



高等学校土木工程类“十二五”规划教材

财政部文化产业发展专项资金资助项目

CIVIL
ENGINEERING

高层建筑结构设计

主 编 王海波

湖南大学出版社



高等学校土木工程专业 1—11 规划教材

财政部文化产业发展专项资金资助项目

C I V I L E N G I N E E R I N G

高层建筑结构设计

主 编 王海波

湖南大学出版社

内容简介

本书主要根据新颁布的 JGJ 3—2010《高层建筑混凝土结构技术规程》、GB 50009—2012《建筑结构荷载规范》和 GB 50011—2010《建筑抗震设计规范》等进行编写。本书共 12 章, 主要内容包括: 绪论、结构选型与结构布置、荷载与地震作用、设计计算的基本规定、高层建筑结构的近似计算方法、框架结构设计、剪力墙结构设计、高层框架-剪力墙结构设计、高层筒体结构设计、复杂高层结构设计、高层混合结构设计、高层建筑地下室和基础设计简介。

本书除可作为土木工程专业高年级选修课教材外, 还可供参加注册结构工程师专业考试人员及建筑设计人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计/王海波主编. —长沙: 湖南大学出版社, 2016. 7

(高等学校土木工程类“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5667-1112-0

I. ①高... II. ①王... III. ①高层建筑—结构设计

IV. ①TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 118001 号

高层建筑结构设计

GAO CENG JIAN ZHU JIE GOU SHE JI

主 编: 王海波

策划编辑: 卢 宇

责任编辑: 黄 旺 责任校对: 全 健 责任印制: 陈 燕

印 装: 衡阳顺地印务有限公司

开 本: 787×1092 16 开 印张: 18.75 字数: 492 千字

版 次: 2016 年 7 月第 1 版 印次: 2016 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5667-1112-0

定 价: 39.80 元

出 版 人: 雷 鸣

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山 邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559(发行部), 88821315(编辑室), 88821006(出版部)

传 真: 0731-88649312(发行部), 88822264(总编室)

网 址: <http://www.hnupress.com>

电子邮箱: pwessluy@hmu.edu.cn

版权所有, 盗版必究

湖南大学出版社凡有印装差错, 请与发行部联系

高等学校土木工程类“十二五”规划教材

顾 问 周绪红

主 任 周先雁

副主任 邓铁军 陈伯望

编委会名单(按姓氏笔画排序)

王卫东 方 志 邓铁军 邢心魁 刘 杰
孙义刚 杨春峰 肖勇刚 宋固全 张 红
张 敏 陈伯望 陈金陵 陈秋南 陈燕菲
周书葵 周先雁 周 基 施 周 夏力农
黄小林 曹国辉 龚 镛 谢方平

参加编写院校

湖南大学

中南大学

中南林业科技大学

南昌大学

贵州大学

长沙理工大学

湖南城市学院

湖南农业大学

桂林理工大学

南华大学

湖南科技大学

湖南工业大学

贵州师范大学

桂林电子科技大学

贵州民族大学

沈阳大学

长沙学院

湖南工程学院

湖南科技学院

邵阳学院

湖南工学院

序

随着我国经济社会的快速发展,基本建设规模不断扩大,为土木工程的发展带来了千载难逢的契机,也对土木工程人才培养提出了更高的要求。目前,我国正在进行的土木工程基本建设的数量、规模在世界上首屈一指,一批大型、特大型工程项目不断上马和竣工,土木工程的发展正处于前所未有的高速发展时期。在这个重要的历史时期,高等工程教育承担着培养中国特色社会主义现代化建设高级专门人才的历史重任。

然而,我国土木工程人才培养在适应社会发展需要方面还存在较大差距。其一是课程体系 and 教学方法没有根本性的转变。近10年来,高等院校开展了大规模的教学内容和课程体系改革,推出了一批优秀教材和精品课程,取得了明显成效。但是,传统的课程体系、教学计划、培养模式并没有普遍深刻地变化,不同科类的知识依然相互分离,综合性的课程还不多见,理论与工程实践脱节的局面并未得到根本改善。其二是教学内容没有做到与时俱进和与世界先进水平接轨。随着工业化进程的加快和科技水平的发展,教学内容不断增加,教学要求不断提高,我们还是习惯于增加课程、增加学时,而忽视了课程的整合、融合、拓宽、更新和更加注重应用;在教学方法上依然以讲授为主,学生自主学习、自我体验、自由创造的环境还不具备,现代工程要求的多学科综合性、实践性、适应性的特征在人才培养的过程中体现得还远远不够。其三是人才培养质量与社会需求脱节。不同高校培养计划、课程设置千篇一律,缺少学校特色和行业特色,陷入“异校同质”的困局,尤其是近10年来,某些新升格的本科院校,在人才培养上盲目追求“研究型”“系统性”和“理论性”,导致理论与实践、学习与应用严重脱节。因此,我们必须根据社会发展需求,依据各自高校和行业的固有特点,对人才培养目标进行科学定位,对教学内容和课程体系进行改革,并将改革成果体现在教材建设之中。

正是为了适应教学改革的要求,湖南大学出版社精心组织出版了这套“高等学校土木工程类‘十二五’,规划创新教材”,作为“高校教材立体化出版及平台建设”和“中国工程教育在线”项目的子项目,由财政部资助并被列入新闻出版总署新闻出版业发展项目库重点项目。这套规划教材涵盖了土木工程专业各个专业方向的主要专业基础课程和专业课程,具有如下几个显著特点:一是紧扣发展。根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要》和《高等学校土木工程本科指导性专业规范》精神以及土木工程专业评估的要求组织教材内容,力图在教材中反映新材料、新技术、新结构、新成果。二是强化应用。强调学生创新思维的训练,注重学生创新精神、创新能力和工程实践能力的培养,教材内容与现行国家规范、规程相结合,与国家的注册执业资格考试制度相结合。三是服务师生。围绕“教师教学需要”和“学生学习需要”两个中心点,秉持“体现内容的前沿性、保持内容的整体性和系统性、兼顾内容的全面性与精练

性、突出工程实践性”等原则,精心组织教材内容,同时对教材进行了立体化开发,包括纸质教材、电子书、电子课件、多媒体素材库和工程教育网站。

系列教材以主教材为中心,配套辅导教材、教师用演示文稿、电子资料(电子资料库)、教学网站等载体,提供包含主体知识、案例及案例分析、习题试题库及答案、教案、课件、学习软件、自测(考试)软件等内容的立体化教材。一方面,满足课程教学的需要;另一方面,面向工程教育,提倡以“能力为导向”的交互式学习方法,建立了教材配套的立体化资源,使得学生不仅可利用教材在课堂上学习知识,而且能够在课后进行更多的主动式、自主式学习。

教材建设是反映时代发展、体现教学内容和教学方法、培养适应社会需求人才的重要载体。这套教材的出版、发行和使用,将促进土建类课程、教材、教学内容和教学方法的改革,为人才培养模式创新做出有益的探索,从而进一步提高人才培养的质量。

周绪红

重庆大学校长 中国工程院院士

2014年10月于重庆大学

前 言

近 10 年来,高层建筑在全国大中小城市遍地开花,数量迅速增多,高度大幅度提升,复杂高层建筑层出不穷,少数建筑高度已突破 600 m。高层建筑的高速发展成了我国经济高速发展的重要支柱之一,同时也极大地推动了我国高层建筑结构设计、施工及科研水平的提高。2010 年迄今,我国有关建筑结构设计的规范、规程陆续颁布实施,新标准吸收了工程实践、科学研究的成果以及地震震害的经验教训,增加了大量新内容。

本书是根据《高层建筑结构设计》课程要求,紧密结合国家现行有关规范与规程(如 JGJ 3—2010《高层建筑混凝土结构技术规程》、GB 50009—2012《建筑结构荷载规范》、GB 50011—2010《建筑抗震设计规范》等),同时参考了同类的优秀教材编写而成。本书保持重视概念设计和构造要求、理论和实践相结合的风格。为使读者掌握高层建筑结构受力特点和变形规律,保留了常规结构体系近似简化计算的内容。为使读者加强计算分析和实践运用,初步具备结构工程师的能力,各章均配备例题和习题,大部分例题和习题均选自近几年的一级注册结构工程师考题。学习本书时,读者应具备材料力学、结构力学以及混凝土结构设计的基础知识。通过本书的学习不仅可以获得高层建筑结构设计方面的知识,还可帮助读者加深对相关规程与规范的认识和理解。

本书由四部分组成:第一部分为第 1 章至第 4 章,讲述高层建筑结构的发展与一般设计方法,这是设计任何高层建筑结构都必须掌握的基础知识。第二部分为第 5 章,介绍高层建筑结构三种常规体系的近似计算方法。第三部分为第 6 章至第 9 章,介绍框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构及筒体结构等几种基本的、量大面广的高层建筑结构的设计方法。第四部分为第 10 章至第 12 章,介绍复杂高层建筑结构、高层混合结构、地下室和基础的设计方法。本书中未特别注明单位的,单位均为 mm。

本书由中南大学王海波、湖南城市学院孟茁超编写,王海波担任主编。由于水平所限,不妥之处在所难免,衷心希望广大读者批评指正。

编 者

2015 年 12 月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 高层建筑的定义	(1)
1.2 高层建筑的发展	(2)
1.3 本课程学习要点	(6)
第2章 结构选型与结构布置	(7)
2.1 高层建筑结构设计的基本要求	(7)
2.2 高层建筑的结构选型	(9)
2.3 高层建筑结构布置	(18)
习 题	(27)
第3章 荷载与地震作用	(29)
3.1 高层建筑结构上作用的类型	(29)
3.2 恒载	(30)
3.3 楼面活荷载	(30)
3.4 屋面活荷载	(32)
3.5 雪荷载	(33)
3.6 风荷载	(35)
3.7 地震作用	(50)
习 题	(63)
第4章 设计计算的基本规定	(66)
4.1 结构材料	(66)
4.2 结构计算的一般规定	(67)
4.3 结构稳定与抗倾覆验算	(71)
4.4 作用效应组合及构件承载力设计	(78)
4.5 抗震等级	(81)
4.6 正常使用条件下的水平位移验算和舒适度要求	(84)
4.7 罕遇地震下的弹塑性变形验算	(87)
4.8 结构抗震性能设计	(90)
4.9 抗连续倒塌设计基本要求	(94)
习 题	(98)

第 5 章 高层建筑结构的近似计算方法	(100)
5.1 计算基本假定	(100)
5.2 近似计算简图处理	(101)
5.3 框架结构的近似计算方法	(101)
5.4 剪力墙结构的近似计算方法	(117)
5.5 框架 - 剪力墙结构的近似计算方法	(136)
习 题	(149)
第 6 章 框架结构设计	(150)
6.1 一般规定	(150)
6.2 截面设计	(153)
6.3 框架梁构造设计	(160)
6.4 框架柱构造要求	(168)
6.5 钢筋的连接和锚固	(176)
习 题	(180)
第 7 章 剪力墙结构设计	(185)
7.1 一般规定	(185)
7.2 截面的设计及构造	(191)
习 题	(208)
第 8 章 高层框架 - 剪力墙结构设计	(210)
8.1 一般规定	(210)
8.2 截面设计及构造	(214)
习 题	(216)
第 9 章 高层筒体结构设计	(218)
9.1 一般规定	(218)
9.2 筒体结构受力特点	(222)
9.3 框架 - 核心筒结构	(224)
9.4 筒中筒结构	(225)
习 题	(227)
第 10 章 复杂高层结构设计	(229)
10.1 一般规定	(229)
10.2 复杂高层结构的类型	(230)
10.3 带转换层的结构	(230)
10.4 带加强层的高层结构	(238)
10.5 带错层的高层结构	(240)

10.6 连体结构	(242)
10.7 竖向体型收进及悬挑结构	(245)
习 题	(247)
第 11 章 高层混合结构设计	(250)
11.1 一般规定	(250)
11.2 高层混合结构的形式及特点	(253)
11.3 高层混合结构的布置	(254)
11.4 结构计算	(255)
11.5 构件设计	(256)
习 题	(272)
第 12 章 高层建筑地下室和基础设计简介	(274)
12.1 一般规定	(274)
12.2 地下室设计	(278)
12.3 基础设计	(280)
主要参考文献	(285)

第1章 绪论

高层建筑是社会生产需要和人类生活需求的产物，是现代工业化、商业化和城市化的必然结果。而科学技术的发展，高强轻质材料的出现以及机械化、电气化在建筑中的实现等，为高层建筑的发展提供了技术条件和物质基础。本章主要论述我国高层建筑结构的现状及发展趋势。

1.1 高层建筑的定义

人们常把超过一定高度和层数的建筑叫高层建筑。但是，多高的建筑或多少层的建筑为高层建筑，世界各国的划分标准并不完全一致。我国 JGJ 3—2010《高层建筑混凝土结构技术规程》(后面都简称为《高规》)规定：10 层及 10 层以上或房屋高度大于 28 m 的住宅建筑和房屋高度大于 24 m 的其他高层民用建筑称为高层建筑。房屋高度为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、构架等的高度。建筑物高度超过 100 m 时(除日本以外)，不论是住宅建筑还是公共建筑，统称为超高层建筑。表 1-1 中列出了一部分国家对高层建筑起始高度的规定。联合国 1972 年的国际高层会议，对建筑给出了以下标准：

- (1) 多层建筑 ≤ 8 层
- (2) 高层建筑 第一类 9 ~ 16 层 高度 ≤ 50 m
 第二类 17 ~ 25 层 高度 ≤ 75 m
 第三类 26 ~ 40 层 高度 ≤ 100 m
- (3) 超高层建筑 > 40 层，高度 > 100 m

表 1-1 部分国家对高层建筑起始高度的规定

国家	高层建筑起始高度
美国	24.6 m 以上或 7 层以上
英国	24.3 m 以上
法国	超过 50 m 的住宅或 28 m 以上的其他建筑
德国	超过 22 m(从室内地面算起)
比利时	25 m 以上(从室外地面算起)
日本	8 层以上或者超过 31 m
苏联	9 层及 9 层以上

高层建筑的特点有以下几个方面：

(1)通常而言，高层建筑的主体规模较为庞大，可以用作住房商用等，建筑内部的系统及功能较为复杂，建设要求指标以及对施工方的建设水平有较高的要求。由于高层建筑的建筑面积较大，故需要施工方进行详细的计算，对建筑成本做好预算，以确保项目投资能够保证施工材料的质量和施工技术的可靠性。高层建筑的质量很大程度上取决于施工材料、施工技术和施工周期。

(2)从用地角度来看，相同大小的建筑用地，高层建筑可以获得更多的使用面积，这样可以提高地块的使用效率，节约土地，缓解用地紧张的问题。将空闲出来的地块可以用作绿化，不仅可以提高绿化率，还有利于美化环境，提高人类的居住质量。

(3)高层建筑主要是利用电梯来完成垂直运输，不但会增加建筑物的造价，而且对消防和疏散造成了一定的难度。这是因为10层以下的建筑物是可以采用消防车进行救援的，而过高的建筑消防车很难进行救援，需要许多的自救措施。

(4)高层建筑体型庞大、容纳人员量大，有着局部交通压力大、垃圾多、能耗集中、噪音、热辐射等缺点。

(5)从结构的受力性能来看，10层以下的建筑，竖向荷载产生的内力占主导地位，横向荷载的影响较小；当高度较高时，风荷载和地震作用占主导地位。在水平力作用下，随着高度的增加，侧向位移增加最快，其次是弯矩和轴力(图1-1)。可见，在高层建筑设计中，水平荷载(作用)是主要荷载，结构高度和抵抗侧移是设计的主要矛盾。

因此，设计高层建筑结构时，不仅要求结构有足够的承载力，而且要求结构有合理的刚度，使水平荷载所产生的侧向变形限制在规定的范围内。同时，有抗震设防要求的高层建筑还应具有良好的抗震性能，使结构在可能遭遇的强震作用下，当构件进入屈服阶段后，仍具有良好的塑性变形能力(即具有良好的延性性能)。

综合高层建筑的上述受力特点可知，与低层结构不同的是，高层建筑结构在承载力、刚度和延性三方面要满足更多的设计要求。抗侧力结构的设计成为高层建筑结构设计的关键。

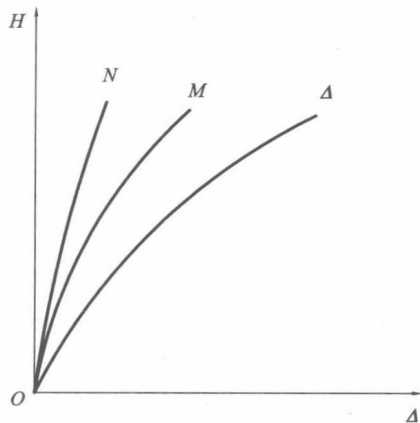


图 1-1 内力或位移与高度之间的关系曲线

1.2 高层建筑的发展

随着工业化、商业化、城市化的进程，城市人口急剧增加，造成城市生产和生活用地紧张，地价昂贵，迫使建筑物向高空发展，由多层发展为高层。高层建筑是工程技术的纪念碑，是材料工程、电器工程、系统工程和城市集约化发展的必然产物。高层建筑以其恢弘的气势、特殊的视觉效果，成为了其所在城市、地区甚至所在国家的标志性建筑。

(1)近代(形成期)。

1801年，美国曼彻斯特7层棉纺厂房，厂房内部采用铸铁框架承重；

1819年,美国芝加哥的Monadnock大楼,16层,属于砖承重墙体系,底部8层砖墙墙厚为1.8m;

1854年,美国长岛黑港采用熟铁建造灯塔;

1883年,美国保险公司,11层,采用生铁柱,熟铁梁(世界第一栋高层建筑)作为建筑材料;

1885年,美国芝加哥家庭式保险大楼(第一座现代意义的高层建筑),12层,高55m;

1889年,Second Merally大楼,9层,全钢框架(第一栋高层钢建筑)。

(2)现代(发展期)。

20世纪,钢结构技术的进步以及电梯的发明,使得房屋建筑高度越来越高。框架抗侧力体系——加竖向支撑或剪力墙来增强抗侧刚度和强度得到发展。

1905年,Metrop Litann大楼,50层;

1913年,沃尔沃斯大楼,60层,高234m;

1929年,Charysler大厦,高319m;

1931年,帝国大厦,102层,381m,采用平面结构理论,用钢量为 206 kg/m^2 。

(3)二战结束后。

在这个阶段,地价较高,采用平面结构理论——三维立体结构理论以及轻质材料。

1972年,世界贸易中心(Twin Towers, 1972—2001),110层,高412m,钢结构;

1974年,西尔斯大厦,110层,高442m,钢结构;

1996年,吉隆坡石油大厦,88层,高450m,钢与混凝土混合结构。

2003年,台北101大厦,101层,高508m,首次突破500m高度。

我国的现代高层建筑起步较晚,新中国成立前,仅在几个大城市有为数不多的高层建筑。新中国成立以后,我国开始自行设计建造高层建筑,在20世纪50至60年代陆续建造了一些,20世纪70年代开始加快建造高层的步伐,进入80年代后,高层的建造达到了一个新的高潮阶段。在此阶段,主要的标志性建筑如下:

1968年,广州宾馆,27层(60年代最高建筑),高87.6m;

1976年,广州白云宾馆,33层(1976—1985年最高建筑),高114m;

1985年,深圳国际贸易中心,50层,高160m;

1987年,广州国际大厦,63层,高200m;

1990年,中国银行(香港),72层,高364m;

1996年,深圳地王大厦,81层,高325m;

1997年,深圳中天广场大厦,80层,高322m;

1998年,上海金茂大厦,88层,高420m。

19世纪末,随着科学技术的发展,钢筋混凝土结构、钢结构在土木工程领域中代替传统的砖、石、木结构,并得到了推广和应用。建筑高度的增加、层数的增多、跨度的增大,使得现代意义上的高层建筑开始出现。美国芝加哥是现代高层建筑的发源地。世界上每一年都有许多高层建筑开工、竣工,到目前为止,世界最高十大建筑排名如表1-2。我国内地最高十大建筑排名如表1-3。图1-2为我国目前内地按高度排名前四的建筑。

表 1-2 世界最高十大建筑

排名	建筑名称	城市	建造年份/年	层数	高度/m	用途
1	迪拜哈利法塔	迪拜	2010	162	828	多用途
2	东京晴空塔	东京	2012		634	多用途
3	上海中心大厦	上海	封顶	118	632	多用途
4	麦加皇家钟塔饭店	麦加	2012	120	601	多用途
5	广州塔	广州	2009	39	600	多用途
6	世界贸易中心	纽约	封顶	108	541.3	办公
7	台北 101	台北	2004	101	508	多用途
8	上海环球金融中心	上海	2008	101	492	多用途
9	环球贸易广场	香港	2011	118	484	多用途
10	石油大厦	吉隆坡	1996	88	452	多用途

注：以上高度均指建筑高度，从室外地面至建筑最高点的高度。

表 1-3 我国内地最高十大建筑

排名	建筑名称	城市	建造年份/年	层数	高度/m	用途
1	上海中心大厦	上海	封顶	118	632	多用途
2	广州塔	广州	2009	39	600	多用途
3	上海环球金融中心	上海	2008	101	492	多用途
4	紫峰大厦	南京	2010	89	450	多用途
5	京基 100	深圳	2011	100	441.8	多用途
6	广州国际金融中心	广州	2009	103	432	多用途
7	金茂大厦	上海	1998	88	420.5	多用途
8	中信广场	广州	1997	80	391	多用途
9	地王大厦	深圳	1996	69	384	写字楼
10	深圳赛格广场	深圳	2000	75	355.8	多用途

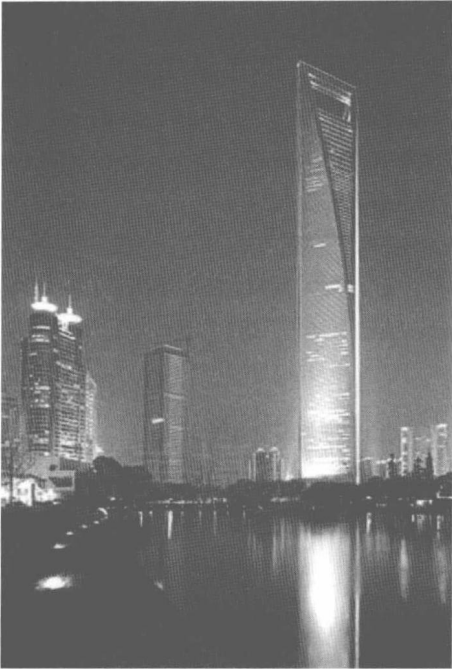
注：以上高度均指建筑高度，从室外地面至建筑最高点的高度。



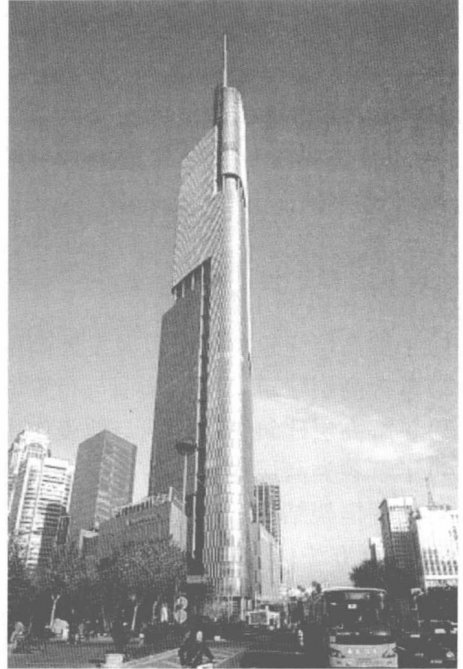
(a) 上海中心大厦 (最右侧)



(b) 广州塔



(c) 上海环球金融中心 (最右侧)



(d) 紫峰大厦

图 1-2 我国目前内地按高度排名前四的建筑

根据高层建筑的发展过程以及目前世界经济和科学技术的发展水平,未来高层建筑可能的发展趋势如下:

(1) 高层建筑的材料。

进入 20 世纪 90 年代后,高层建筑迅猛发展。在高层建筑结构的技术问题中,首先要解决的是材料问题。现在混凝土的强度等级已经达到 C100 以上。高强度和良好韧性的混凝土有利于减小结构构件的尺寸,减轻结构的自重,改善结构抗震性能。同时,为了达到轻质高强的目的,必须在高层建筑结构中发展轻骨料混凝土、轻混凝土、纤维混凝土、聚合物混凝土、侧限(约束)混凝土和预应力混凝土。高性能混凝土的开发和应用,将继续受到人们的重视,也必将给高层建筑结构带来重大和深远的影响。从强度和塑性方面考虑,钢是高层建筑结构的理想材料,增进或改善钢材的强度、塑性和可焊性性能是当代以及未来的发展趋势,且这项工作人们从未停止过。特别是对新型耐火耐候钢的研发,具有重要意义,可使钢材减小或抛弃对防火材料的依赖,提高建筑用钢的竞争力。复合材料在高层建筑部分构件制作中的应用正在开发和实践中。

(2) 混合结构在高层建筑结构中的广泛应用。

经合理设计的混合结构可取得经济合理、技术性能(如抗震性能)优良的效果,且易满足高层建筑的侧向刚度的需求,可建造比钢筋混凝土结构更高的建筑,因此在较高的建筑中,混合结构往往仍是合理、可行的结构方案,今后建造混合结构的比率将会越来越大。新的设计概念、新的结构形式的应用使得现代建筑功能趋于多样性,建筑的体型和结构体系趋向复杂多变以及立体化。应运而生新的设计概念和结构技术的深化,采用新的结构体系,如巨型结构体系、蒙皮结构、带加强层的结构,建筑立面设置大洞口以减小风力,采用结构控制技术设置抗震机构等。

1.3 本课程学习要点

高层建筑结构的高度出现新的突破,科技含量越来越高。本课程是专业课,要求先修的课程主要有结构力学、建筑材料、混凝土结构、钢结构、土力学与地基基础等。学习本课程时,重点应放在以下几个方面:

- (1) 了解高层建筑的定义以及发展高层建筑的意义;
- (2) 掌握高层建筑结构的选型与布置原则,并能够正确地进行结构形式的选择以及布置;
- (3) 了解高层建筑结构荷载与地震作用,并且能够进行准确的计算;
- (4) 了解各类高层建筑结构的受力特点;
- (5) 掌握框架结构、剪力墙结构、框架剪力墙结构和筒体结构等高层建筑结构内力与变形的近似计算方法;
- (6) 掌握各类高层建筑设计计算的基本规定;
- (7) 掌握各类高层建筑结构构件与节点的配筋计算方法及构造要求。

第2章 结构选型与结构布置

我国高层建筑发展迅速,建筑高度不断增加,建筑功能和类型越来越复杂,结构体系更加多样化,地区分布更加广泛。高层建筑结构选型与结构布置在结构抗震概念设计中占有极其重要的地位,它们直接影响着结构的安全性与经济性。结构选型主要包括竖向承重结构的选型和水平承重结构的选型;结构布置主要包括结构平面布置和结构竖向布置。本章主要介绍了高层建筑竖向承重结构的选型、水平承重结构的选型以及高层建筑的结构平面布置、竖向布置、变形缝设置以及混凝土收缩与徐变的影响。

2.1 高层建筑结构设计的基本要求

高层建筑的结构形式复杂且多样化,按材料来分可以分为配筋砌体结构、钢筋混凝土结构、钢结构和钢-混凝土混合结构等。其中砌体结构强度较低、抗拉抗剪性能较差,难以抵抗水平作用产生的弯矩和剪力,因而一般情况下采用配筋砌体;钢筋混凝土结构强度较高、抗震性能好,并且具有良好的可塑性;钢结构强度较高、自重较轻,符合轻质高强的特点,具有良好的延性和抗震性能,并能满足建筑上大跨度、大空间的要求;钢-混凝土混合结构一般是钢框架与钢筋混凝土筒体结构的组合,在结构体系和层次上能将两者的优点结合起来。

高层建筑常见的结构体系有框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、板-柱剪力墙结构和筒体结构等。随着层数和高度的不断增加,水平作用(包括地震和风荷载)对高层建筑结构安全的控制作用越来越显著。结构体系与建筑的承载能力、抗侧刚度、抗震性能、材料用量和造价有着密切的关系。不同的建筑功能要求需要设立不同的结构体系。

高层建筑结构设计的基本原则是:注重概念设计、结构选型与平面和立面布置规则,使得结构构件具有必要的承载力、刚度、稳定性、延性等方面的性能。择优选择性能好且经济效益好的结构体系,加强体系构造措施。高层建筑的抗震设防烈度必须按照国家规定的权限审批和颁发的文件(图文)确定。一般情况下,抗震设防烈度应采用根据中国地震动参数区划图确定的地震基本烈度。抗震设计的高层混凝土建筑应按现行国家标准 GB 50223—2008《建筑工程抗震设防分类标准》以下简称《抗震设防标准》的规定确定其抗震设防类别。

概念设计是指根据理论与试验研究结果和工程经验等所形成的基本设计原则和设计思想进行建筑和结构的总体布置并确定细部构造的过程。

规则结构指体型规则、平面布置均匀、对称并具有很好的抗扭刚度,竖向质量和刚度无突变的结构(见表2-1)。

高层建筑不应该采用严重不规则的结构体系,并应符合下列规定:

(1)结构的竖向和水平布置宜使结构具有合理的刚度和承载力分布,避免因刚度和承载力局部突变或结构扭转效应而形成薄弱部位。

①构件在强烈地震下不存在强度安全储备,构件的实际承载能力分析是判断薄弱部位的