

普通高等学校“十二五”省部级重点规划教材

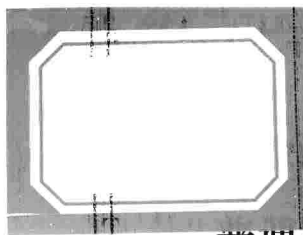
GAOCENG JIANZHU SHIGONG

高层建筑施工

主 编 董 颇 王 俊 原胜利



黄河水利出版社



普通高等学校“十二五”省部级重点规划教材

高层建筑施工

主 编 董 颇 王 俊 原胜利
副主编 范玉东

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书内容主要包括高层建筑施工测量、高层建筑深基坑工程施工、高层建筑大体积混凝土施工、高层建筑起重及运输机械、高层建筑现浇混凝土结构施工、钢结构高层建筑施工、高层建筑施工中的安全管理等,并对新技术、新工艺作了重点介绍。本书可作为高等学校土木工程专业和相关专业学生的教学用书,也可供从事建筑施工的工程技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑施工/董颇,王俊,原胜利主编. —郑州:黄河
水利出版社,2013.9
普通高等学校“十二五”省部级重点规划教材
ISBN 978-7-5509-0550-4

I. ①高… II. ①董… ②王… ③原… III. ①高层建
筑-工程施工-高等学校-教材 IV. ①TU974

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 226707 号

组稿编辑:王志宽 电话:0371-66024331 E-mail:wangzhikuan83@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:15.5

字数:360千字

印数:1—3 100

版次:2013年9月第1版

印次:2013年9月第1次印刷

定价:29.00元

前 言

随着我国社会经济的蓬勃发展,建筑科学和建筑技术也有了高速发展,尤其在城市,土地的供应紧张需要进一步充分发挥土地的综合利用率,高层建筑正在日益成为城市建设的主体。随着我国的建设事业迅速发展,施工领域的新技术、新工艺、新材料不断涌现,传统的高层钢筋混凝土结构施工方法有了很大的改进和发展,钢结构和钢与钢筋混凝土组合结构的高层施工方法有了系统的积累和创新,本书从介绍高层建筑发展的简况、各种高层建筑结构体系等开始,结合国内高层建筑施工实践经验,系统介绍了高层建筑工程的施工技术和施工工艺方法。在编写上严格遵守国家现行建筑工程施工及验收规范,结合高校学生特点,按照“必需、够用”的基本要求,本着“讲清概念、强化应用”的原则进行编写,做到理论联系实际,注重科学性、实用性和先进性,体系完整,内容精炼,文字表达通畅,所附图力求准确、直观,以帮助学生充分理解所学内容。

本书第一章、第二章、第八章由河南金建隆诚建筑工程有限公司范玉东编写;第三章第一节、第二节、第四节及第七章由河南城建学院董颇编写;第三章第三节、第四章、第六章由许昌学院王俊编写;第五章由新乡学院原胜利编写。本书由董颇、王俊、原胜利担任主编并由董颇统稿,由范玉东担任副主编。另外,在此对所有为本书出版给予支持和帮助的单位及个人表示衷心的感谢!

由于时间关系,书中不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 6 月

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 高层建筑的定义	(1)
第二节 高层建筑的发展	(2)
第三节 高层基础与结构体系	(5)
第四节 高层建筑施工技术的发展	(7)
第五节 高层建筑存在的问题	(11)
第二章 高层建筑施工测量	(13)
第一节 高层建筑施工测量的特点及基本要求	(13)
第二节 建立施工控制网	(14)
第三节 建(构)筑物主要轴线的定位及标定	(17)
第四节 高层建筑中的竖向测量	(18)
第五节 高层建筑施工中的沉降观测	(21)
第六节 高层建筑施工测量方案实例	(24)
第三章 高层建筑深基坑工程施工	(30)
第一节 地下水控制	(30)
第二节 高层建筑深基坑土方开挖	(45)
第三节 高层建筑深基坑支护	(54)
第四节 某基坑支护施工图	(85)
习 题	(95)
第四章 高层建筑大体积混凝土施工	(97)
第一节 大体积混凝土的温度裂缝	(97)
第二节 大体积混凝土的温度应力	(100)
第三节 大体积混凝土温度裂缝的控制措施	(113)
第四节 大体积混凝土基础结构施工	(119)
第五节 大体积混凝土施工案例	(122)
习 题	(125)
第五章 高层建筑起重及运输机械	(127)
第一节 塔式起重机	(127)
第二节 施工电梯	(137)
第三节 混凝土搅拌运输车与混凝土泵	(140)
第四节 高层建筑脚手架	(146)

习 题	(156)
第六章 高层建筑现浇混凝土结构施工	(157)
第一节 高层建筑模板施工	(157)
第二节 粗钢筋连接技术	(173)
第三节 高强混凝土施工	(181)
习 题	(185)
第七章 钢结构高层建筑施工	(186)
第一节 钢结构材料与钢结构的连接	(187)
第二节 高层钢结构的安装	(191)
第三节 钢结构的涂装施工技术	(200)
习 题	(206)
第八章 高层建筑施工中的安全管理	(207)
第一节 概 述	(207)
第二节 施工中的安全管理	(208)
第三节 建筑工程安全隐患的防范	(216)
习 题	(239)
参考文献	(240)

第一章 绪 论

自 19 世纪中叶电梯发明以来,建筑向高发展的趋势始终没有停止过。100 多年来,结构计算越来越精确,承重材料越来越高强,新的结构体系不断出现,新的施工技术不断发展和成熟,使得建筑的层数和高度极限一次次被突破。20 世纪后期,高层建筑的发展已超出建筑学、规划学的范畴,许多人把高层建筑的多少视为城市实力和现代化水平的标志,高层建筑甚至被称为 20 世纪城市现代化的图腾。

高层建筑的故乡是美国,1885 年建成的美国芝加哥家庭保险公司大楼(建于 1883 ~ 1885 年,共 10 层,高 55 m),被公认为世界第一幢高层建筑,也是世界上第一幢按现代钢框架结构原理建造的高层建筑,开启了摩天大楼建造之先河。自此,摩天大楼以飞快的速度覆盖了芝加哥、纽约,成为“一种独特的美国艺术形式,然而在以著名建筑师菲利普·约翰逊为首的一大批人拒绝在美国建造摩天大楼的同时,环太平洋西岸亚洲国家及地区成为高层建筑的新生地,且有愈演愈烈之势。

形成这“巅峰”的原因有多种,可以简单概括为以下几方面:城市人口持续增长,土地资源紧缺,促使城市建筑向高空延伸。科学技术的进步,新材料、新工艺的涌现,使人们在高空居住和工作成为可能。建筑师和开发商以建筑高度之最为骄傲,是否拥有高之又高的楼成为衡量一个国家实力的标准之一。

改革开放以来,我国一大批具有现代气派和民族风格的高层建筑竞相出现,光彩夺目。其中单以建筑体型来说,就有联谊大厦和瑞金大厦的“方”、金桥大厦和新锦江的“圆”、花园酒家的“板式”、城市酒家的“锯齿”、太平洋饭店的“弧形”、扬子江酒家的“几何斜面”、虹桥和银河宾馆的“三角斜面”、锦沧文华的“骨牌”、锦明与晚报大楼的“八角双塔”、解放日报的“方棱组合”,还有 U 字形的太阳广场大厦、山字形的波特曼、风车形的华亭宾馆、凹凸形的电管大楼,以及棱锥体形的明天广场、白玉兰形的上海外滩活动中心、宝塔形的金茂大厦,令人眼花缭乱,目不暇接。

第一节 高层建筑的定义

在世界各国高层建筑及超高层建筑都没有固定的划分标准,联合国科教文组织所属的世界高层建筑委员会在 1972 年国际高层建筑会议上建议按高层建筑的层数和高度分为四类:第一类,9 ~ 16 层(最高到 50 m);第二类,17 ~ 25 层(最高到 75 m);第三类,26 ~ 40 层(最高到 100 m);第四类,40 层以上(即超高层建筑)。

我国根据《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)将民用建筑按地上层数或高度划分如下:

(1)住宅建筑按层数分类:1 ~ 3 层为低层,4 ~ 6 层为多层,7 ~ 9 层为中高层,10 层及 10 层以上为高层。

(2)除住宅建筑外的民用建筑高度不大于24 m者为单层和多层建筑,大于24 m者为高层建筑(不包括建筑高度大于24 m的单层公共建筑)。

(3)建筑高度大于100 m的民用建筑为超高层建筑。

建筑高度的计算:当为坡屋面时,应为建筑物室外设计地面到其檐口的高度;当为平屋面(包括有女儿墙和平屋面)时,应为建筑物室外设计地面到其屋面面层的高度;当同一座建筑物有多种屋面形式时,建筑高度应按上述方法分别计算后取其中最大值。局部突出屋顶的瞭望塔、冷却塔、水箱间、微波天线间或设施、电梯机房、排风和排烟机房以及楼梯出口小间等,可不计入建筑高度内。

第二节 高层建筑的发展

一、我国古代高层建筑

(一)河南登封县嵩岳寺塔

建于公元523年的河南登封县嵩岳寺塔,总高41 m左右,周长33.72 m,塔身呈平面等边十二角形,中央塔室为正八角形,塔室宽7.6 m,底层砖砌塔壁厚2.45 m,为砖筑密檐式塔,其近于圆形的平面,分为上、下两段的塔身,外涂白灰,内为楼阁式,外为密檐式,这种密檐形十二边形塔在中国现存的数百座砖塔中是绝无仅有的,在当时也属少见。整个塔室上下贯通,呈圆筒状。塔室之内,原置佛台佛像,供和尚和香客绕塔做佛事之用。全塔刚劲雄伟,轻快秀丽,建筑工艺极为精巧。该塔虽高大挺拔,但却是用砖和黄泥粘砌而成的,塔砖小而且薄,历经千年而依旧屹立,充分证明了我国古代建筑工艺之高。嵩岳寺塔无论是在建筑艺术上,还是在建筑技术上,都是中国和世界古代建筑史上的一件珍品。

(二)山西应县佛宫寺释迦塔(应县木塔)

山西应县佛宫寺释迦塔(应县木塔)建于辽清宁二年(1056年),金明昌六年(1195年)增修完毕,是中国现存最高最古老的一座木构塔式建筑,也是唯一一座木结构楼阁式塔,为全国重点文物保护单位。

木塔位于寺南北中轴线上的山门与大殿之间,属于“前塔后殿”的布局。塔建造在4 m高的台基上,塔高67.31 m,底层直径30.27 m,呈平面八角形。第一层立面重檐,以上各层均为单檐,共五层六檐,各层间夹设暗层,实为九层。因底层为重檐并有回廊,故塔的外观为六层屋檐。各层均用内、外两圈木柱支撑,每层外有24根柱子,内有8根,木柱之间使用了许多斜撑、梁、枋和短柱,组成不同方向的复梁式木架。有人计算,整个木塔共用红松木料3 000 m³,2 600多t重,整体比例适当,建筑宏伟,艺术精巧,外形稳重庄严。

应县木塔的设计大胆继承了汉、唐以来富有民族特点的重楼形式,充分利用了传统建筑技巧,广泛采用斗拱结构,全塔共用斗拱54种,每个斗拱都有一定的组合形式,有的将梁、枋、柱结成一个整体,每层都形成了一个八边形中空结构层。设计科学严密,构造完美,巧夺天工,是一座既有民族风格、民族特点,又符合宗教要求的建筑,在中国古代建筑艺术中可以说达到了最高水平,即使在现代也有较高的研究价值。

二、我国近代高层建筑

20 世纪 60 年代已经有较多的高层建筑落成,其中最高的是 27 层的广州宾馆,高 87 m。

20 世纪 70 年代最高建筑的代表是广州白云宾馆,33 层,高 112 m。

20 世纪 80 年代中期,我国的高层建筑数量更多,遍布各地,其中深圳市数百座高层建筑拔地而起,成为建筑发展史上的奇迹。这时的高层建筑层数和高度都有了突破,北京京广中心大厦(57 层,高 208 m)、广东国际大厦(63 层,高 200.8 m)、深圳国贸大厦(53 层,高 160 m)等都在 50~70 层,高度突破或接近 200 m,成为我国这时期的几幢最高的建筑物。据记载,1980~1984 年所建的高层建筑相当于以前 30 多年中兴建的总和。

20 世纪 90 年代,我国的一些城市已建起了 80 层以上的高层建筑。广州中天大厦(80 层,高 322 m)、深圳地王大厦(81 层,高 325 m)都是近年来我国当时最高的摩天大楼。上海的浦东是继深圳后兴建高层建筑的另一个奇迹,1995 年底已建成高层建筑 117 幢。雄踞黄浦江东畔的高 420 m、88 层的上海金茂大厦已在 1998 年宣告落成。

金茂大厦是集商务、酒店、娱乐、观光、购物为一体的智能化大楼(见图 1-1)。大厦总建筑面积 29 万 m^2 ,总高 420.5 m,建筑物地上 88 层、地下 3 层,裙房 6 层。主体建筑 3~50 层为办公用房,53~87 层为超豪华的上海金茂凯悦大酒店。第 88 层是迄今为止中国最高、最大的观光厅,全部采用进口天然大理石。

进入 2000 年以后,在一些发达的地区,100 层以上的摩天大楼也相继问世,上海环球金融中心是位于中国上海陆家嘴的一幢摩天大楼,2008 年 8 月 29 日竣工,是目前世界最高的平顶式大楼,楼高 492 m,地上 101 层。

2003 年 11 月落成的台北 101 大楼(见图 1-2),地上 101 层、地下 5 层,总高 508 m,超过了 462 m 的美国芝加哥希尔斯大楼和 451 m 的马来西亚双子星大楼。

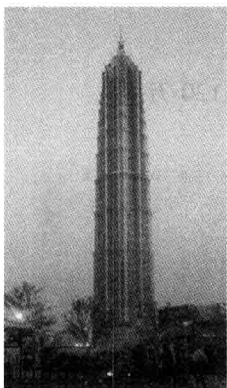


图 1-1 金茂大厦

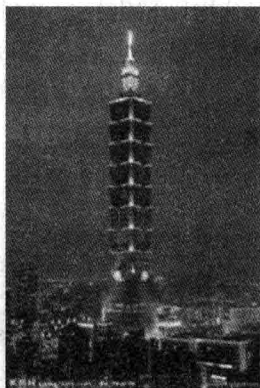


图 1-2 台北 101 大楼

台北 101 大楼由国际级建筑大师李祖原设计,外形呈竹节形,每 8 层为一单位,取其 8 为“发”的好兆头,像是向上长高的竹子或盛开的花朵,步步高升。加上 26 楼外的古铜币造型、每 8 层楼的如意造型,让这栋看似时髦又传统的建筑物别有新意。台北 101 大楼还拥有世界上最快的电梯,其中有 2 部电梯以 1 000 m/min 的速度上升,可以在 39 s 内将

乘客载到 89 楼的观景台。

台北 101 大楼犹如大都会生活的缩影。目前 B2 ~ B5 层被规划为停车场, B1 ~ 5 层为聚集时尚与美食的现代化购物中心, 6 ~ 84 层为办公大楼, 85 层为商务俱乐部, 86 ~ 88 层为观景餐厅, 89 ~ 91 层为象征未来之窗的观景台。最受瞩目的是位于裙楼部分的购物中心, 总面积 7 万多 m^2 , 共容纳 160 多家商店。

上海中心大厦位于浦东的陆家嘴功能区, 占地面积 30 368 m^2 , 建筑面积 74 058 m^2 , 其中地上总建筑面积约 410 139 m^2 , 主体建筑结构高度为 580 m, 总高度 632 m。建筑层数: 地下结构 5 层, 地上部分包括 124 层塔楼和 7 层东西裙房。结构形式: 钢筋混凝土核心筒 - 外框架结构, 用钢量约 100 000 t。总投入超过 148 亿元, 其建筑设计方案由美国 Gensler 建筑设计事务所完成。上海中心大厦按照工程计划, 将于 2015 年全面建成并启用。

中国 117 大厦位于天津高新区, 大厦塔楼地下 4 层, 地上 117 层, 建筑高度 597 m, 占地面积 83 万 m^2 , 规划建筑面积 183 万 m^2 , 预计投资 270 多亿元, 集高档商场、写字楼、商务公寓和六星级酒店于一身。

目前 117 大厦之最:

- (1) 单体工程基坑开挖面积之最: 开挖面积达 13.9 万 m^2 ($324 \text{ m} \times 428 \text{ m}$);
- (2) 单体工程基坑土方工程量之最: 约 200 万 m^3 ;
- (3) 房建工程基坑深度之最: 预计达到 37 m;
- (4) 工程桩长度之最: 工程桩桩长在 100 m 以上;
- (5) 工程桩长径比之最: 121:1;
- (6) 工程桩水下浇筑混凝土之最: C55 水下浇筑;
- (7) 钢筋规格之最: 直径 50 mm 三级钢;
- (8) 底板 C50 大体积混凝土体量最大: 7 万 m^3 ;
- (9) 自密实混凝土强度之最: C70;
- (10) 钢结构巨型钢柱尺寸世界之最: $24 \text{ m} \times 22.8 \text{ m}$;
- (11) 垂直度偏差之最: 1/300 (1/150);
- (12) 已开工建设的单体建筑面积之最: 规划建筑面积 120 万 m^2 。

117 大厦施工现场见图 1-3。



图 1-3 117 大厦施工现场

第三节 高层基础与结构体系

一、基础形式

基础类型的选择与场地工程地质及水文地质条件、房屋的使用要求及荷载大小、上部结构对不均匀沉降的适应程度以及施工条件等因素有关。

高层建筑的上层结构荷载很大,基础底面压力也很大,应采用整体性好、能满足地基的承载力和建筑物容许变形要求并能调节不均匀沉降的基础形式。根据上部结构类型、层数、荷载及地基承载力,可以用单独柱基础、交叉梁基础、筏形基础或箱形基础;当地基承载力或变形不能满足设计要求时,可以采用桩基础或复合地基。

(一) 筏形基础

筏形基础也称为板式基础,多用于上部结构荷载较大、地基承载力较低的情况。一般有两种做法:倒肋形楼盖式和倒无梁楼盖式。倒肋形楼盖式的筏基板的折算厚度较小,用料较省,刚度较好,但施工比较麻烦,模板较费。采用板底架梁的方案有利于地下室空间的利用,但地基开凿施工麻烦,而且破坏了地基的连续性,扰动了地基土,会降低地基承载力;采用倒无梁楼盖式的筏基板的折算厚度较大,用料较多,刚度也较差,但施工较为方便,且有利于地下空间的利用。采用此种形式的筏板,应在柱下板底或板面加墩,板底加墩有利于地下空间的利用,板面加墩则施工较为方便。因此,选择施工方案的时候应考虑综合因素。

筏形基础有足够的刚度以调整基底压力分布,减小不均匀沉降,因此可跨过局部软弱或易受压缩的地段。但筏基若未考虑挖去的土用来补偿建筑物的荷载,则沉降量较大。若将筏基作为地下室底板,与侧墙和顶板组成具有相当刚度的地下空间结构,用作车库等比箱形基础有更宽敞的利用空间。此时,由于地下挖去土方量大,有补偿基础的作用,筏板还可作为防渗底板。

(二) 箱形基础

当地基极软且沉降不均匀十分严重时,采用筏形基础,其刚度会显得不足,在上部结构对基础不均匀沉降敏感时尤其如此,在这种情况下采用箱形基础就较为合理。

箱形基础是由底板、顶板、外围挡土墙以及一定的内隔墙组成的单层或多层混凝土结构。箱形基础刚度大、整体性好、传力均匀;能适应局部不均匀沉降较大的地基,有效地调整基底反力。由于地基面积较大,且埋深也较大,挖去了大量土方,卸除了原有的地基自重应力,地基承载力有所提高,建筑物沉降减小。由于埋深较大,箱形基础外壁与土的摩擦力增大,增大了基础周围土体对结构的阻尼,有利于抗震。但是箱形基础的内隔墙较多,支模等施工时间较长,工期较长,在使用上也受到隔墙太多的限制。

(三) 桩基础

在浅层地基承载力比较软弱,而坚实土层距离地面又较深的时候,采用其他类型的基础就不能满足承载力或变形控制的要求,这时应当考虑采用桩基础。

桩基础由两部分组成:一是桩基承台,二是桩基本身。桩基承台的作用是将上部荷载

传给桩,并使桩群连成整体,而桩又将荷载传至较深的土层中。桩基承台一般可利用筏形基础的底板或箱形基础的底板,这时称这种形式的基础为桩筏基础或桩箱基础。

桩的类型应根据工程地质资料、结构类型、荷载性质、施工条件以及经济指标等因素确定。桩按受力性能来区分,有摩擦桩和支承桩两种;按施工方法区分,有预制桩和灌注桩两种。在桩基平台面积确定的情况下,不同桩径、不同的桩基持力层会有不同的单桩承载力,桩的平面随之也可以确定。当箱形基础或筏形基础下桩的数量较少时,桩基布置在墙下、梁板式筏形基础的梁下或平板式筏形基础的柱下。桩距应尽可能大,在充分发挥单桩承载力的同时,还能发挥承台土反力作用,以取得最佳效果。

二、高层建筑结构体系

高层建筑按结构体系划分,有框架体系、剪力墙体系、框架-剪力墙体系和筒体体系;高层建筑结构按使用材料划分,主要有钢筋混凝土结构、钢结构、钢-钢筋混凝土组合结构。

(一) 高层建筑结构设计特点

1. 水平荷载成为决定因素

(1) 因为楼房自重和楼面使用荷载在竖构件中所引起的轴力和弯矩的数值,仅与楼房高度的一次方成正比;而水平荷载对结构产生的倾覆力矩,以及由此在竖构件中引起的轴力,与楼房高度的二次方成正比。

(2) 对某一定高度楼房来说,竖向荷载大体上是定值,而作为水平荷载的风荷载和地震作用,其数值随结构动力特性的不同而有较大幅度的变化。

2. 轴向变形不容忽视

高层建筑中,竖向荷载数值很大,能够在柱中引起较大的轴向变形,从而会对连续梁弯矩产生影响,造成连续梁中间支座处的负弯矩值减小,跨中正弯矩值和端支座负弯矩值增大;还会对预制构件的下料长度产生影响,要求根据轴向变形计算值,对下料长度进行调整。另外,对构件剪力和侧移产生影响,与考虑构件竖向变形比较,会得出偏于不安全的结果。

3. 侧移成为控制指标

与较低楼房不同,结构侧移已成为高楼结构设计中的关键因素。随着楼房高度的增加,水平荷载下结构的侧移变形迅速增大,因而结构在水平荷载作用下的侧移应被控制在某一限度之内。

4. 结构延性是重要设计指标

相对于较低楼房而言,高楼结构更柔一些,在地震作用下的变形更大一些。为了使结构在进入塑性变形阶段后仍具有较强的变形能力,避免倒塌,特别需要在构造上采取恰当的措施来保证结构具有足够的延性。

(二) 高层建筑的结构体系

1. 框架-剪力墙体系

当框架体系的强度和刚度不能满足要求时,往往需要在建筑平面的适当位置设置较大的剪力墙来代替部分框架,便形成了框架-剪力墙体系。在承受水平力时,框架和剪力

墙通过有足够刚度的楼板和连梁组成协同工作的结构体系。在体系中框架体系主要承受垂直荷载,剪力墙主要承受水平剪力。框架-剪力墙体系的位移曲线呈弯剪型。剪力墙的设置,增大了结构的侧向刚度,使建筑物的水平位移减小,同时框架承受的水平剪力显著降低且内力沿竖向的分布趋于均匀,所以框架-剪力墙体系的能建高度要大于框架体系。

2. 剪力墙体系

当受力主体结构全部由平面剪力墙构件组成时,即形成剪力墙体系。在剪力墙体系中,单片剪力墙承受了全部的垂直荷载和水平力。剪力墙体系属刚性结构,其位移曲线呈弯曲型。剪力墙体系的强度和刚度都比较高,有一定的延性,传力直接均匀,整体性好,抗倒塌能力强,是一种良好的结构体系,能建高度大于框架或框架-剪力墙体系。

3. 筒体体系

凡采用筒体为抗侧力构件的结构系统称为筒体体系,包括单筒体、筒体-框架、筒中筒、多束筒等多种形式。筒体是一种空间受力构件,分实腹筒和空腹筒两种类型。实腹筒是由平面或曲面墙围成的三维竖向结构单体,空腹筒是由密排柱和窗裙梁或开孔钢筋混凝土外墙构成的空间受力构件。筒体体系具有很大的刚度和强度,各构件受力比较合理,抗风、抗震能力很强,往往应用于大跨度、大空间或超高层。

(三) 高层建筑的转换层

目前高层建筑的发展趋势为集吃、住、办公、娱乐、购物、停车为一体的综合建筑。由于空间功能的复杂化,使得建筑结构也随之变化。为了适应上部小空间、下部大空间的功能需要,需在两种结构的交接部位设置过渡结构,也就是转换层。因高层建筑结构的多样性,转换层也呈现多种形式,有功能转换层和结构转换层两种。

1. 功能转换层

功能转换层即在高层的中间拦腰一断,设一个设备层。如果楼层太高,用水、用电等都从地下室向上供,存在距离太远、主电源不在负荷中心、供水末端与起始点压差过大等问题,这需要我们在中间部位对电负荷进行重分配,对水系统进行减压处理等。这种转换层因为通常是设备层,所以许多设计院在设计时将其高度限定在2.2 m以下,以减少占用规划指标。

2. 结构转换层

结构转换层通常是在不同的结构方式之间进行的。比如下部是框架结构、上部是砌体结构,这是我国目前经济条件下特有的一种结构形式,通过将上部部分砌体墙在底部变为框架而形成较大的空间,底部一般作为商业用房,上部仍然用作住宅。这种情况下就必须转换构件(如托墙梁)将上部砌体墙承受的内力转移至下部的框架柱(框支柱),具备该功能的楼层我们通常称为结构转换层。

第四节 高层建筑施工技术的发展

一、基础工程

桩基技术尤其混凝土灌注桩,能适用于任何土层,承载力大,施工对环境影响小,因而

发展最快,目前已形成挤土、部分挤土和非挤土三类,数十种桩和成桩工艺,最大直径达3 m,最深达100 m左右。桩基承载力的检验已开发应用了动态测试技术。目前,基础埋深超过15 m的已很普遍,其中中国大剧院工程基础最深达41 m。支护技术有了很大的发展,其方法也较多,可根据土质、深度和周围环境选用。

常用的挡土结构有灌注桩、钢板桩、土钉支护及地下连续墙等,常用的支撑结构分坑外支撑(主要为土层锚杆)、坑内支撑。土层锚杆技术不但可用于较好的土层,也已成功地用于含水量饱和的淤泥质软黏土中。我国对支护结构计算方法、施工机械和施工工艺均进行了研究和开发,取得了较显著的效果。例如,北京京城大厦23.76 m的深基坑,采用H形板桩、3道预应力土层锚杆,比日方提出的设5道土层锚杆,节约工程费用约1/3。支护结构与地下结构工程结合、地下连续墙与逆作法联合应用,效果显著,这方面亦已取得初步经验。在深基坑施工降低地下水位方面,对于因降水而引起附近地面严重沉降的问题,也研究了防治措施。

二、模板工程施工技术的进步

20世纪70年代末研制开发的组合小钢模,在一段时间内成为使用面积最广的一种模板。其优点是模板成本较低,周转次数多,使用灵活方便;缺点是模板拼缝较多,给装修带来极大困难,在结构表面往往要刮多道腻子,既费工又拖延工期。对于组合小钢模需要及时维修的问题,国内生产了不少修理组合小钢模的专用设备;租赁体制对组合小钢模的使用与管理,也起到很大的促进作用。到20世纪90年代后期,小钢模用量已开始逐年下降。20世纪70年代中期研制开发的全钢大模板,用4~6 mm厚钢板作面板、8号槽钢作龙骨,焊接而成。其优点是模板整体刚度好,不易损坏,浇筑成的墙面平整;缺点是自重和用钢量大。组合小钢模拼制成大模板,用脚手架钢管作骨架,其优点是投资少、成本低;缺点是整体刚度差,板面拼缝多,给墙面装修带来极大困难等。钢框木(竹)胶合板组合模板(板宽60~120 cm,长150~240 cm)、无框木(竹)胶合板组合模板的优点是适应性强,可以实现“一模多用”,从而避免了模板的停滞积压。另外,浇筑的墙面所出现的少量板缝,经手提打磨机打磨后,墙面可不再抹灰,克服了用小钢模拼制的大模板施工所带来的缺点。20世纪90年代后期,为克服这类模板刚度差、面板容易坏等弊病,又出现了全钢中型组合模板,很受欢迎。曾用于高耸构筑物施工的滑动模板工艺,移植到高层房屋建筑施工,可用于剪力墙、框架和筒体结构施工。20世纪70年代末爬模在上海开始用于外墙和电梯井筒施工,目前已发展到内外墙模板同时爬升。它既具有大模板一次能浇筑一个楼层墙体混凝土的长处,又具有滑动模板可以随楼层升高而连续爬升,不需要每层拆卸和拼装模板的特点。88层的金茂大厦的核心筒体就是采用这种工艺,创造了一个月施工13层的施工速度,最快达到两天一层。其他尚有板柱结构体系施工的台模(又称飞模)、大跨度密肋楼盖施工的塑料和玻璃钢模壳、圆形柱子施工的半圆形定型钢模和玻璃钢圆柱模板、剪力墙清水混凝土施工的铸铝模板、楼板模板免拆施工的混凝土薄板(50~80 mm厚)或压型钢板永久性模板。早拆支撑体系的特点是可以提高楼板模板的周转率,减少模板的投入量。划分小流水段和多划流水段、少配模板的组织办法,可以加快模板的周转。

三、粗钢筋连接方法的突破

传统的帮条焊、搭接焊,工艺复杂,接头施焊时间较长,给混凝土浇筑也带来很大的难度。20 世纪 80 年代初期,研制发展了电渣压力焊、气压焊等新工艺;但气压焊推广力度不大,较少使用。20 世纪 80 年代中期又出现了径向套筒挤压连接和轴向套筒挤压连接等机械接头,虽然机械接头的成本比电渣压力焊(每个接头 4~5 元)、气压焊(每个接头 7~8 元)要高,但它的工艺简单、效率高、易保证质量、节约能源且无明火作业,故应用较广。20 世纪 90 年代后期,针对其安全度又出现了锥螺纹接头和直螺纹接头,其接头强度均超过了钢筋母材。为简化钢筋镦粗和丝扣的加工工艺,1999 年又研制了等强滚压直螺纹接头,这种接头工艺简单、工效高、性能稳定,其价格一般大于电渣压力焊,低于套筒冷挤压接头,是值得推荐使用的一种接头。此外,在钢筋混凝土剪力墙结构大模板施工中,还使用了点焊网片,它可以节约钢材、减少钢筋绑扎时间、加快施工进度。

四、高强混凝土、钢管混凝土和型钢混凝土的应用

预拌混凝土可以避免出现施工现场砂石堆放困难、混凝土搅拌噪声大、混凝土强度不稳定等问题。预拌混凝土搅拌站装备成套的运送设备,如搅拌车、混凝土输送泵、布料泵车等,从而使混凝土施工的机械化水平有了迅速提高。

混凝土外加剂已成为现代混凝土材料和技术中不可缺少的部分。在高层建筑的大体积基础混凝土中,已广泛使用了缓凝剂;在高层建筑混凝土结构施工中,已广泛采用了各种高效减水剂配制高强混凝土和高流动性混凝土;此外,还有防冻早强剂和缓凝早强剂等,对改进混凝土工艺和性能,都起到了明显的作用。目前,我国外加剂的品种比较齐全。

进入 20 世纪 90 年代,我国高强、高性能混凝土发展很快。高强混凝土的强度等级已达 C70 和 C80。高性能混凝土(HPC)采用高强混凝土的意义,一是减小构件的截面面积,增加使用空间及面积;二是节约大量的水泥和钢材。以耐久性为基本混凝土,如补偿收缩混凝土、自密实免振混凝土等,具有高工作度、高体积稳定性和高抗渗性以及结构整体性好,刚度大,位移小,舒适性佳,耐腐蚀、耐火,维护方便,造价低于钢结构的优点。但高性能混凝土还有待在实践中进一步完善、总结,逐步实现规范化。

五、高效钢筋和现代化预应力技术的应用

为解决配筋稠密、钢筋用量大、造价高的问题,研制开发了 400 MPa 的新Ⅲ级钢筋,比原来 370 MPa 的Ⅲ级钢筋性能优良。另外,引进生产了 20 世纪 70 年代国外发展起来的新型钢筋——冷轧带肋钢筋,这种钢材强度高、韧性好,且锚固性能强,已成为钢丝和热轧光圆钢筋的替代品。

在现代预应力混凝土技术方面,高强度低松弛钢绞线的强度已达到国际先进水平(1 860 MPa)。大吨位锚固体系和张拉设备的开发与完善,金属螺旋管(波纹管)留孔技术的开发与无黏结预应力成套技术的形成(包括开发了环向、竖向和超长束预应力工艺),将我国现代预应力技术从构件推向结构新阶段,应用范围不断扩大。采用预应力混凝土大柱网结构,满足高层建筑下部大空间功能的要求;无黏结预应力平板技术,可比梁

板结构降低层高 0.2~0.4 m,具有显著的经济效益和社会效益。由于研制开发了环向、竖向和超长束预应力工艺,使预应力混凝土技术用于高耸构筑物成为可能。如高度居世界第三、第四、第五的上海东方明珠电视塔(高 450 m)、天津电视塔(高 415.2 m)和北京中央电视塔(高 405 m)均采用了上述技术。采用预应力技术建造整体装配式板柱结构(简称 IMS 体系),已用于北京建筑设计研究院科研楼和北京工业大学基础楼(均为 12 层)以及成都珠峰宾馆(15 层)。近几年来,我国预应力技术在特大跨度钢结构建筑中(如北京西站 45 m 跨钢桁架门楼),对节约钢材和提高结构刚度,均发挥了重要作用。

六、脚手架技术的进步

从竹木脚手架和钢管脚手架并存转变为以钢管脚手架为主,并出现包括扣件式、门架式、碗扣式等的多种新型脚手架;特别是爬架,由于它能沿着建筑物攀升和下降,不受建筑物高度的限制,所以既可用于结构施工,又可用于外装饰作业。脚手架的功能多样化,脚手架的搭设、安装和设计计算也逐步趋向规范化。

七、装饰工程施工技术水平的提高

装饰材料及对应的施工技术翻新很快,包括花岗岩、大理石、釉面砖、变色釉面砖、大型瓷砖、玻璃锦砖、彩色玻璃面砖、不透明饰面玻璃、玻璃大理石、装饰铝板、不锈钢板、彩色压型钢板、多层树脂采光壁板、耐擦洗耐水涂料、复层花饰涂料(含地面涂料)、塑料地板、塑料壁纸墙布、塑料装饰板以及钙塑板、铝塑吊顶装饰板、各种用途的胶粘剂(用于瓷砖、大理石、塑料地板、塑料壁纸等,不含甲醛)、轻钢龙骨纸面石膏板隔墙、轻钢龙骨或铝合金龙骨与装饰石膏板以及各类装饰吸声板和铝合金装饰板吊顶(组合形式有明龙骨、暗龙骨和敞开式等)、玻璃或非玻璃透明材料采光屋顶。花岗岩以干挂最理想,可以解决长期存在的石材表面变色问题;且销钉式挂件改为卡片式挂件。外墙面砖由于黏结层配比(有的含胶料)不准确、搅拌不均、粘贴不饱满,会出现剥落现象,可以考虑在以下方向改进:黏结层用胶粉、粘贴工艺严格要求、保证养护期、分格消减热胀冷缩。

八、防水工程施工技术水平的发展

高层建筑的屋面、楼层和基础地下室防水工程,从热作业逐步向冷作业发展。在地下水位较深的工程中,广泛采用在混凝土中加 UEA 等膨胀剂的做法,或在密实自防水混凝土外侧涂刷聚氨酯。从 20 世纪 90 年代中期开始,对重要工程的屋面和地下工程都实行多道设防的防水措施,包括材料防水、自防水和构造防水等多种做法,大大减少了屋面和地下工程的渗漏现象。高层建筑的屋面和楼层防水材料近几年发展很快,品种繁多,主要有橡胶改性沥青卷材、高分子防水卷材及防水涂料和嵌缝密封材料等。

九、施工机械化水平的提高

进入 20 世纪 80 年代,塔吊需求日益增多,吨位日渐增大,如 1 300~2 500 kN·m。塔吊的形式基本上可分为两种:一种是“内爬塔”,另一种是“外立塔”。高度较低(40 m 左右)时可以行走,超高后就必须与建筑物拉结固定。内爬塔可随建筑物升高,且造价

低,高度不限,但是拆塔难度较大。

外用施工电梯已广泛应用于高层建筑施工中,近几年外用电梯已由单笼发展到双笼,高度亦由百米发展到 250 m。高层建筑外装修施工用的电动吊篮,国内已能生产,并得到广泛应用。

由于高层建筑基础的加深,促进了基础、地下工程施工机械化水平的提高。各种大型土方机械、各类打桩机、钻孔机和扩孔钻机、土层锚杆钻孔机、振动拔桩机(可拔 30 m 钢板桩)等都被大量地推广应用。土层锚杆钻孔机钻孔深度可达 30 余 m。

随着预拌混凝土的发展,大型自动上料由计算机控制的搅拌设备发展迅猛,与之配套的搅拌车、混凝土泵车(带布料杆)和固定式混凝土泵以及楼层上使用的移动式小型混凝土布料杆等,已普遍推广应用,并且这类机械一般都能在国内自行生产。

在装饰工程中,电动小机具有了飞速的发展,诸如石材切割机、瓷片切割机、双速冲击电钻、电锤、电动攻丝机、电动螺丝刀、电(气)动拉铆枪、射钉枪、电剪刀、角向磨光机、混凝土磨刨机以及木装修使用的手提式电锯、木电刨等,这类机具已由国外引进逐步转向国内自行生产。

第五节 高层建筑存在的问题

从城市发展的规律上看,高层建筑的存在是合理的,但如果数量过多,布局无序,就会给城市发展带来不利影响。举例来说,一座 500 m 高的超高层建筑,相当于把一条大街竖起来,人们在此类“垂直交通”中生活、工作所遇到的困难远远超过一般建筑。高层建筑尤其是超高层建筑造价和维护费用昂贵,防火、防震等安全性能也容易引发人们忧心。同时,高层建筑也是城市“热岛效应”产生的主要根源,并容易造成日照量不足、光污染等不利影响。

一、高层建筑火灾中人员疏散救生中存在的问题

(一)火灾燃烧速度快,救火难度大

高层建筑火灾呈一种上升趋势,“9·11”事件再次给世界高层建筑的安全敲起了警钟。

在 20 世纪 70 年代,纽约市经历了一场蔓延 2 个楼层(33 层和 34 层)的高层建筑火灾。80 年代,洛杉矶发生了一起蔓延达 5 个楼层(12~16 层)的高层建筑火灾。90 年代的费城也遭受了一场燃及 9 个楼层(22~30 层)的高层建筑火灾。这 3 起火灾有着一个共同的特征,就是它们全部发生在消防队的延伸梯所不能达到的高度范围内,这样一来,外部的救援灭火行动就无法展开了。

这几起火灾的扑救工作都是在内部展开的(在费城的火灾中,消防部门曾尝试从附近的及毗连的建筑物中出水灭火,但没有产生什么效果)。在低层建筑火灾中,经过 30 min 或 40 min 的快速扑救后,火势通常都能够得到有效控制。如果仍无法扑灭的话,消防队员可能就要撤到室外比较安全的地方,从外部展开灭火行动。但在扑救高层建筑火灾时则有所不同,如果大火在最初的 30~40 min 内没有得到控制,那么可能要花上 2 h 或