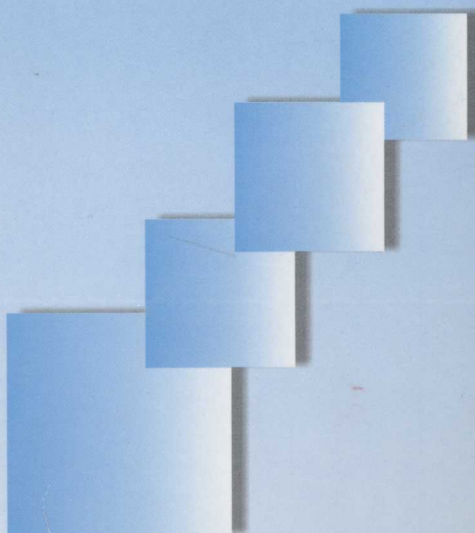


高层建筑施工

■ 杨 跃 主编
刘宗仁 主审



■ 华中科技大学出版社
<http://press.hust.edu.cn>

高层建筑施工

主 编:杨 跃

副主编:唐炳全 王立军 徐欣 张志照 王传玺

编 委:(按姓氏笔画为序)

白润山 许婷华 张厚先 郑显春

主 审:刘宗仁

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑施工/杨 跃 主编
武汉:华中科技大学出版社,2004 年 9 月
ISBN 7-5609-3157-X

I. 高…

II. 杨…

III. 高层建筑-工程施工

IV. TU974

高层建筑施工

杨 跃 主编

策划编辑:杨 鸥
责任编辑:佟文珍
责任校对:刘 飞

封面设计:柳思思
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华大图文工作室
印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:787×1092 1/16

印张:18.75

字数:442 000

版次:2004 年 9 月第 1 版

印次:2004 年 9 月第 1 次印刷

定价:29.80 元

ISBN 7-5609-3157-X/TU·28

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

近年来,我国高层建筑施工领域的理论和技术发展很快,有的方面已接近或赶上世界先进水平。本书作者在编写中,除反映国际上高层建筑施工的先进技术外,还尽可能介绍我国成熟的技术和创新发展的新技术。

全书共分6章。其内容包括:绪论、高层建筑基础工程施工、垂直运输设备、高层建筑脚手架、高层建筑主体结构施工和施工管理等。

本书主要用于土木工程专业(建筑工程方向)、工程管理专业(工程项目管理方向、国际工程管理方向)本科生、专科生及相关专业教学用。同时也可作为有关岗位培训代用教材和建筑工技术人员参考书。

参 考

2004年2月

前言

我国实行改革开放政策以来,经济得到飞速发展,近年来高层和超高层建筑的建设规模日益扩大,有些大城市一年施工的高层建筑达数百幢,不少中、小城市亦开始兴建高层建筑,为了适应形势发展的需要,我们在教学与科研的基础上编写了本书。

本书共6章。系统讲述了高层建筑基础工程施工、垂直运输设备、高层建筑施工外用脚手架、高层建筑主体结构施工和施工管理。这些内容是以突出高层、超高层建筑为主,即针对高层、超高层建筑的特点,着重介绍近年来在工程实践中涌现出的新结构、新材料、新工艺、新机具和管理经验。以工程实用技术为主,即采取以工种工程和结构工艺体系相结合的方法,尽可能地介绍其成套技术和已经成熟的方法和内容,并依据最新的规范、规程和标准进行编写。本书主要用于土木工程专业(建筑工程方向)、工程管理专业(工程项目管理方向、国际工程管理方向)本科生、专科生及相关专业教学用。同时也可作为有关岗位培训代用教材和建筑工程技术人员参考用书。

本书是哈尔滨工业大学、扬州大学、南京工业大学、武汉大学、河北建筑工程学院和青岛建筑工程学院合作的成果,具体编写人员如下:杨跃(第1章,第2章的2.1节);唐炳全(第2章的2.2节);徐欣(第2章的2.3节,第5章的5.5节);王传玺(第3章,第4章);白润山、王立军(第5章的5.1节、5.4节);郑显春(第5章的5.2节);张厚先(第5章的5.3节);许婷华(第6章的6.1节、6.4节、6.5节);张志照(第6章的6.2节、6.3节)。全书由杨跃主编,统一修改、定稿,并特约哈尔滨工业大学刘宗仁教授主审。

由于编者的水平有限,加之时间仓促,错误之处在所难免,我们恳切地希望读者批评指正,并表示衷心的感谢!

编 者

2004年5月

目 录

1	绪论	(1)
1.1	高层建筑的概念	(1)
1.1.1	高层建筑的定义	(1)
1.1.2	高层建筑的特点	(1)
1.2	高层建筑的发展	(4)
1.3	高层建筑施工技术的发展	(5)
1.3.1	基础工程的施工技术有了较大的发展	(5)
1.3.2	结构工程的施工技术已形成了成套技术	(5)
1.3.3	预拌混凝土和混凝土施工机械化水平有了迅速发展	(6)
1.3.4	装饰、防水工程得到迅速发展	(6)
1.3.5	高层建筑的发展促进了施工机械化水平的迅速提高	(6)
1.3.6	现代科学技术已在高层建筑施工中得到应用	(7)
	复习思考题	(7)
2	高层建筑基础工程施工	(8)
2.1	基础结构与施工技术	(8)
2.1.1	基础工程的特点	(8)
2.1.2	基础类型与施工方案的选择	(8)
2.2	建筑基坑支护与地下水控制	(10)
2.2.1	基坑工程的一般规定	(10)
2.2.2	支护结构的选型	(17)
2.2.3	排桩与地下连续墙施工	(22)
2.2.4	水泥土挡墙施工	(52)
2.2.5	土钉墙施工	(61)
2.2.6	基坑土方开挖	(69)
2.2.7	基坑监测	(73)
2.2.8	高层建筑逆筑法施工	(85)
2.2.9	地下水控制	(97)
2.3	大体积混凝土施工	(104)
2.3.1	高层建筑大体积混凝土的特点	(104)
2.3.2	大体积混凝土产生裂缝的原因及防治措施	(105)
2.3.3	大体积混凝土温度效应计算	(108)
2.3.4	最大整浇长度计算	(115)

2.3.5	大体积混凝土施工	(119)
	复习思考题	(122)
3	高层建筑施工中的垂直运输设备	(124)
3.1	高层建筑施工中垂直运输体系的选择	(124)
3.1.1	高层建筑垂直运输作业的特点	(124)
3.1.2	高层建筑施工中常用的垂直运输设备及特点	(124)
3.1.3	高层建筑施工中常用的运输体系	(125)
3.2	塔式起重机	(125)
3.2.1	塔式起重机的特点	(125)
3.2.2	塔式起重机的组成、分类及特征	(126)
3.2.3	塔式起重机的主要技术参数及选用	(128)
3.2.4	附着式塔式起重机	(131)
3.2.5	内爬式塔式起重机	(134)
3.3	快速提升机	(136)
3.3.1	自升式快速提升机	(136)
3.3.2	组合式快速货物提升机	(137)
3.4	施工外用电梯	(137)
3.5	混凝土运输机械	(139)
3.5.1	混凝土搅拌运输车	(139)
3.5.2	混凝土泵	(140)
3.5.3	布料杆	(142)
3.5.4	混凝土泵的选择和应用	(144)
	复习思考题	(145)
4	高层建筑施工外用脚手架	(146)
4.1	扣件式钢管脚手架	(146)
4.1.1	扣件式钢管脚手架的组成及材料要求	(146)
4.1.2	扣件式钢管脚手架的构造与搭设	(147)
4.2	碗扣式钢管脚手架	(149)
4.3	门型组合式脚手架	(150)
4.4	整体提升脚手架	(151)
4.5	悬挑(挂)脚手架	(152)
4.5.1	悬挑式外脚手架	(152)
4.5.2	外挂式脚手架	(153)
	复习思考题	(154)
5	高层建筑主体结构施工	(155)
5.1	组合模板施工	(155)

5.1.1	组合钢模板施工	(155)
5.1.2	钢框木(竹)胶合板模板施工	(161)
5.2	大模板施工	(162)
5.2.1	大模板工程的类型	(162)
5.2.2	大模板的构造和设计	(165)
5.2.3	大模板工程施工	(179)
5.3	滑升模板施工	(188)
5.3.1	液压滑升模板装置的组成	(189)
5.3.2	液压滑升模板装置的组装	(196)
5.3.3	竖向结构滑升模板施工	(197)
5.3.4	横向结构的施工	(204)
5.3.5	滑框倒模工艺简介	(205)
5.4	爬升模板	(205)
5.4.1	工艺原理和特点	(206)
5.4.2	组成与构造	(206)
5.4.3	爬升模板的配置	(209)
5.4.4	爬架的计算	(209)
5.4.5	爬升模板的施工	(211)
5.4.6	广州中天广场爬模施工实例	(212)
5.5	混凝土工程施工	(213)
5.5.1	粗钢筋连接技术	(213)
5.5.2	高强混凝土与泵送混凝土	(223)
	复习思考题	(237)
6	高层建筑施工管理	(238)
6.1	施工管理	(238)
6.1.1	高层建筑施工管理的特点与内容	(238)
6.1.2	目标管理	(239)
6.1.3	施工管理体制	(242)
6.2	单位工程施工组织设计	(243)
6.2.1	编制程序和论据	(243)
6.2.2	选择施工方案	(244)
6.2.3	编制施工进度计划	(248)
6.2.4	设计施工平面图	(251)
6.3	网络计划技术	(253)
6.3.1	双代号网络计划	(254)
6.3.2	单代号网络图的绘制	(271)
6.3.3	双代号时标网络计划	(276)
6.4	施工技术管理	(281)

(122)	6.4.1	高层建筑施工技术管理的内容及其作用	(281)
(121)	6.4.2	科研成果应用	(282)
(123)	6.4.3	施工图纸会审及技术交底管理	(282)
(123)	6.4.4	建立健全试验和检验制度	(283)
(123)	6.4.5	加强工程技术档案的管理	(283)
(123)	6.4.6	高层建筑施工中的技术革新与科学研究	(283)
(123)	6.4.7	高层建筑施工的标准化管	(285)
(123)	6.5	技术经济分析	(286)
(123)	6.5.1	高层建筑技术经济分析的内容	(286)
(123)	6.5.2	高层建筑技术经济评价	(289)
(123)	6.5.3	技术经济分析与评价的方法	(289)
(123)		复习思考题	(291)

	参考文献	(292)
--	------	-------

(123)	点群时距法	1.1.2
(123)	点群时距法	2.1.2
(123)	点群时距法	2.1.3
(123)	点群时距法	2.1.4
(123)	点群时距法	2.1.5
(123)	点群时距法	2.1.6
(123)	点群时距法	2.1.7
(123)	点群时距法	2.1.8
(123)	点群时距法	2.1.9
(123)	点群时距法	2.1.10
(123)	点群时距法	2.1.11
(123)	点群时距法	2.1.12
(123)	点群时距法	2.1.13
(123)	点群时距法	2.1.14
(123)	点群时距法	2.1.15
(123)	点群时距法	2.1.16
(123)	点群时距法	2.1.17
(123)	点群时距法	2.1.18
(123)	点群时距法	2.1.19
(123)	点群时距法	2.1.20
(123)	点群时距法	2.1.21
(123)	点群时距法	2.1.22
(123)	点群时距法	2.1.23
(123)	点群时距法	2.1.24
(123)	点群时距法	2.1.25
(123)	点群时距法	2.1.26
(123)	点群时距法	2.1.27
(123)	点群时距法	2.1.28
(123)	点群时距法	2.1.29
(123)	点群时距法	2.1.30
(123)	点群时距法	2.1.31
(123)	点群时距法	2.1.32
(123)	点群时距法	2.1.33
(123)	点群时距法	2.1.34
(123)	点群时距法	2.1.35
(123)	点群时距法	2.1.36
(123)	点群时距法	2.1.37
(123)	点群时距法	2.1.38
(123)	点群时距法	2.1.39
(123)	点群时距法	2.1.40
(123)	点群时距法	2.1.41
(123)	点群时距法	2.1.42
(123)	点群时距法	2.1.43
(123)	点群时距法	2.1.44
(123)	点群时距法	2.1.45
(123)	点群时距法	2.1.46
(123)	点群时距法	2.1.47
(123)	点群时距法	2.1.48
(123)	点群时距法	2.1.49
(123)	点群时距法	2.1.50
(123)	点群时距法	2.1.51
(123)	点群时距法	2.1.52
(123)	点群时距法	2.1.53
(123)	点群时距法	2.1.54
(123)	点群时距法	2.1.55
(123)	点群时距法	2.1.56
(123)	点群时距法	2.1.57
(123)	点群时距法	2.1.58
(123)	点群时距法	2.1.59
(123)	点群时距法	2.1.60
(123)	点群时距法	2.1.61
(123)	点群时距法	2.1.62
(123)	点群时距法	2.1.63
(123)	点群时距法	2.1.64
(123)	点群时距法	2.1.65
(123)	点群时距法	2.1.66
(123)	点群时距法	2.1.67
(123)	点群时距法	2.1.68
(123)	点群时距法	2.1.69
(123)	点群时距法	2.1.70
(123)	点群时距法	2.1.71
(123)	点群时距法	2.1.72
(123)	点群时距法	2.1.73
(123)	点群时距法	2.1.74
(123)	点群时距法	2.1.75
(123)	点群时距法	2.1.76
(123)	点群时距法	2.1.77
(123)	点群时距法	2.1.78
(123)	点群时距法	2.1.79
(123)	点群时距法	2.1.80
(123)	点群时距法	2.1.81
(123)	点群时距法	2.1.82
(123)	点群时距法	2.1.83
(123)	点群时距法	2.1.84
(123)	点群时距法	2.1.85
(123)	点群时距法	2.1.86
(123)	点群时距法	2.1.87
(123)	点群时距法	2.1.88
(123)	点群时距法	2.1.89
(123)	点群时距法	2.1.90
(123)	点群时距法	2.1.91
(123)	点群时距法	2.1.92
(123)	点群时距法	2.1.93
(123)	点群时距法	2.1.94
(123)	点群时距法	2.1.95
(123)	点群时距法	2.1.96
(123)	点群时距法	2.1.97
(123)	点群时距法	2.1.98
(123)	点群时距法	2.1.99
(123)	点群时距法	2.1.100

绪论

高层建筑是城市化和工业化发展的产物,随着建筑科学技术的不断进步,在建筑领域内出现了不少新结构、新材料和新工艺,这些又为现代高层建筑的发展提供了有利条件。尤其是当前计算机在建筑结构设计上的广泛应用,为高层和超高层建筑的发展,提供了科学的基础。同时,世界各国旅游事业的发展、商业的繁荣和国际交往的日益频繁,更促进了高层建筑的蓬勃发展。因此,高层建筑将成为国内外建筑设计与施工的主要内容。

1.1 高层建筑的概念

1.1.1 高层建筑的定义

多少层或者多么高的建筑物算是高层建筑,不同的国家和地区有不同的理解,而且从不同的角度,如结构、运输和消防来看待这个问题,亦会得出不同的结论。目前世界各国高层建筑及超高层建筑都没有固定的划分标准,联合国教科文组织所属的世界高层建筑委员会建议,可按高层建筑的层数和高度分为以下四类:

第一类: 9~16层(最高到50m);

第二类: 17~25层(最高到75m);

第三类: 26~40层(最高到100m);

第四类: 40层以上(即超高层建筑)。

世界各国随着高层建筑的发展,划分高层建筑的标准也相应调整。

我国的《高层建筑混凝土结构技术规程》规定:适用于10层及10层以上或房屋高度超过28m的非抗震设计和抗震设防烈度为6度至9度的抗震设计的高层民用建筑结构。

国家标准《高层民用建筑设计防火规范》规定:适用于10层及10层以上的住宅建筑和建筑高度超过24m的其他民用建筑。

我国建设部《民用建筑设计通则》又进一步明确了民用建筑层数的如下划分标准。

① 住宅建筑按层数划分为:1~3层为低层;4~6层为多层;7~9层为中高层;10层以上为高层。

② 公共建筑及综合性建筑总高度超过24m者为高层(不包括高度超过24m单层主体建筑)。

③ 建筑物高度超过100m时,不论住宅或公共建筑均为超高层。

本书也以10层及10层以上的住宅及总高度超过24m的公共建筑及综合建筑定为高层建筑。

1.1.2 高层建筑的特点

高层建筑并不是低层、多层建筑的简单叠加,它在建筑、结构、防火、设备和施工上都有突出的特点和不同的要求,需要认真研究解决。

1. 建筑特点与要求

① 由于建筑高度增加,电梯已成为高层建筑内部主要的垂直交通工具,并利用它组织方便、安全、经济的公共交通系统,从而对高层建筑的平面布局 and 空间组合产生了重大影响。

② 高层建筑需要在底层和不同的高度设置设备层,在楼层的顶部设电梯间和水箱间。建筑平面、立面布置要满足高层防火规范的要求。

③ 由于高层建筑地下埋深嵌固的要求,一般要有一层至数层的地下室,作为设备层及车库、人防、辅助用房等。

2. 结构特点与要求

(1) 承载力

低层、多层建筑的结构受力,主要考虑垂直荷载,包括结构自重和活荷载、雪荷载等。高层建筑的结构受力,除了要考虑垂直荷载作用外,还必须考虑由风力或地震力引起的水平荷载。垂直荷载使建筑物受压,其压力的大小与建筑物高度成正比,由墙和柱承受。受水平荷载作用的建筑物,可视为悬臂梁,水平力对建筑物主要产生弯矩。弯矩与房屋高度的平方成正比(图 1-1),即:

垂直压力 $N=WH$ (1-1)

当水平荷载为倒三角形分布时:

弯矩 $M=\frac{1}{3}qH^2$ (1-2)

当水平荷载为均匀分布时:

弯矩 $M=\frac{1}{2}qH^2$ (1-3)

式中:W——垂直荷载;

q——水平荷载;

H——建筑物高度。

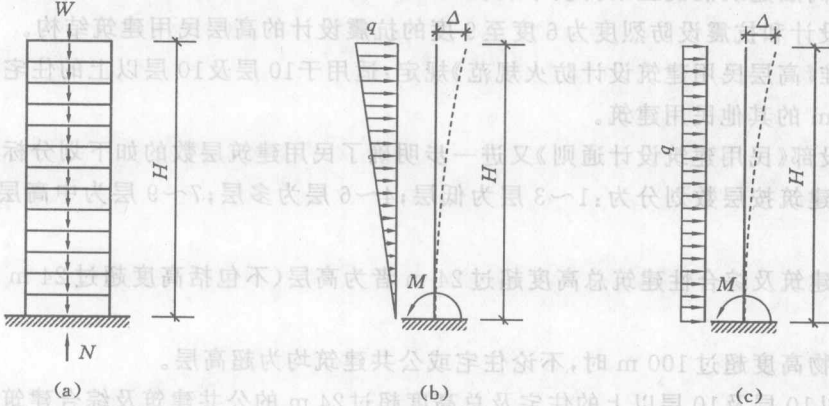


图 1-1 高层建筑的受力简图

弯矩对结构产生拉力和压力,当建筑物超过一定的高度时,由水平荷载产生的拉力就会超过由垂直荷载所产生的压力,建筑物的一侧就会由于风力或地震力的作用而处于周期性的受拉和受压状态。

不对称及复杂体型的高层建筑还需要考虑结构的受扭。因此,高层建筑必须充分考虑结构的各种受力情况,保证结构有足够的承载力。

(2) 刚度

高层建筑不仅要保证结构的承载力,而且要保证结构的刚度和稳定性,控制结构的水平位移。由水平荷载产生的楼层水平位移,与建筑物高度的4次方成正比。

当水平荷载为倒三角形分布时:

$$\Delta = \frac{11qH^4}{120EI} \quad (1-4)$$

当水平荷载为均布时:

$$\Delta = \frac{qH^4}{8EI} \quad (1-5)$$

式中: Δ ——水平位移;

E ——弹性模量;

I ——截面惯性矩。

因此,随着高度的增加,高层建筑的水平位移增大较承载力增大更为迅速。过大的水平位移会使人产生不舒服感,影响生活、工作;会使电梯轨道变形;会使填充墙或建筑物装修开裂、剥落;会使主体结构出现裂缝。如果水平位移再进一步扩大,就会导致房屋的各个部件产生附加内力,引起整个房屋的严重破坏,甚至倒塌。因此,必须控制水平位移,包括相邻两层的层间位移和全楼的顶点位移。建筑物层间相对位移与层高之比为 δ/h ,建筑物顶点水平位移与建筑物总高度之比为 Δ/H ,根据不同的结构类型和不同的水平荷载,控制在 $1/400 \sim 1/1\,200$ (图1-2)。

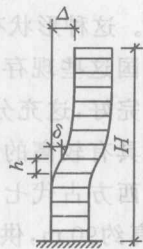


图1-2 建筑物的水平位移

(3) 耐久性

高层建筑的耐久性要求较高,《民用建筑设计通则》将建筑耐久年限分为四级,一级耐久年限为100年以上,适用于重要的建筑和高层建筑。

3. 施工特点与要求

(1) 工期长,季节性施工(雨季施工、冬季施工)不可避免

根据建设部近年统计资料分析,多层建筑单栋工期平均为十个月左右,而高层建筑平均为两年左右。因此,必须充分利用全年时间,合理部署,才能缩短工期。

(2) 深基础施工

高层建筑基础一般较深,地基处理复杂,基础方案有多种选择,对造价和工期影响很大。还需要研究和解决各种深基础开挖支护技术。

(3) 在市区施工,施工用地紧张

施工期间要尽量压缩现场暂设工程,减少现场材料、制品、设备储存量,根据现场条件合理选择机械设备,充分利用工厂化、商品化成品。

(4) 装修、防水、设备要求较高

为了美化街景、丰富城市面貌,高层建筑的立面处理要求高。另外,高层建筑的设备繁多、高级装修多,因此施工前期就要安排好加工订货,在结构施工阶段就要提前插入装修施工,保证施工质量。

(5) 工程项目多、工种多、涉及单位多、管理复杂

特别是一些大型复杂的高层建筑,往往是边设计、边准备、边施工,总、分包涉及许多单位,协作关系涉及许多部门,必须精心施工,加强集中管理。

(6) 层数多、工作面大,可充分利用时间和空间进行平行流水立体交叉作业

高层建筑的标准层占主体工程的主要部分,设计基本相同,便于组织逐层循环流水作业。工作面大,装修、设备工程可以在结构阶段较早插入,进行立体交叉作业。

1.2 高层建筑的发展

人类自古以来就有向高空发展的愿望和要求,并在建筑上付诸实现。

我国古代建造的不少高塔,就属于高层建筑。如1400多年前,即公元523年建于河南登封县的嵩岳寺塔,10层、高41m,为砖砌单筒体结构。公元704年改建的西安大雁塔,7层、高64m。公元1055年建于河北定县的瞭望塔,11层、高82m,为砖砌双筒体结构。此外,还有建于1056年,9层、高67m的山西应县木塔等。这些高塔皆为砖砌或木制的筒体结构,外形为封闭的八边形或十二边形。这种形状有利于抗风和抗地震,也有较大的刚度,在结构体系上是很合理的。

我国这些现存的古代高层建筑,经受了几百年,甚至上千年的风雨侵蚀和地震的考验,至今基本完好,这充分显示了我国劳动人民的高度智慧和才能,也表明我国古代建筑师对于高层建筑已具有较高的设计和施工水平。

在西方古代七大建筑奇迹中,有两座是高层建筑。公元前338年在巴比伦城所建的巴贝尔塔,塔高约90m,供王室观赏用。公元前280年建于亚历山大港口的灯塔,高约150m,塔身用石砌,曾耸立在港口一千多年,引导船只避免触礁。

近代高层建筑是从19世纪以后逐渐发展起来的,这与采用钢铁结构作为承重结构有关。1801年英国曼彻斯特棉纺厂,高7层,首先采用铸铁框架作为建筑物内部的承重骨架。1843年美国长岛的里港灯塔,亦采用了熟铁框架结构。这就为将钢铁用于承重结构开辟了一条途径。第一台电梯于1851年用于纽约第五大道的一家旅馆中。作为近代高层建筑起点的标志是1883年在芝加哥建造的家庭保险公司大楼,11层、高55m,采用铁框架,部分钢梁和砖石自承重外墙。1891年在芝加哥建造的共济会神殿大楼,20层、92m高,是首次全部用钢做框架的高层建筑。1903年在辛辛那提建造的英格尔大楼,16层,是最早的钢筋混凝土框架高层建筑。

19世纪末至20世纪初是近代高层建筑发展的初始阶段,这一时期的高层建筑结构虽然有了很大的改进,但因受到建筑材料和设计理论等限制,一般结构的自重较大,而且结构形式也较单调,多为框架结构。近代高层建筑的迅速发展,是从20世纪50年代开始的。由于轻质高强度材料的发展,新的设计理论和电子计算机的应用,以及新的施工机械和施工技术的涌现,都为大规模、较经济地建造高层建筑提供了条件。

国外高层建筑最多的国家是美国,高度在160~200m的就有100多幢。目前世界上最高的建筑是101层、高508m的台北国际金融中心,第二高楼是正在上海浦东兴建的94层、高492m的环球金融中心,第三高楼是高450m的马来西亚吉隆坡城市中心大厦。另外,高445m的芝加哥西尔斯大厦,高420m的上海金茂大厦,以及已经消失了的110层、高度为411m的纽约世界贸易中心双塔大厦,都是闻名于世的超高层建筑。

我国近代高层建筑起源于上海。抗日战争前,上海已建成10层以上高层建筑约35栋,其中1932~1934年建成的国际饭店(24层、高82.5m),不仅是解放前国内最高的建筑,也是当时

远东最高的建筑。中华人民共和国成立后,从20世纪50年代开始,在北京、广州、沈阳、兰州、太原等地,相继建造了一批8~13层的大型公共建筑。60年代,在广州首次建成了27层、高87.6m的广州宾馆。到了70年代,建成了33层、高115m的白云宾馆,它是70年代国内最高的建筑。进入80年代后,我国高层建筑进入了高速发展阶段,其中,北京的京广大厦53层、高208m;广州的广东国际大厦63层、高200m;北京的京城大厦52层、高184m;上海商城主楼48层、高165m;深圳国贸中心50层、高160m等等,都是目前国内著名的超高层建筑。

我国目前已有大批高层、超高层建筑在建设中,还有一些更高、更先进的高层建筑正计划兴建,可以预期,我国高层建筑将会以更快的速度向前发展。

1.3 高层建筑施工技术的发展

高层建筑的发展,为施工技术的进步提供了广阔的天地,而施工技术的进步,又是确保高层建筑能够顺利发展的重要条件。随着建筑工业化的发展,机械化、工厂化施工水平不断提高,已经逐步改革了传统的旧工艺,从而改善了劳动条件,提高了劳动效率,加快了建设速度。

1.3.1 基础工程的施工技术有了较大的发展

高层建筑的基础工程,为了确保建筑物的稳定性,都有地下埋深嵌固的要求。高度越高,要求基础越深,这就给施工带来很大的困难。在高层建筑基础工程施工中应结合具体情况,积极采用有效的新工艺、新设备,对加快工程施工进度、缩短施工工期和降低工程造价均有很大的作用,特别是地质条件复杂、施工条件较差的施工现场,更需要如此。

高层建筑除了各种预制和现浇桩基础外,主要是采用筏形基础和箱形基础。有时亦采用复合基础,如桩基础和箱形基础联合使用等。为了提高单桩承载能力,已逐步由小直径向大直径发展,并开发了桩端压力注浆方法,对孔底虚土起到渗透、填充、压实、固结和加强附近土层的作用。另外,随着钻孔灌注桩的发展,目前水下钻孔和混凝土灌注以及扩孔等技术,均有新的突破。

高层建筑的深基坑开挖,尤其是在闹市区施工,因场地十分狭窄,不宜放坡。为了能够做到垂直开挖,挡土支护技术有了很大的发展。常用的有挡土灌注桩、钢板桩、土钉支护及地下连续墙等。有的还可以配合土层锚杆工艺进行加固,以提高其挡土支护能力。为了把挡土支护结构与地下结构工程结合起来,一些工程采用了桩墙合一技术,其效果十分显著。如北京新世纪饭店等工程均已采用。

在深基坑施工降低地下水位方面,不仅成功地应用了真空井点、喷射井点、电渗井点、深井泵等技术,还试点采用了冻结法。对于因降水而引起附近地面严重沉降的问题,也研究了防止措施。另外,在基础大体积混凝土施工方面,除了满足其承载力、整体性和耐久性要求外,在控制温度变形、裂缝开展等方面,均已取得了经验。

1.3.2 结构工程的施工技术已形成了成套技术

在剪力墙结构中,已形成现浇大模板、滑动模板和爬模等成套工艺。大模板工艺,不仅已形成了“内浇外预”和“全现浇”成套施工技术,而且由小开间向大开间发展。楼板亦采用预制、现浇和用各种配筋预制成的薄板叠合楼板三种方法。全现浇剪力墙结构的兴起,也使曾用于高耸

构筑物施工的滑动模板工艺,移植到高层房屋建筑施工成为可能。如深圳的国贸大厦和武汉的国际贸易中心等50多层的超高层建筑,都采用了滑动模板,并成功地采用了大吨位千斤顶。如今滑模工艺亦可用于框架和筒体结构施工。爬模工艺,也是用于高层剪力墙结构施工的一种主要工艺技术,其特点是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。上海88层的金茂大厦的核心筒体就是采用这种施工方法,最快达到两天一层。

高层建筑的內隔墙,已向多样化、标准化、预制装配化方面发展。在公共建筑中,广泛采用了轻钢龙骨石膏板组装隔墙。在住宅建筑中,则广泛采用各种新型板材拼装,如石膏珍珠岩圆孔板、陶粒珍珠岩板、玻璃纤维混凝土空心板等。一些标准设计的高层住宅,则采用在现场利用成组立模生产整间的预制钢筋混凝土板材,其表面平整,不需要抹灰,造价较低。南方地区则多采用空心砖、砌块。

1.3.3 预拌混凝土和混凝土施工机械化水平有了迅速发展

随着现浇钢筋混凝土高层建筑的发展,施工现场混凝土用量大幅度增加,加上高层建筑的施工现场一般都比较狭窄,砂、石堆放困难,且混凝土搅拌噪声大,严重扰民,因此近年来在大城市都大力发展了预拌混凝土。如北京、上海、广州等地均已建成了预拌混凝土搅拌站,产量已达数百万立方米,并装备了成套的运送设备,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。特别是在泵送混凝土方面,不仅利用带布料杆的泵车进行地下大体积混凝土基础工程的浇筑,而且在不少超高层建筑中,已开始广泛使用泵送混凝土。

进入2000年以后,我国高强度混凝土发展很快,到2002年底超过C50的混凝土已普遍推广应用,有的单体工程混凝土用量近达300 000 m³,全部采用了C50和C50以上的混凝土。随着泵送混凝土的大量推广使用,混凝土中掺加粉煤灰得到推广,实践证明,混凝土中掺加粉煤灰还可以较大幅度地提高混凝土的后期强度。

1.3.4 装饰、防水工程得到迅速发展

大批高级公共建筑和宾馆、饭店,其装饰要求具有高标准和高水平,外装饰表面要不易积灰、不易污染,以保持持久的光泽;内装饰要求美化、舒适、典雅。为此,各类高级石材装饰蓬勃兴起,除了花岗石和大理石块材大量用于地面和墙面外,装饰陶瓷,包括高级釉面墙、地砖,大型陶瓷饰面板,陶瓷彩釉装饰砖和变色釉面砖等,已被广泛采用。另外,以外墙围护和装饰功能为一体的玻璃幕墙,从北京长城饭店第一个使用以来,全国各地陆续使用,推动了我国铝合金和玻璃幕墙的生产。玻璃幕墙可以预制成大块整体安装,也可以在现场直接拼装。此外,金属幕墙也得到广泛应用。

高层建筑的屋面和楼层防水材料,近年来发展很快,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。此外,还有诸如“永凝液”等具有渗透性的防水涂料,这类涂料涂在混凝土表面以后,很快就渗入混凝土内,填充了混凝土中的微小孔隙,形成结晶体堵塞了孔隙,从而起到防水作用。

1.3.5 高层建筑的发展促进了施工机械化水平的迅速提高

高层建筑的发展和施工机械化水平的提高是紧密相关的。高层建筑的施工,需要高和大吨

位的起重设备,目前常用的仍是塔式起重机。从使用塔吊的形式来看,基本上可分为两种:一种是内爬塔,另一种是外立塔。另外,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,高度可达到250 m。

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、振动拔桩机等都被大量推广应用。

1.3.6 现代科学技术已在高层建筑施工中得到应用

目前,在高层建筑施工中运用现代科学技术已日趋广泛。例如,采用激光技术作为导向进行对中和测量,使施工的精确度得以提高;采用计算机编制施工网络进度计划,使数据的输入和修改、时间参数的计算、关键线路的确定更方便、迅速;利用相关的软件,能迅速完成清晰完整的网络图;在钢结构施工中,应用磁粉探伤(MT)、渗透探伤(PT)和超声波探伤(UT)等无损检测技术检验其焊接质量,已取得成功。

复习思考题

1. 高层建筑及超高层建筑是如何定义的?高层建筑有哪些特点?
2. 高层建筑施工有哪些特点?
3. 高层建筑结构工程的施工有哪些成套技术?

2 高层建筑基础工程施工

高层建筑对地基基础的稳定性和坚固性要求很高。随着建筑高度的增加,基础深度也相应增加,因而增加了基础施工的复杂性。另外,基础选型是否得当,对高层建筑的质量、造价和工期影响很大。

2.1 基础结构与施工技术

2.1.1 基础工程的特点

高层建筑由于层数多、建筑高、荷载重、面积大、造型复杂,主楼与裙房高低悬殊,在结构上要求埋置一定深度,在使用上要求设置多层地下室,这些高层建筑的特点结合各地不同的地质水文条件,构成了高层建筑基础的特殊性,主要有以下特点。

1. 基础必须适应地基

全国范围内各种不同的高层建筑,高度不同,荷载不同,遇到各种不同的地质情况,基础必须适应地基,因而发展了高层建筑的基础,如箱基、筏基、桩基以及复合基础等。同时也发展了长桩、大直径扩底桩及钢管桩等新技术。

在软弱地基地区,如上海、天津、厦门、海口等沿海地区,高层建筑的基础大部分均采用了各种桩基。上海采用的钢管桩,管径最大为 $\phi 914\text{ mm} \times 20\text{ mm}$,最长为 71 m ;混凝土灌注桩最长为 $70\text{ m}(\phi 800\text{ mm})$ 。广东深圳地区采用大直径扩底桩,扩底达 $4\sim 5\text{ m}$ 。

2. 基础埋置较深

根据《高层建筑混凝土结构技术规程》规定,基础埋置深度,天然地基应为建筑高度的 $1/12$;桩基应为建筑高度的 $1/15$,桩长不计在埋置深度以内。但是,高层建筑由于功能的需要,充分利用地下空间,往往将地下建成三、四层,深达 20 m 多,深基础工程已成为建造高层建筑的条件。

3. 大体积混凝土的施工

箱基和筏基的底板较厚,特别是厚筏板,其底板混凝土厚度常达 $3\sim 4\text{ m}$,例如新上海国际大厦筏板面积为 $76\text{ m} \times 72\text{ m}$,板厚 3 m 及 3.5 m ,混凝土体积为 $17\,000\text{ m}^3$ 。

大体积混凝土的关键是施工方法、施工技术与措施。如何能不间断地一次浇筑上万立方米的混凝土,并能控制水泥水化热所引起的混凝土升温、降温及收缩各阶段产生的裂缝,已成为大体积混凝土施工的重点。

4. 正确处理好主楼与裙房的基础关系

由于建筑功能的需要,高层建筑往往设置主楼与裙房,并必须连接在一起。但主楼高裙房低,沉降不同,因此在设计与施工时,必须防止两者间产生较大的差异沉降,并应符合规范要求。

2.1.2 基础类型与施工方案的选择

高层建筑基础选择是一个既复杂又重要的问题。它所涉及的因素很多,如工程地质条件、