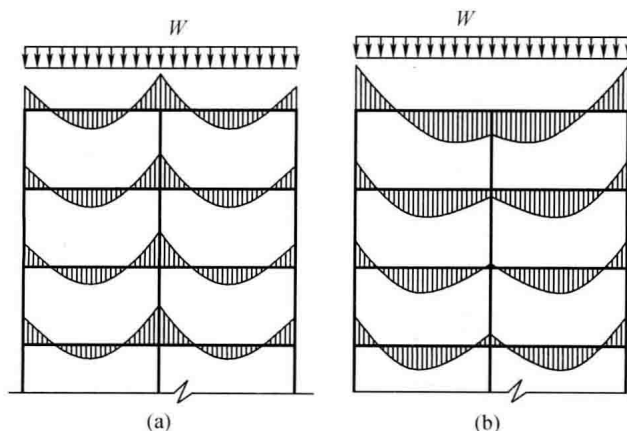


图 1-2 柱轴向变形对高层框架梁弯矩分布的影响



4. 延性成为结构设计的重要指标

对地震区的高层建筑,设计时应确保结构在地震作用下具有较好的抗震性能。结构的抗震性能主要取决于其“能量吸收与耗散”能力的大小,而“能量吸收与耗散”的能力又取决于结构延性的大小。因此,为了保证结构在进入塑性变形后仍具有较好的抗震性能,需加强结构抗震概念设计,采取恰当的抗震构造措施,来确保结构具有较好的延性。

5. 结构材料用量显著增加

高层建筑的特点决定了建造高层建筑比多层建筑需要更多的材料。对钢筋混凝土高层建筑来说,材料用量会随楼层数的增加而增多。

1.2 高层建筑结构的发展历史及方向

1.2.1 高层建筑结构的发展简史

高层建筑是随着社会生产的发展和人们生活的需要而发展起来的,是商业化、工业化和城市化的结果。科学技术的进步、轻质高强材料的出现,以及机械化、电气化、计算机在建筑中的广泛应用,为高层建筑的发展提供了物质基础和技术条件。

高层建筑的建造和发展已有百余年的历史,较早的高层建筑是公元前 280 年古埃及人建造的高 100 多米的亚历山大港灯塔和公元 523 年中国河南登封县建成的高 50 多米的嵩岳寺塔。现代高层建筑兴起于 18 世纪 80 年代的美国,并在第二次世界大战以后,随着科学的进步和经济的发展,出现了高层建筑的繁荣时期。

在国外,从 18 世纪末开始,建筑采用了一项革命性的新技术:放弃传统的石头承重墙,采用一种轻型的铸铁结构和石头外墙,使框架与外墙分离,建筑史称其为“钢铁结构进化中决定性的一步”。1885 年,芝加哥建成的家庭保险大楼(Home Insurance Building)(地上 11 层,高 55 m)被认为是世界上第一栋近代高层建筑。20 世纪初至 30 年代,由于设计理论和建筑材料的限制,结构材料用量较多,自重较大,并且以框架结构为主;而钢铁工业的发展和钢结构设计技术的进步,使高层钢结构的建筑得到极大的发展。1902 年,辛辛那提市建成的英格尔斯(Ingalls)(地上 16 层,高 64 m)大楼是世界上第一栋钢筋混凝土高层建筑。1931 年,纽约市建成了著名的帝国大厦(Empire State Building)(102 层,高 381 m),它保持世界最高建筑达 41 年之外,如图 1-3 所示。20 世纪 30~80 年代,钢筋混凝土结构得到了全新发展,钢结构发展了新体系,钢-混组合结构迅速发展,结构理论突破了纯框架的抗侧力体系,筒体结构设计概念的提出,极大地推动了以后高层建筑的发展。1973 年建造的 110 层、高 402 m 的纽约世界贸易中心(World Trade Center),如图 1-4 所示,对以后高层建筑结构的设计和建造具有重要参考价值;1974 年建造的 110 层、高 443 m 的芝加哥西尔斯大厦(Sears Tower),如图 1-5 所示,曾保持世界最高建筑达 20 年之久。20 世纪 80 年代以后,钢筋混凝土高层建筑得到了空前的发展,轻质高强材料、抗风抗震结构体系、施工技术及施工机械等方面都取得了很大进步,计算机在设计中的应用使得高层建筑飞速发展。2010 年建成的 162 层的哈利法塔(Burj Khalifa Tower)总高 828 m,如图 1-6 所示,为当前世界第一高楼。



图 1-3 帝国大厦

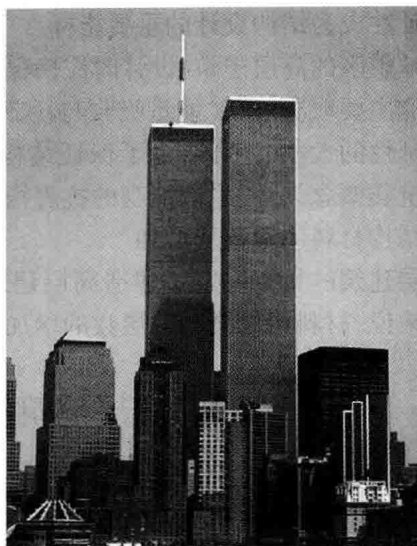


图 1-4 纽约世界贸易中心

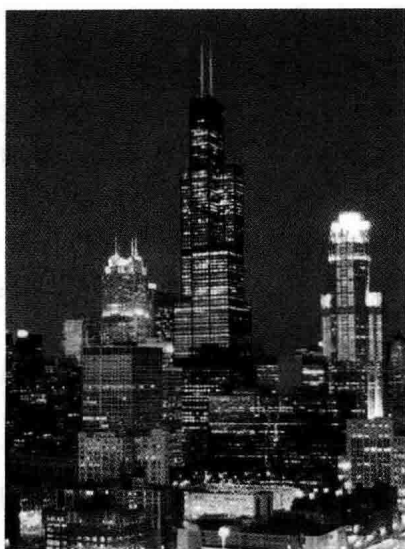


图 1-5 西尔斯大厦



图 1-6 哈利法塔

根据世界高层建筑与城市住宅委员会(Council on Tall Building & Urban Habitat)公布的结果,截至 2014 年,建成的世界最高十大建筑如表 1-1 所示。

表 1-1 世界已建成的最高十大建筑

序号	名称	城市	高度/m	层数	建成年份
1	哈利法塔	迪拜	828	162	2010
2	上海中心大厦	上海	632	121	2014
3	麦加皇家钟塔饭店	麦加	601	120	2012
4	世贸中心一号楼	纽约	541	104	2013

表 1-1(续)

序号	名称	城市	高度/m	层数	建成年份
5	台北 101 大厦	台北	509	101	2004
6	上海环球金融中心	上海	492	101	2008
7	环球贸易广场	香港	484	118	2010
8	石油大厦	吉隆坡	451	88	1998
9	紫峰大厦	南京	450	89	2010
10	西尔斯大厦	芝加哥	442	110	1974

新中国成立前,在上海、广州、天津等城市,由国外设计建造了少量高层建筑,如锦江饭店(1925 年,13 层)等。新中国成立后,随着我国经济和科学技术的发展,我国开始自行设计建造高层建筑。20 世纪 60 年代末,是我国高层建筑发展的初级阶段,主要为 20 层以下的框架结构,如 1959 年建成的北京民族饭店(12 层,高 47.4 m);1964 年建成的北京民航大楼(15 层,高 60.8 m);1966 年建成的广州人民大厦(18 层,高 63 m)。20 世纪 70 年代,我国高层建筑有了较大发展,层数一般在 20~30 层,主要用于住宅、旅馆、办公楼,如 1974 年建成的北京饭店新楼(20 层,高 87.4 m)是当时北京最高建筑;1976 年建成的广州白云宾馆(33 层,高 114 m),它保持我国最高建筑纪录长达 9 年。20 世纪 80 年代,我国高层建筑进入兴盛时期,仅 1980~1983 年所建的高层建筑就相当于 1949 年以来 30 多年中所建高层建筑的总和,如 1985 年建成的深圳国际贸易中心(50 层,高 160 m)是 20 世纪 80 年代最高的建筑;1990 年建成的深圳发展中心大厦(43 层,高 165 m)是我国第一座大型高层钢结构建筑;其他著名建筑有广州国际大厦(63 层,高 200 m)、北京京广中心大厦(57 层,高 208 m)、上海锦江宾馆(43 层,高 153 m)等。20 世纪 90 年代至今,随着我国经济实力的增强,高层建筑在我国得到了前所未有的发展,代表性建筑有:上海明天广场(60 层,高 238 m),如图 1-7 所示,它是我国目前最高的框架-剪力墙结构;天津 117 大厦(117 层,高 597m),如图 1-8 所示;上海环球金融中心(101 层,高 492 m),如图 1-9 所示;上海中心大厦(121 层,高 632 m),是我国目前最高的建筑,如图 1-10 所示。

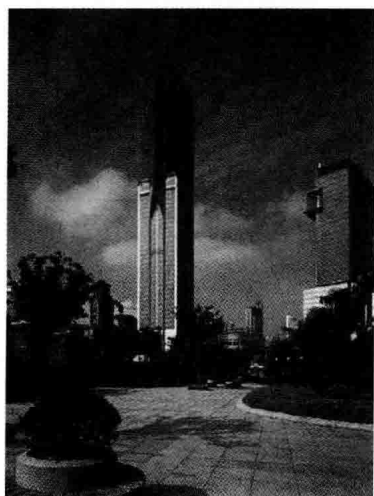


图 1-7 上海明天广场

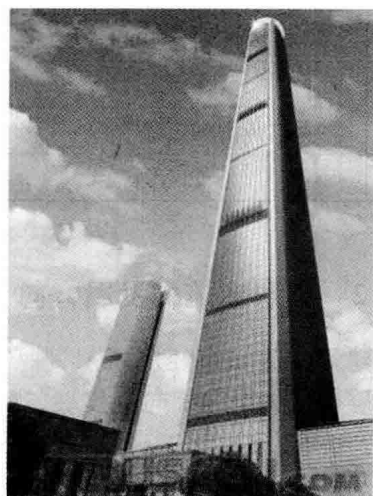


图 1-8 天津 117 大厦

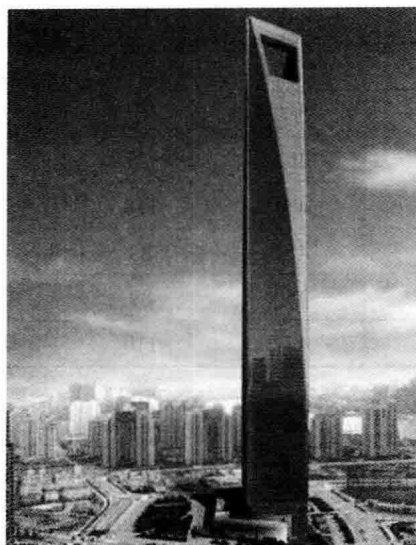


图 1-9 上海环球金融中心

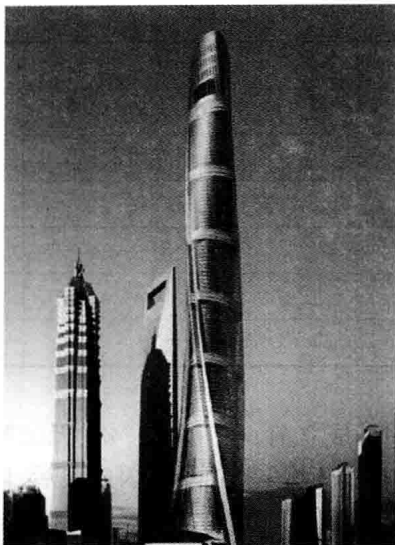


图 1-10 上海中心大厦

随着我国高层建筑的不断发展,建筑高度不断增加,建筑类型和功能愈来愈复杂,结构体系更加多样化。表 1-2 列举了我国近年来在建或已建成的最高十大建筑。

表 1-2 我国在建或已建成的最高十大建筑

序号	名称	城市	高度/m	层数	建成年份
1	深圳平安金融中心	深圳	648	119	2016
2	上海中心大厦	上海	632	121	2014
3	天津 117 大厦	天津	597	117	2016
4	台北 101 大厦	台北	508	101	2004
5	上海环球金融中心	上海	492	101	2014
6	环球贸易中心	香港	484	118	2010
7	长沙国金中心	长沙	452	93	2017
8	紫峰大厦	南京	450	89	2010
9	广州国际金融中心	广州	437	103	2009
10	金茂大厦	上海	420	93	2008

1.2.2 高层建筑的发展方向

高层建筑作为城市经济繁荣、科学发展和社会进步的标志,在未来必将得到进一步的发展。高层建筑如果继续向上发展,现阶段还必须克服四大难题:首先要发展高层轻质的墙体材料;其次要发展用于高层建筑的轻钢结构;第三要发展垂直运输设备;最后要发展超高层建筑的防火、防毒气等的安全设施和设备安装技术等。

高层建筑将朝着如下方向发展:



1. 开发应用新材料

随着建筑高度的增加,结构面积占建筑使用面积的比例越来越大,建筑的自重也越来越大,引起的地震效应也越大,因此,必须从建筑材料方面进行改进。

2. 高层建筑的高度将出现突破(超过 1 000 m)

根据世界高层建筑与城市住宅委员会统计,到 2020 年,世界最高建筑将突破 1 000 m,比如 Nakheel 公司大楼(Nakheel Tower)、王国塔(Kingdom Tower)、穆巴拉克塔(Burj Mubarak Al Kabir)等。

3. 涌现新的设计概念和新的结构形式

新的设计概念包括动力非线性分析方法、结构控制理论和全概率设计法等。新的结构形式如巨型结构、蒙皮结构、带加强层结构、耗能减震结构等,将逐步用于高层建筑的分析和设计中。

4. 智能建筑将得到发展

智能建筑通过对建筑物的四个基本要素,即结构、系统、服务和管理,以及它们之间的内在联系,以最优化的设计,提供一个投资合理又拥有高效率的优雅舒适、便利快捷、高度安全的环境空间。

5. 生态建筑将成为高层建筑发展趋势

生态建筑通过组织(设计)建筑内外空间中的各种物态因素,使物质、能源在建筑生态系统内部有序地循环转换,获得一种高效、低耗、无废、无污染、生态平衡的建筑环境。

第2章 高层建筑结构体系及结构布置

【本章的意义和主要内容】

通过本章的学习使学生了解高层建筑结构受力特点,掌握高层建筑结构体系,掌握高层建筑结构体系选择方法,掌握高层建筑结构总体布置、平面布置、竖向布置要求,掌握变形缝设置要求,了解楼盖选型及楼盖结构布置要求,了解水平位移限值及舒适度要求。

2.1 高层建筑结构体系

高层建筑结构是高层建筑的骨架,其在高层建筑使用期限内承受各种可能出现的荷载及作用。在各种荷载及作用下,高层建筑结构应具有足够的承载力,不发生整体或局部的破坏或失稳,保证结构的安全;同时,它还应具有足够的刚度,控制过大的变形及侧移,满足使用及舒适度的要求。除此以外,高层建筑结构还应保证结构具有足够的抵抗各种物理及化学作用的能力,即满足耐久性的要求。

高层建筑结构由水平方向设置的构件(如梁板)、竖向设置的构件(柱、墙等)和基础组成。水平设置构件与竖向设置构件的不同组合形成了高层建筑结构各种体系。常见的结构体系有框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构、巨型结构等。不同结构体系抵抗水平荷载和竖向荷载的性能不同,因此适应高度也不相同。

2.1.1 框架结构

由梁、柱等线性杆件在节点刚结(局部可铰结)形成空间刚架,由空间刚架承受水平及竖向荷载及作用。这种结构形式称为框架结构,如图2-1所示。

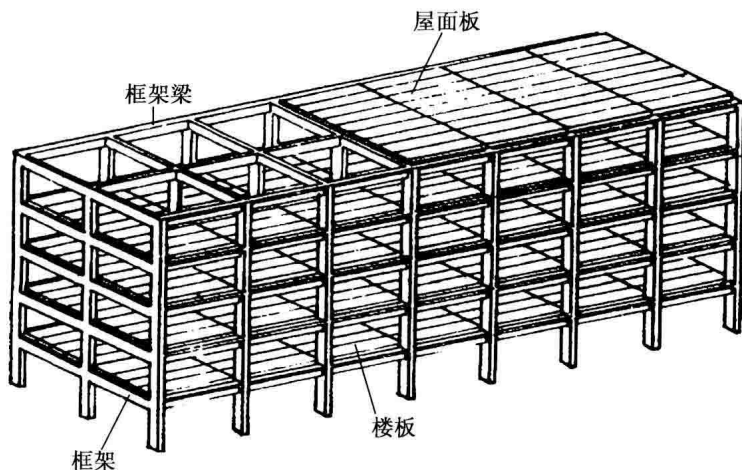


图2-1 框架结构组成



梁和柱可采用钢材、钢筋混凝土、胶合木、钢管混凝土或钢管混凝土等材料。依据组成材料不同,框架结构可分为钢筋混凝土框架、钢框架、胶合木框架、钢管框架等。

依据施工方法不同,框架结构可分为整体式、装配式和装配整体式三种类型。整体式是指在现场浇筑梁、板、柱。这种方式的优点是形成结构的整体性好,可适应不同尺寸要求,有利于结构抗震,现在应用较多。缺点是模板需要量大,工期长,质量受气候影响大。装配式是指在工厂生产梁、板、柱等构件,现场装配而成。其优点是构件质量较好、工期短;缺点是现场需要大量的模板,结构尺寸常常受限,安装时需要大型起重设备,结构整体性差,不利于结构抗震。装配式在非抗震设防地区且层数较少的多层框架结构中有一些应用。装配整体式是指由工厂生产梁、板、柱,在现场浇注梁、板、柱的节点和叠合层,其整体性好于装配式,工期短,模板用量少,实际工程中也有一些应用。

由于框架梁柱的截面一般大于墙厚,梁、柱常常突出墙面形成凸角,影响房间的使用功能,因此近年来由 L 形、T 形、Z 形及十字形截面柱构成的异形柱框架结构,在抗震设防烈度较低地区的多层结构中有一定的应用。这种结构的柱截面与墙厚相同,梁宽也常常与墙厚相同,因此使用功能良好,室内类似砌体结构。

由板和柱组成的板柱结构也可看成是框架结构,如图 2-2 所示。板柱结构是由楼板和柱组成承重体系的房屋结构,板常常采用无梁楼盖、无黏结预应力无梁楼盖、现浇空心楼盖、双向密肋楼盖等。它的特点是室内楼板下没有梁或设有梁高不大且梁高度相同的密肋楼盖,空间通畅简洁,平面布置灵活,能降低建筑物层高。由于板柱结构没有梁或梁高较小,由板和柱形成的结构抗侧移刚度较小,因此板柱结构常常应用于抗震设防烈度较低且层数不多的多层房屋中。

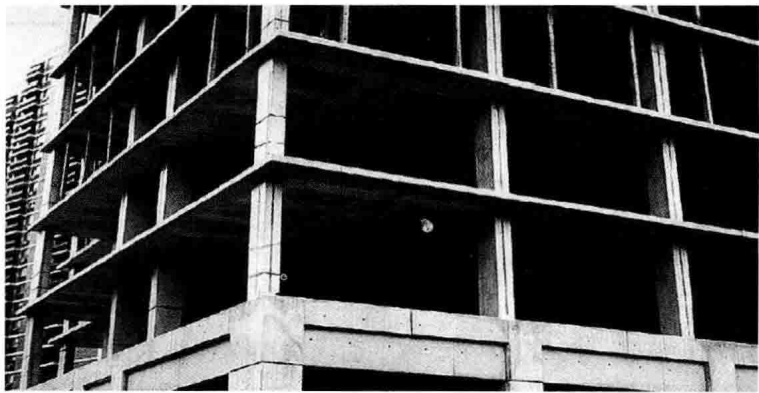


图 2-2 板柱结构

框架结构是指由梁和柱组成的承重体系的结构,房屋墙体不承重,仅起到围护和分隔作用。墙体一般采用加气混凝土、膨胀珍珠岩、浮石、蛭石、陶粒等材料的轻质砌块或板材砌筑或装配而成,也可采用空心砖或多孔砖等材料砌筑填充。

框架结构的主要优点:

- ①空间分隔灵活、自重轻、节省材料;
- ②可以较灵活地配合建筑平面布置,有利于需要较大空间的建筑结构;
- ③框架结构的梁、柱构件易于标准化、定型化,便于采用装配整体式结构,以缩短施工工期;



④采用现浇混凝土框架时,结构的整体性、刚度较好,设计处理好也能达到较好的抗震效果,而且可以把梁或柱浇注成各种需要的截面形状。

框架结构体系的缺点是:

①框架节点应力集中显著;

②框架结构的侧向刚度小,在强烈地震作用下结构所产生水平位移较大,易造成严重的结构及非结构性破坏(填充墙破坏或抹灰等装饰破坏),故一般适用于建造不超过 15 层的房屋;

③抗震设防烈度较高地区不宜采用框架结构体系建造较高的高层建筑。

框架结构广泛用于住宅、学校、办公楼、商场等房屋建筑,也有根据需要对混凝土梁或板施加预应力,以适用于较大的跨度。钢结构框架常用于大跨度的公共建筑、多层工业厂房和一些特殊用途的建筑物,如剧场、商场、体育馆、火车站、展览厅、造船厂、飞机库、停车场、轻工业车间等。

2.1.2 剪力墙结构

剪力墙结构是指由与基础嵌固的一系列纵横向钢筋混凝土墙及楼板组成,由钢筋混凝土墙承受竖向及水平荷载和作用的,如图 2-3 所示。在多层抗震结构中,剪力墙也称为抗震墙。

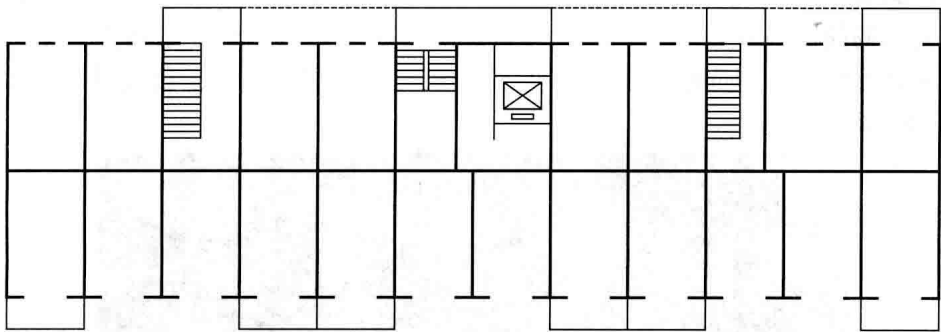


图 2-3 剪力墙结构平面布置图

在剪力墙结构中,墙体一般较长,在墙体平面内截面惯性矩较大,从而使得剪力墙结构纵横向抗侧移刚度大,因此在水平荷载作用下,侧移较小。这种结构抗震及抗风性能都较强,承载力要求也比较容易满足,适宜于建造层数较多的高层建筑。

为避免沿竖向刚度突变,剪力墙宜贯通房屋全高,沿高度方向连续布置。但由于一些建筑使用功能要求底部有较大的空间(如下部为商场、上部为客房或住宅的建筑),因此为满足建筑使用功能要求,上部剪力墙不能落地。设计时通常采用转换层做法,即把上部的墙支撑在一个转换构件上(梁、厚板、桁架等),转换构件相当于是上部墙体的基础,转换层下部通常为框架。这样形成的结构称为框支剪力墙。框支剪力墙由于抗侧移刚度发生较大的突变,从而形成了薄弱层,不利于结构抗震。因此,抗震设防时不应采用全部为框支剪力墙的结构,可以采用部分剪力墙落地、部分剪力墙框支的部分框支剪力墙结构,如图 2-4 所示。框支剪力墙的各种形式,如图 2-5 所示。

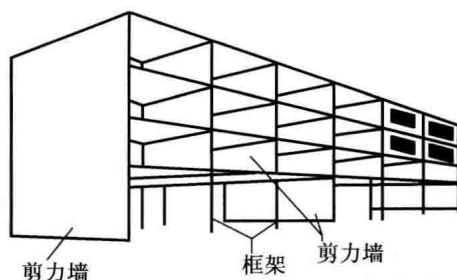


图 2-4 框支剪力墙结构图

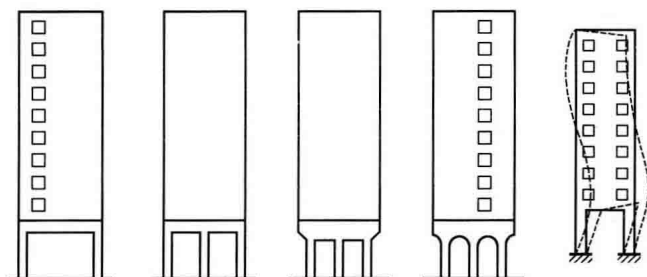


图 2-5 框支剪力墙形式示意图

地震作用研究表明,结构刚度越大,结构地震作用也越大。同时,剪力墙结构刚度越大表示结构墙体越长,结构所用材料越多,房屋自重也越大。为减少地震时地震作用的输入和减轻结构自重、降低造价,近年来短肢剪力墙结构在高层建筑中被广泛采用。短肢剪力墙是指在剪力墙结构中布置一些长度较短的剪力墙。这些墙截面厚度不大于300 mm,各墙肢截面高度与厚度之比的最大值大于4但不大于8。由于短肢剪力墙墙肢短且承受较大的轴力和剪力,受力性能不如普通剪力墙。加之这种结构形式出现时间较短,经历地震等实际检验少,因此在抗震设防地区,高层建筑结构不应采用全部为短肢的短肢剪力墙结构,而应采用在短肢剪力墙中布置筒体或一般墙体,形成短肢剪力墙与筒体(或一般墙体)共同抵抗水平力或水平作用的剪力墙结构。抗震设防烈度较高时(例如9度),不宜布置短肢剪力墙,不应采用具有较多短肢剪力墙的剪力墙结构(较多短肢剪力墙的剪力墙结构是指在规定的地震作用下,短肢剪力墙承担的底部倾覆力矩不小于结构底部总地震倾覆力矩30%的剪力墙结构)。

剪力墙结构的主要优点:①剪力墙结构抗侧移刚度较大,可承受较大的水平荷载及作用,建造房屋的高度较高,层数较多,结构的抗震能力强,房屋安全度较高;②剪力墙承重结构为片状的钢筋混凝土墙体,房间不见柱子的棱角,比框架结构更适合用于住宅。

剪力墙结构的缺点:①由于水平构件布置的限制,墙体间距不能过大,难于布置面积较大的房间,不能满足大空间要求的房间;②混凝土用量多,自重大,房间不能拆改。

剪力墙结构适用于住宅、公寓、旅馆等房间面积要求不大的房屋,当底层需要布置门厅、餐厅、商店等大空间时可采用部分框支的剪力墙结构。

2.1.3 框架-剪力墙结构,板柱-剪力墙结构

框架-剪力墙结构是指在框架结构的适当部位设置剪力墙形成的结构,如图2-6、