



普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材
国家级精品课配套教材

高层建筑结构设计 (第二版)

Design of Tall Building Structures (second edition)

主编 史庆轩 梁兴文
主审 童岳生



科学出版社

普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材
国家级精品课配套教材

高层建筑结构设计

(第二版)

主编 史庆轩 梁兴文
主审 童岳生

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材,是国家级精品课配套教材。本书内容包括绪论、高层建筑结构的体系与布置、荷载和地震作用,高层建筑结构计算分析和设计要求,框架结构设计,剪力墙结构设计,框架-剪力墙结构设计、筒体结构设计、复杂高层建筑结构设计、高层建筑钢结构和混合结构设计、高层建筑结构计算机分析方法和程序设计以及高层建筑地下室和基础设计等,是根据最新修订的《高层建筑混凝土结构技术规程》等国家标准和规范编写的。

本书着重阐述高层建筑结构设计的基本概念、基本理论和基本方法,重视理论联系实际,紧密结合我国设计规范和工程实际,按照高层建筑结构体系划分章节,各章相对独立,对结构方案、计算简图、分析方法、截面设计等内容有比较充分的论述,有利于读者深化对基本概念的理解及分析和解决问题能力的培养。每章有设计例题、小结和思考题,有利于初学者掌握本课程的内容。本书文字通俗易懂,结构严谨,逻辑性强,论述由浅入深,循序渐进,便于自学理解。

本书可作为高等院校土木工程专业教材,也可供相关专业的设计、施工和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计/史庆轩,梁兴文主编. —2版. —北京:科学出版社,2012
(普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材·国家级精品课配套教材)
ISBN 978-7-03-035292-7

I. ①高… II. ①史… ②梁… III. ①高层建筑-结构设计-高等学校-教材
IV. ①TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 187681 号

责任编辑:祝元志 / 责任校对:王万红

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年9月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2012年8月第 二 版 印张:24 1/4

2012年8月第六次印刷 字数:478 800

定价:42.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<双青>)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62135763-8228

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

第二版前言

与本书内容相关的国家标准《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)已颁布,并已于2011年10月1日起实施;国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等已颁布实施;国家标准《建筑结构荷载规范》(GB 50009)、《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99)正在报批。为使读者及时了解新修订的国家标准的内容,并便于设计应用,编写了本书的第二版。

第二版主要做了以下修订和补充:

(1) 对高层建筑的定义及国内外高层建筑最新发展概况等内容进行了修订和补充。

(2) 对部分结构最大适用高度、“强柱弱梁、强剪弱弯”及部分构件内力调整系数进行了调整;增加了8度(0.3g)抗震设防区房屋最大适用高度的规定。

(3) 对高层建筑结构平面和立面规则性有关规定、房屋舒适度设计规定、风荷载及地震作用有关内容等进行了修改、补充。

(4) 对框架、剪力墙、框架-剪力墙、筒体结构和复杂高层建筑结构的有关规定进行了修订、补充。

(5) 增加了高层建筑结构抗震性能设计基本方法及抗连续倒塌设计、地下室结构设计等内容。

参加本书修订工作的有:史庆轩(第1、6、8、12章)、梁兴文(第2、9、10章)、王秋维(第3、5章)、门进杰(第4、11章)、邓明科(第7章)。全书最后由史庆轩、梁兴文修改定稿。

本书由资深教授童岳生先生主审,他提出了许多宝贵意见,特在此对他表示深切的感谢。

第一版前言

近年来,随着我国国民经济的快速发展,许多城市兴建了大量的高层建筑。我国高层建筑的功能和结构类型日趋多样化,体型更加复杂,高度已突破 400m,这使高层建筑结构分析和设计越来越复杂。与此同时,我国建筑结构的各种设计规范和规程已基本完成了新一轮修订工作,内容更新较多。为适应新形势下的教学和工程设计需要,我们按照《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)及有关设计规范和规程编写了本书。

本书是在我们原来编著的《钢筋混凝土结构设计》(科学技术文献出版社,1999年)一书基础上,将其中的高层建筑结构设计内容进行修订而成的。由于高层建筑结构的简化分析方法不仅概念清楚,其结果便于工程分析和判断,而且其解决问题的思路对培养学生分析问题和解决问题以及创新能力颇有好处,所以本书保留了原书中关于简化分析方法的有关内容。同时,鉴于目前我国高层建筑结构已大部或全部采用计算机程序进行设计,因此本书增加了高层建筑结构计算机分析方法和设计程序等内容。此外,为适应现代高层建筑功能多样化和结构复杂化的需要,书中增加或加强了下列部分内容:①以论述高层建筑混凝土结构设计方法为主,增加了高层建筑钢结构和混合结构的设计方法;②增加了筒体结构的设计方法;③增加了复杂高层建筑结构的设计方法,主要强调其概念设计和构造措施;④加强了结构体系和结构布置的有关内容,包括高层建筑混凝土结构、钢结构和混合结构的结构体系和结构布置。

本书着重阐明各种高层建筑结构整体设计的基本概念和方法,对结构方案设计、结构分析方法和确定结构计算简图等内容有比较充分的论述,有利于进行合理设计及培养读者的创新能力;书中有明确的计算方法和实用设计步骤,力求做到能具体应用;每章后有工程设计实例、小结、思考题和习题等内容,有利于初学者掌握基本概念和设计方法。

本书由西安建筑科技大学土木工程学院史庆轩(第 1、3、4、6、8、11、12 章)和梁兴文(第 2、5、7、9、10 章)编写。童岳生教授主审本书,并提出了许多宝贵意见。研究生谢俊强、李波、邓明科、王秋维、董磊等为本书绘制了部分插图。西安建筑科技大学教务处将本书列为校级重点教材,并予以资助。特在此对他们表示感谢。

本书在编写过程中参考了大量的国内外文献,引用了一些学者的资料,这在书末的参考文献中已予列出,特在此向其作者表示感谢。

希望本书能为读者的学习和工作提供帮助。鉴于作者水平有限,书中难免有错误及不妥之处,敬请批评指正。

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 高层建筑结构的设计特点	2
1.3 高层建筑结构的类型	7
1.4 高层建筑的发展概况	9
1.5 本课程的教学内容和要求	16
小结	17
思考题	17
第 2 章 高层建筑的结构体系与结构布置	18
2.1 结构体系	18
2.2 结构总体布置	30
2.3 高层建筑的楼盖结构及基础	40
小结	43
思考题	43
第 3 章 高层建筑结构的荷载和地震作用	44
3.1 竖向荷载	44
3.2 风荷载	45
3.3 地震作用	54
小结	65
思考题	66
习题	66
第 4 章 高层建筑结构的计算分析和设计要求	68
4.1 高层建筑结构的计算分析	68
4.2 荷载组合和地震作用组合的效应设计值	70
4.3 高层建筑结构的设计要求	72
4.4 高层建筑结构抗震性能设计	83
4.5 高层建筑结构抗连续倒塌设计	86
4.6 高层建筑结构的抗震概念设计	89
4.7 超限高层建筑工程抗震设计	91

小结	93
思考题	94
第 5 章 框架结构设计	96
5.1 结构布置	96
5.2 框架结构的计算简图	99
5.3 竖向荷载作用下框架结构内力的简化计算	103
5.4 水平荷载作用下框架结构内力和侧移的简化计算	107
5.5 荷载效应组合和构件设计	120
5.6 框架结构的构造要求	124
小结	133
思考题	134
习题	134
第 6 章 剪力墙结构设计	136
6.1 结构布置	136
6.2 剪力墙结构平面协同工作分析	139
6.3 整截面墙的内力和位移计算	144
6.4 双肢墙的内力和位移计算	146
6.5 多肢墙的内力和位移计算	158
6.6 整体小开口墙的内力和位移计算	163
6.7 壁式框架的内力和位移计算	167
6.8 剪力墙分类的判别	171
6.9 剪力墙截面设计和构造要求	175
小结	190
思考题	192
第 7 章 框架-剪力墙结构设计	194
7.1 结构布置	194
7.2 框架-剪力墙结构设计方法和协同工作	197
7.3 框架-剪力墙铰结体系结构分析	204
7.4 框架-剪力墙刚结体系结构分析	208
7.5 框架-剪力墙结构内力计算步骤及计算实例	215
7.6 框架、剪力墙及框架-剪力墙结构考虑扭转效应的近似计算	232
7.7 框架-剪力墙结构的截面设计和构造	236
小结	238
思考题	238
第 8 章 筒体结构设计	240
8.1 概述	240

8.2	框筒、筒中筒和束筒结构的布置	242
8.3	框架-核心筒结构的布置	244
8.4	筒体结构计算方法	248
8.5	筒体结构设计要点及构造要求	251
	小结	256
	思考题	256
第9章	复杂高层建筑结构设计	257
9.1	带转换层高层建筑结构	257
9.2	带加强层高层建筑结构	272
9.3	错层结构	277
9.4	连体结构	279
9.5	竖向体型收进和悬挑结构	281
	小结	286
	思考题	287
第10章	高层建筑钢结构和混合结构设计	288
10.1	高层建筑钢结构设计概要	288
10.2	钢构件与连接的抗震设计	294
10.3	高层建筑混合结构设计概要	301
10.4	型钢混凝土构件设计	312
	小结	322
	思考题	323
第11章	高层建筑结构计算机分析方法和设计程序	324
11.1	概述	324
11.2	杆件有限元法	324
11.3	空间组合结构计算方法	330
11.4	高层建筑结构分析和设计程序	333
	小结	338
	思考题	339
第12章	高层建筑地下室和基础设计	340
12.1	概述	340
12.2	基础设计的有关规定	340
12.3	地基、基础和上部结构的共同作用分析	346
12.4	高层建筑地下室结构设计	349
12.5	筏形基础设计	352
12.6	箱形基础设计	356
12.7	桩基础设计	362

小结 365

思考题 366

附录 1 风荷载体型系数 367

附录 2 均匀分布水平荷载作用下各层柱标准反弯点高度比 y_n 370

附录 3 倒三角形分布水平荷载作用下各层柱标准反弯点高度比 y_n 372

附录 4 顶点集中水平荷载作用下各层柱标准反弯点高度比 y_n 374

附录 5 上、下层梁相对刚度变化的修正值 y_1 376

附录 6 上、下层高不同的修正值 y_2 和 y_3 376

主要参考文献 377

第 1 章 绪 论

1.1 概 述

高层建筑是相对于多层建筑而言的,评判一栋建筑是否为高层建筑,通常以建筑的高度和层数作为两个主要指标。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。在不同的国家和地区、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。

国际高层建筑与城市住宅委员会(Council on Tall Buildings and Urban Habitat,简称 CTBUH)对什么是高层建筑描述为:高层建筑并没有绝对的定义,通常是指在下面的一个或多个方面包含“高”这个特定元素的建筑。一是相对于建筑所处的周围环境来说,如一个 14 层的建筑在芝加哥或香港等高楼林立的城市可能不能称为高层建筑,而在一个欧洲的城市或郊区因周围建筑高度比较低就可以称为高层建筑;二是针对建筑的体型比例来说,同样的建筑高度,细高的建筑就比建筑平面尺寸很大的建筑容易被认为是高层建筑;三是对建筑技术来说,由于高度的增加对竖向交通、风荷载和地震作用等需要专门考虑的建筑也可以称为高层建筑。尽管建筑的层数不是一个定义高层建筑很全面的指标,因不同的建筑和功能使得建筑的层高变化较大,但国内外大都采用层数和高度来确定是否属于高层建筑,一般认为 14 层或高度 50m 以上就属于高层建筑。

我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)(以下简称为《高层规程》)规定,10 层及 10 层以上或房屋高度超过 28m 的住宅建筑和房屋高度大于 24m 的其他高层民用建筑称为高层建筑。该规定主要是从结构设计的角度考虑,并与我国现行有关标准基本协调,现行国家标准《民用建筑设计通则》(GB 50352)规定,10 层及 10 层以上的住宅建筑和建筑高度大于 24m 的其他民用建筑(不含单层公共建筑)为高层建筑;《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045)(2005 年版)规定,10 层及 10 层以上的居住建筑和建筑高度超过 24m 的公共建筑为高层建筑。国际上,诸多国家和地区对高层建筑的界定也多在 10 层以上,如美国规定高度为 22~25m 以上或 7 层以上的建筑为高层建筑;英国规定高度为 24.3m 以上的建筑为高层建筑;日本规定 11 层以上或高度超过 31m 的建筑为高层建筑;法国规定住宅建筑 50m 以上,其他建筑 28m 以上为高层建筑。

关于高层建筑高度,CTBUH 规定了以下四种计算方法:一是至建筑的顶部高

度,即从主入口的人行道表面至建筑的顶部,包括建筑的尖顶,但不包括天线、标志、旗杆等;二是至建筑最高的楼面高度,即从主入口的人行道表面至经常使用的最高楼面,不包括维护区域;三是至建筑最高的屋面,即从主入口的人行道表面至建筑主屋面的最高点,不包括尖顶、天线;四是至建筑的尖顶,即从主入口的人行道表面至建筑的最高点,包括天线、标志、旗杆。我国《高层规程》等所指的高层建筑房屋高度,一般是指从室外地面至房屋主要屋面的高度,不包括突出屋面的电梯机房、水箱、构架等高度。

随着高层建筑高度的大幅度增加,出现了超高层建筑。“超高层建筑”一词来源于日本,英语中原来并无超高层建筑相应的词条,欧美一般采用 Tall building 或 Highrise building 来代表高层建筑,直到 1995 年才出现超高层建筑对应的词条 Super-tall building。目前,超高层建筑一词流行广泛,但又无统一和确切的定义,高层与超高层的界定含糊,一般泛指某个国家或地区内较高的一些高层建筑。在日本,超高层建筑在 20 世纪 70 年代,指 70m 以上的建筑,到 80 年代提高到 100m 以上,之后又提高到 120m 以上;日本还将 30 层以上的旅馆、办公楼和 20 层以上的住宅规定为超高层建筑。我国对超高层建筑尚没有明确的定义。国际上,通常将高度超过 100m 或层数在 30 层以上的高层建筑称为超高层建筑。CTBUH 在 70 年代指 40 层以上、高度 100m 以上为超高层建筑;目前,将房屋高度超过 300m 的建筑称为超高层建筑。

1.2 高层建筑结构的设计特点

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 1.2.1(a,b)所示。与多层建筑结构相比,高层建筑结构的设计具有如下特点:

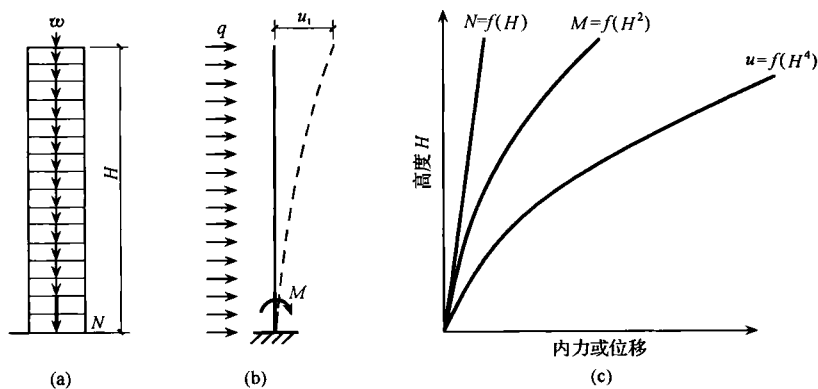


图 1.2.1 高层结构的受力和变形示意图

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。

在竖向荷载和水平荷载作用下[图 1.2.1(a,b)],高层建筑结构底部所产生的轴力 N 和倾覆力矩 M 与结构高度 H 分别存在着如下的关系式。

结构底部的轴力

$$N = wH \quad (1.2.1)$$

结构底部的倾覆力矩

$$M = \begin{cases} \frac{1}{2} qH^2 \text{ (均布水平荷载)} \\ \frac{1}{3} q_{\max} H^2 \text{ (倒三角形分布水平荷载)} \end{cases} \quad (1.2.2)$$

式中: w 、 q 、 $q_{\max}$ 分别为沿建筑单位高度的竖向荷载、均布水平荷载和倒三角形分布水平荷载的最大值(kN/m)。

为直观起见,结构底部内力 N 、 M 与建筑高度 H 的关系示于图 1.2.1(c)。

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 1.2.1 可知,结构顶点侧移 u_t 与结构高度 H 的四次方成正比,即

$$u_t = \begin{cases} \frac{1}{8EI} \cdot qH^4 \text{ (均布水平荷载)} \\ \frac{11}{120EI} \cdot q_{\max} H^4 \text{ (倒三角形分布水平荷载)} \end{cases} \quad (1.2.3)$$

式中: EI 为建筑物的总体抗弯刚度(E 为弹性模量, I 为惯性矩)。

图 1.2.1(c)给出了结构顶点侧移 u_t 与建筑高度 H 的关系。由图可知,水平荷载作用下,随着建筑物高度的增大,水平位移增加的速度最快,内力次之。因此,高层建筑结构设计时,为了有效地抵抗水平荷载产生的内力和变形,必须选择可靠的抗侧力结构体系,使所设计的结构不仅具有较大的承载力,而且还应具有较大的侧向刚度,将水平位移限制在一定的范围内。

结构的侧移与结构的使用功能和安全有着密切的关系。因为过大的水平位移会使人产生不安全感,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等;同时,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的控制。

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,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大于边柱的轴压力,相应地中柱的轴向压缩变形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,造成框架梁的弯矩分布发生较大的变化。图 1.2.2(a)为未考虑各柱轴向变形时框架梁的弯矩分布,图 1.2.2(b)为考虑各柱差异轴向变形时框架梁的弯矩分布。同时,高层建筑特别是超高层建筑中,竖向构件(特别是柱)的轴向压缩变形对预制构件的下料长度和楼面标高会产生较大的影响。如美国 Houston75 层的 Texas 商业大厦,采用型钢混凝土墙和钢柱组成的混合结构体系,中心钢柱由于负荷面积大,截面尺寸小,重力荷载下底层的轴向压缩变形比型钢混凝土墙多 260mm,为此该钢柱制作下料时需加长 260mm,并需逐层调整。

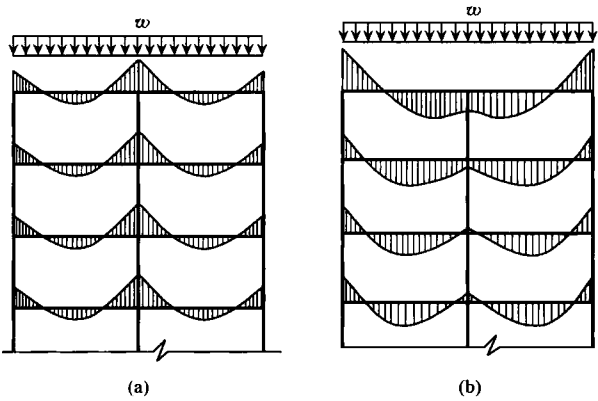


图 1.2.2 柱轴向变形对高层框架梁弯矩分布的影响

随着建筑高度的增大,建筑结构的高宽比增大,水平荷载作用下的整体弯曲影响越来越大。一方面,整体弯曲使竖向结构体系产生轴向压力和拉力,其数值与建筑高度的二次方成正比;另一方面,竖向结构体系中的轴向压力和拉力,使一侧的竖向构件产生轴向压缩,另一侧的竖向构件产生轴向拉伸,从而引起结构产生水平侧移,如图 1.2.3 所示。计算表明,水平荷载作用下,竖向结构体系的轴向变形对结构的内力和水平侧移有着重要的影响。

某三跨 12 层框架,层高均为 4m,全高 48m,高宽比为 2.59,在均布水平荷载作用下柱轴向变形所产生的侧移可达梁、柱弯曲变形所产生侧移的 38.2%。某 17

层钢筋混凝土框架-剪力墙结构,其结构平面如图 1.2.4 所示,在水平荷载作用下,采用矩阵位移法分别进行了考虑和不考虑轴向变形的内力和位移计算。结果表明,与考虑竖向构件轴向变形的剪力相比较,不考虑竖向轴向变形时,各构件水平剪力的平均误差达 30%以上,如图 1.2.4 所示,图中百分数为不考虑轴向变形时楼层剪力的平均误差,“+”表示考虑轴向变形后楼层剪力增大。计算结果还表明,不考虑轴向变形时顶点侧移为考虑轴向变形时的 1/3~1/2;不考虑轴向变形时结构的自振周期为考虑轴向变形时的 1/1.7~1/1.4。

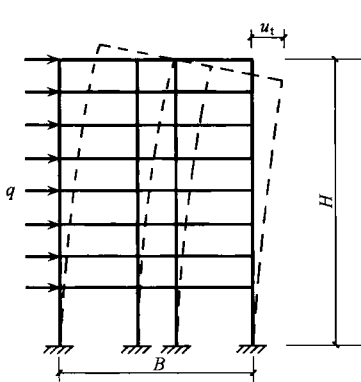


图 1.2.3 竖向结构体系的整体弯曲变形

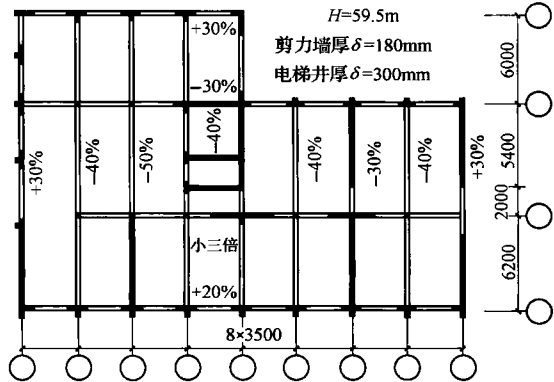


图 1.2.4 某框架-剪力墙结构平面及构件水平剪力计算误差

注:百分数为不考虑轴向变形时楼层剪力的平均误差

再如某 20 层双肢剪力墙结构,图 1.2.5(a~d)分别给出了其在水平荷载作用下双肢墙的连接梁剪力、侧移、墙肢轴力和弯矩分布曲线。由图可知,不考虑墙肢轴向变形影响的计算误差很显著。表 1.2.1 给出了不同层数的双肢剪力墙结构不考虑轴向变形时内力和侧移的计算误差,可知轴向变形影响的大小与结构的层数有关,层数越多,轴向变形的影响越大。

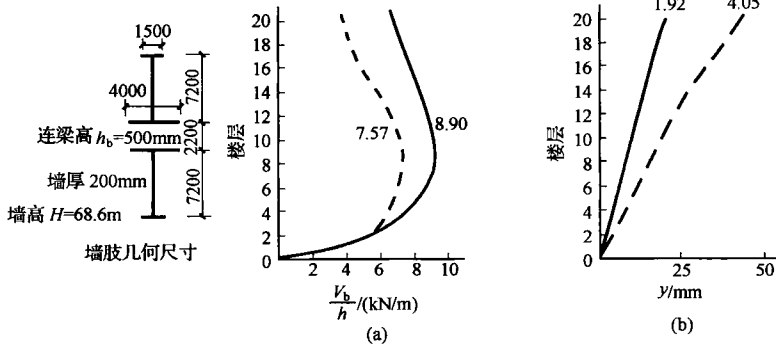


图 1.2.5 20 层双肢剪力墙内力与侧移计算结果比较

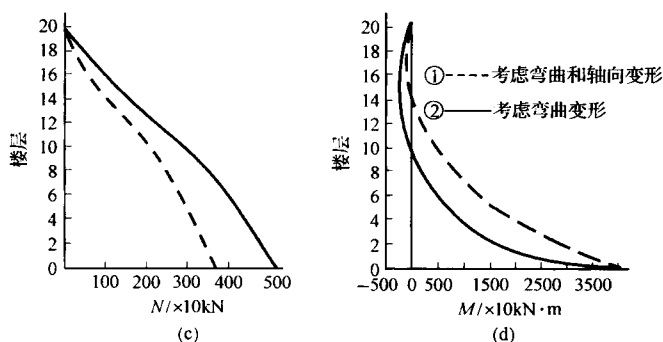


图 1.2.5 20 层双肢剪力墙内力与侧移计算结果比较(续)

表 1.2.1 双肢剪力墙内力与侧移计算误差比较

项 目 \ 层 数	10	15	20
内 力	10%~15%	20%	20%~30%
侧 移	偏小 30%	偏小 50%	偏小 200%

4. 延性成为结构设计的重要指标

延性是指构件和结构屈服后,具有承载能力不降低或基本不降低、且有足够塑性变形能力的一种性能,一般用延性比来表示。延性比大表示塑性变形能力好,可以耗散较大的地震能量。钢材延性好,钢结构可抵抗强烈地震而不倒塌。钢筋混凝土结构经过合理的抗震设计,可以满足延性结构的要求,以达到我国抗震设防的三水准要求,即在设防烈度地震作用下,允许结构部分构件出现塑性铰,相当于“中震可修”的状态;当合理控制塑性铰出现的部位、构件又具有足够的延性时,可做到在大震作用下结构不倒塌。

对地震区的高层建筑,提高结构延性是提高结构抗震性能,增强结构抗倒塌能力,并使抗震设计做到经济合理的重要途径之一。高层建筑各种抗侧力体系大多都是由框架和剪力墙组成,在抗震设计时,有选择地重点提高结构中的重要构件以及某些构件中关键部位的延性,将框架和剪力墙设计成延性框架和延性剪力墙,从而可以确保高层结构体系具有较好的抗震性能。

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。图 1.2.6 为高层建筑钢结构材料用量与高度的关系,可知随层数的增加,水平力作用下的材料用量占较大比例。对钢筋混凝土高层建筑,材料用量也随层数的增加而增多,但

不同之处在于,承受重力荷载而增加的材料用量比钢结构大得多,而为抵抗风荷载所增加的材料用量却并不很多。

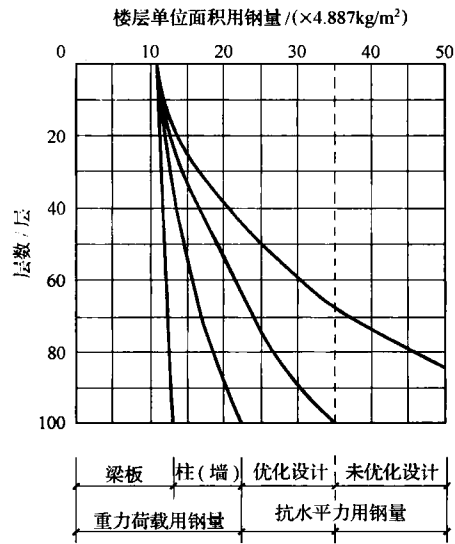


图 1.2.6 高层钢结构材料用钢量与高度的关系

1.3 高层建筑结构的类型

按照使用的材料区分,高层建筑可分为砌体结构、混凝土结构、钢结构和钢-混凝土混合结构等类型。

砌体结构虽然具有取材容易、施工简便、造价低廉等优点,但由于砌体是一种脆性材料,其抗拉、抗弯、抗剪强度均较低,抗震性能较差,现代高层建筑不适宜采用无筋砌体结构建造。在砌体内配置钢筋后,可以改善砌体的受力性能,使之用于建造地震区和非地震区的中高层建筑成为可能,但现代高层建筑已很少采用砌体结构。

混凝土结构具有取材容易、耐久性和耐火性好、承载力和刚度大、节约钢材、降低造价、可模性好等优点,现浇整体式混凝土结构还具有整体性好,经过合理设计,可获得较好的抗震性能。混凝土结构布置灵活方便,可组成各种结构受力体系,在高层建筑中得到了广泛应用,特别是在我国和其他一些发展中国家,高层建筑主要以混凝土结构为主。世界第一幢混凝土结构高层建筑为 1903 年建成的美国 Cincinnati 的 Ingalls 大楼,朝鲜平壤的柳京大厦(105 层,总高 305m)、我国的广州中信广场大厦(CITIC Plaza 80 层,总高 390m)、香港的中央广场大厦(78 层,总高 374m)和美国芝加哥的特朗普国际酒店大厦(Trump International Hotel & Tower, 98 层,

总高 423m)等均为混凝土结构。但由于混凝土结构自重大,导致构件截面较大,占据较大的面积,如广东国际大厦(65 层,总高 200m),底层柱截面尺寸已达 $1.8\text{m} \times 2.2\text{m}$ 。此外,混凝土结构具有施工工序复杂、建造周期较长、且受季节影响等缺点,对高层建筑也较为不利。由于高性能混凝土材料的发展和施工技术的不断进步,混凝土结构仍将是今后高层建筑的主要结构类型。目前,美国、日本等从钢结构起步建造高层建筑的国家已转向发展混凝土结构,我国从 20 世纪 60 年代至今,绝大多数高层建筑都是采用混凝土结构。今后混凝土结构仍将是我国高层建筑发展的主流。

钢结构具有材料强度高、截面尺寸小、自重轻、塑性和韧性好、制造简便、施工周期短、抗震性能好等优点,在高层建筑中也有着较广泛的应用。但由于高层建筑钢结构用钢量大,造价高,再加之因钢结构防火性能差,需要采取防火保护措施,增加了工程造价。钢结构的应用还受钢铁产量和造价的限制。在发达国家,高层建筑的结构类型主要以钢结构为主。近年来,随着我国国民经济的增强和钢产量的大幅度提高以及高层建筑建造高度的增加,采用钢结构的高层建筑也不断增多。特别是对地基条件差或抗震要求高而高度又较大的高层建筑,更适合采用钢结构。如美国纽约的帝国(Empire State)大厦(102 层,高 384m)、已遭恐怖袭击倒塌的世界贸易中心(110 层,高 412m)、美国芝加哥的 Willis 大厦(原 Sears 大厦,110 层,442m)、香港中环中心(The Center,73 层,346m)、我国武汉的民生银行大厦(68 层,总高 331m)、上海的锦江宾馆分馆(46 层,总高 153m)、北京的京城大厦(52 层,高 183m)和京广中心(57 层,高 208m)等,均采用钢结构建造。

钢-混凝土组合结构或混合结构不仅具有钢结构自重轻、截面尺寸小、施工进度快、抗震性能好等特点,同时还兼有混凝土结构刚度大、防火性能好、造价低等优点,因而被认为是一种较好的高层建筑结构形式,近年来在国内外发展迅速。钢-混凝土组合结构是将钢材放在构件内部、外部由钢筋混凝土做成(称为型钢混凝土或钢骨混凝土),或在钢管内部填充混凝土,做成外包钢构件(称为钢管混凝土)。如上海环球金融中心大厦(101 层,高 492m)、香港的环球贸易广场(108 层,高 484m)、南京紫峰大厦(66 层,高 450m)、北京国际贸易中心三期(74 层,高 330m)、北京的香格里拉饭店(24 层,高 83m)、陕西信息大厦(52 层,高 189m)和正在建设的上海中心大厦(121 层,高 632m)等均采用型钢-混凝土组合柱。如深圳的赛格广场大厦(72 层,高 292m)是我国首例钢管混凝土高层建筑结构,天津津塔(75 层,337m)、北京国贸大厦(33 层,高 156m)、广州合银广场(64 层,高 240m)、台北 101 大厦(101 层,高 508m)等均采用钢管混凝土柱。采用型钢混凝土(或钢管混凝土)构件与钢筋混凝土、钢构件组成的结构均可称为混合结构。高层建筑钢-混凝土混合结构体系是近年来在国内外迅速发展起来的一种新型结构体系,是指由钢框架(框筒)、型钢混凝土框架(框筒)、钢管混凝土框架(框筒)与混凝土核心筒所组成的共同承受水平和竖向作用的建筑结构;型钢混凝土框架可以是型钢混凝土梁