

高层建筑结构设计

杨美南 编
窦有明

华中工学院出版社

高层建筑结构设计

杨美南 编
窦有明

华中工学院出版社

内 容 简 介

随着高层建筑在我国的迅猛发展,有关高层建筑的结构设计问题,必然为人们所关注。

本书系统地介绍了高层建筑结构方案的选择和结构布置的方法,水平风荷载和水平地震荷载的计算,以及各种结构在其作用下的内力和位移的计算方法、截面设计及构造措施。同时,简明介绍了高层建筑基础的选型及片筏基础和箱型基础的设计。此外,书中对框架-剪力墙协同工作的计算,编制了电算程序,供设计参考。

本书可作高等学校工业与民用建筑专业(或结构工程专业)的选修课教材,同时,可供建筑结构设计人员、有关专业的师生、硕士研究生及业余自学者参考。

高层建筑结构设计

杨美南 窦有明 编

责任编辑 佟文珍

华中工学院出版社出版

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所发行

华中工学院出版社沔阳印刷厂印刷

〔开本:787×1092 1/16 印张:12.25 插页3 字数:288,000

1986年7月第一版 1986年7月第一次印刷

印数:1-15,000

统一书号:15255-043 定价:(平)2.95元
(精)3.50元

目 录

前 言

第一章 绪 论

- § 1-1 高层建筑的一般概念 (1)
- § 1-2 国内外高层建筑的发展概况 (3)
- § 1-3 本课程的任务 (7)

第二章 高层建筑结构方案的选择及结构布置

- § 2-1 高层建筑结构方案的选择 (10)
- § 2-2 高层建筑的结构布置 (16)
- § 2-3 变形缝的设置与侧移的限值 (20)

第三章 高层建筑结构的荷载

- § 3-1 风荷载的计算 (23)
- § 3-2 水平地震荷载的计算 (28)
- § 3-3 荷载组合 (37)

第四章 高层剪力墙结构设计

- § 4-1 剪力墙结构设计的基本概念 (40)
- § 4-2 整截面剪力墙在水平荷载作用下的内力和侧移计算 (43)
- § 4-3 整体小开口剪力墙在水平荷载作用下的内力和侧移计算 (46)
- § 4-4 双肢剪力墙在水平荷载作用下的内力和侧移计算 (48)
- § 4-5 多肢剪力墙在水平荷载作用下的内力和侧移计算 (69)
- § 4-6 壁式框架在水平荷载作用下的内力和侧移计算 (82)
- § 4-7 各类剪力墙的分类界限 (91)
- § 4-8 剪力墙截面的强度计算 (93)
- § 4-9 剪力墙结构的构造 (104)

第五章 框架-剪力墙结构设计

- § 5-1 基本概念 (112)
- § 5-2 水平荷载作用下框架-剪力墙结构协同工作的计算(微分方程法)
..... (114)
- § 5-3 总剪力墙与总框架内力的分配计算 (133)
- § 5-4 协同工作的计算步骤 (134)

§ 5-5 框架与剪力墙的内力组合、截面强度计算和构造措施..... (137)

§ 5-6 考虑扭转的计算(结构刚度中心与水平合力作用线不重合的影响)
..... (143)

第六章 高层建筑的基础

§ 6-1 基础的选型..... (148)

§ 6-2 片筏基础的计算与构造..... (150)

§ 6-3 箱型基础的计算与构造..... (151)

第七章 设计例题

§ 7-1 高层剪力墙抗震计算实例..... (160)

§ 7-2 框架-剪力墙协同工作计算例题..... (177)

参考文献..... (190)

第一章 绪 论

§ 1-1 高层建筑的一般概念

所谓高层建筑，对于我们国家的目前情况来说，通常是指八层及八层以上的民用建筑。一～二层一般称为低层建筑，三～七层则称为多层建筑。我国(未包括香港、台湾)目前最高的高层建筑是深圳的“国际贸易中心”，为53层，总高160m。而目前世界上层数最多的高层建筑是美国纽约的“世界贸易中心”，为110层，412m高。高度最大的是美国芝加哥的“西尔斯大楼”，为109层，442m高，建筑面积405,000m²。

高层建筑由于其层数多、高度大，在荷载作用下的受力特点、变形状态以及对结构体系和各种服务设施的要求等与低层和多层建筑相比均大为不同，设计一幢高层建筑需要考虑很多因素，是一个颇为复杂的过程，应进行专门的分析与研究。

1-1-1 高层建筑的受力特点

高层建筑结构主要承受垂直和水平荷载的作用。随着建筑物高度的增大，这两种荷载对结构产生的效应也随之而变化。在低层建筑中，水平荷载产生的内力很小，结构主要抵抗垂直荷载产生的内力，即轴力。而弯矩和剪力都比较小。随着建筑物高度的增加，水平荷载产生的弯矩和剪力迅速增大，甚至起着控制设计的作用。这可以一个最简单的悬臂结构为例加以说明。如图1-1-1所示的悬臂结构，在垂直荷载 $g(\text{kg/m})$ 和水平荷载 $p(\text{kg/m})$ 的作用下，结构中的内力为：

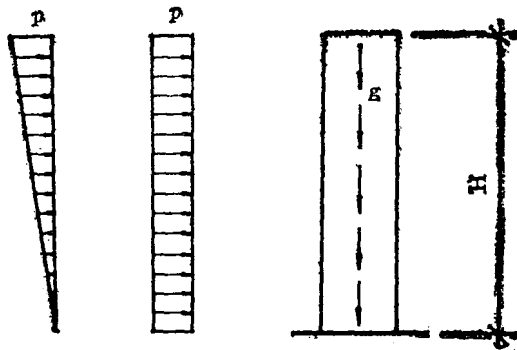


图1-1-1

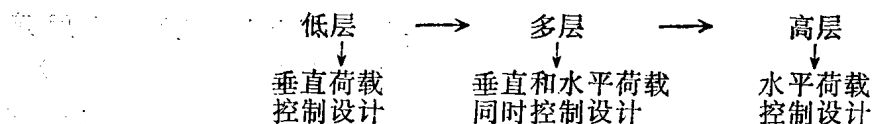
垂直荷载产生的最大轴力 N

$$N = gH(t)$$

水平荷载产生的最大弯矩 M

$$M = \begin{cases} \frac{1}{2} p H^2 (t-m) & \text{(均布荷载)} \\ \frac{1}{3} p H^2 (t-m) & \text{(倒三角荷载)} \end{cases}$$

从上式可以看出，轴力与高度 H 的一次方成比例，而弯矩则与高度 H 的二次方成比例。显然，当建筑物很高时， H 对 M 的影响就非常显著。根据分析，当建筑物从低层进入到高层时，其受力特点一般将发生如下变化。



由于轻质高强材料的应用，这种转化关系就更加明显，设计时应加以考虑。此外，诸如温度变化、混凝土的收缩与蠕变、基础的沉陷等次要因素对高层建筑的影响较之对低层建筑就更大，这也是值得考虑的问题。

1-1-2 高层建筑的竖向承重结构体系

高层建筑结构，不仅由于水平荷载产生的内力较大，要求结构具有足够的强度，同时水平荷载还将引起很大的侧向位移，致使房屋产生摇晃，而且对房屋的非承重构件及装修等都会造成开裂甚至出现剥落的现象。此外，还会增加竖向承重结构的偏心距，使其受力不利。这些就要求结构具有足够的刚度，以抵抗水平荷载引起的侧向变形。

综合上述情况，为满足高层建筑对房屋的层数、总高度和空间大小的不同要求，应仔细分析高层建筑结构的承载能力、侧向变形、抗震性能、材料用量和造价等与结构体系之间的相互关系，以便选择既经济而又有效的竖向承重结构体系。

随着科学技术的不断发展，高层建筑及其结构体系也经历了一个演变与发展的过程。

近代高层建筑的出现可以追溯到十九世纪初期，由于当时社会经济科学技术的发展，为高层建筑的建造创造了有利条件，出现了用框架作为承重结构体系的近代高层建筑。1889年美国芝加哥建造的Second Rand Menally大楼(九层)就是世界上第一幢钢框架结构体系的高层房屋。大约在1903年，又在美国辛辛那提建造了世界第一幢16层的钢筋混凝土框架大楼(印高斯大楼)。

随后，由于在框架结构中增设了支撑，垂直桁架或剪力墙，则成为框架-剪力墙结构体系。这种结构体系的侧向刚度和强度比前者都得到了加强和提高，从而推动了高层建筑的发展。二十世纪初期，在美国就修建了达数十层之多的摩天大楼。

二十世纪五十年代后直至目前，由于轻质高强材料的研制成功，新的设计理论也取得了较大成就，新的施工技术、施工机械的不断涌现，特别是电子计算机在设计中的应用，大大促进了高层建筑的发展，出现了数量较多、高度较大、结构体系新颖的新型高层建筑，这段时期内除了采用传统的框架体系外，在美国、日本、南非等地建成了为数较多并以剪力墙、筒体以及悬挂式结构为体系的高层房屋。

我国的高层建筑，限于材料的情况，目前一般都采用钢筋混凝土结构。常用的体系有纯框架体系，框架-剪力墙体系，纯剪力墙体系和筒体体系。例如，北京饭店新楼，是我国目前8度地震区最高的框架-剪力墙结构，为18层，90m高；广州白云宾馆，为33层，

112m高，是我国目前最高的纯剪力墙结构体系，等等。

1-1-3 高层建筑的服务设施

高层建筑，特别是100m以上的超高层建筑，往往在大楼的各个角落布置着错综复杂的服务行业和福利设施。例如，美国西尔斯大楼中设置的附属设施能解决如买东西、宴会、娱乐、卫生、教育、安全运输、停车、垃圾和污水处理、防火等问题，相当于一个城市的公共设施。其中的电器系统可为147,000人口的城市服务，空调设备可以调节6,000户住房的温度。为了把每天约16,500个使用者输送到大楼的各个部位，总共设置了约102部电梯。这样规模的大楼，形成了城市中的城市。

近年来国外高层旅馆还趋向设置三项特殊设施，即多层大厅、玻璃电梯和旋转餐厅。这也是现代化高层旅馆的重要标志之一。例如，座落在美国洛杉矶市的好运旅馆，是由矗立在一个五层楼高的矩形大基座上的五个圆塔组成。中央塔楼37层，四角塔楼30层，总建筑面积为140,000m²。进入大门之后，就是一个七层楼高、挑廊叠布的内院大厅。在这树木葱郁、流水潺潺的花园式的内厅中，设有旅客接待、小憩、交友、娱乐、进餐及商店等各种设施，这种多层大厅已不再是人们概念中的那种空空荡荡的大厅了。用来连接中央主塔与四角圆塔的是可以观景的玻璃电梯。主塔顶部设有两层楼高的旋转餐厅，可供旅客进餐和眺望城市四周景色。

又如，我国广州的白天鹅宾馆，除设有各种为旅客服务的商店、邮电、银行、车船和航空购票处及多种风味餐厅外，还设有网球场、游泳池、机械操、蒸汽浴等康乐设施以及各种文娱设施，还有美容院等，可谓应有尽有。它的公共活动部分是作为一个整体的多层园林来设计的，餐厅、休息厅等围绕中庭布置，构成上、下盘旋、高旷深邃的立体园林空间。石英石砌筑的石岩位于中庭的西部偏北处，全瓦亭位于其上，瀑布从亭边山涧流过，分三级而下，潺潺的流水声和南面“莺歌厅”的鸟声呼应，极富岭南庭园风味。

§ 1-2 国内外高层建筑的发展概况

1-2-1 国外的发展情况

高层建筑在国外的发展情况总的来说可概括如下：

大约从本世纪五十年代以来，高层建筑在国外开始迅速发展，表现在建筑数量大，层数多，结构体系新颖，建筑材料、计算理论和施工方法不断更新。

一 数量

国外的高层建筑主要用于住宅、旅馆、办公楼和工商业建筑，现以几个发展较快的国家为例。

据近年来的统计，美国160~200m高的高层建筑约一百多座，而50层(200m高)以上的就有25座，至今70层以上的几乎全在美国。高层建筑甚至成为美国经济发达的一个重要标志。

在日本，1964年以前高层建筑极少，但以后，特别是近年来兴建了许多高层建筑，100m以上的有30余座，且以钢结构为主。可参见表1-2-1所示。英国的高层建筑由第二次

世界大战以前占城市建筑的7%增加到42%。发展中的国家如委内瑞拉的加拉加斯市建造了一千余座高层建筑。有些国家还出现了高层建筑群，如苏联建成了高层一条街，最高层数为42层，210m高。法国、罗马尼亚也建造了几十幢乃至几百幢的高层住宅群。东欧国家的高层住宅占新建住宅面积的30%以上。这些都充分反映了国外高层建筑建造数量迅速增长的情况。

二 层数和总高度

根据统计，高层建筑建造层数的发展情况可归纳如下：

本世纪五十年代以10~30层居多；六十年代为30~50层；七十年代以来为50层以上。前已谈到层数最多的“世界贸易中心”，1972年建成。而高度最大的“西尔斯大楼”，1974年建成。由于它的高度已创世界纪录，被誉为钢结构高层建筑之王。此外，芝加哥的水塔广场大楼，为76层，262m高，是目前最高的钢筋混凝土结构，1975年建成。而美国休斯顿的贝壳广场大厦，为52层，215m高，是目前最高的全部轻质混凝土结构的高层建筑，1970年建成。

三 结构体系

随着高层建筑的高度增大、层数增多，其结构体系也不断更新。早期的高层建筑结构，由于层数较少，多采用纯框架体系。大约在本世纪四十年代后期，出现了用剪力墙作为高层房屋的承重和加劲结构，形成了剪力墙体系。六十年代以来，为适应高层建筑向更多层数、更大高度的发展，出现了侧向刚度很大的筒体结构。此外各种类型的悬挂式结构也相继出现。为了提高高层建筑的抗震能力，还出现了所谓的免震结构和减震结构。这种结构在建筑物的基部采用隔震器来支承，以减少地震力的输入。苏联和瑞士都建造了这种减震结构，并收到了良好效果。苏联还在研究一种“自调谐体系”，并建成了九层试验建筑。这种体系具有对从低烈度到高烈度地震的自行适应能力。

可以预言，在高层建筑的飞跃发展中，更多更新的结构体系必将不断涌现。表1-2-1列举了一些国家和地区高层建筑中所采用的新型的结构体系，供读者一阅。

四 高层建筑采用的材料

国外高层建筑中采用的材料也在不断更新。以往30层以上多采用钢结构，用钢量约为 $90\sim 180\text{kg/m}^2$ ，平均为 150kg/m^2 使高层建筑造价昂贵。近年来，高层建筑逐渐采用钢筋混凝土结构。已建成76层，262m高的筒中筒钢筋混凝土结构和70层的钢筋混凝土剪力墙结构。此外，由于轻质高强材料的发展，使轻骨料混凝土在国外高层建筑中得到了广泛的应用。轻质混凝土（容重为 $1400\text{kg/m}^3\sim 1900\text{kg/m}^3$ ）除用于楼板外，已发展到应用于框架柱，并筒和剪力墙等主要抗侧力结构。其骨料多为页岩陶粒和粘土陶粒。混凝土强度可高达 700kg/cm^2 。美国休斯顿贝壳广场大厦是一幢具有代表性的用轻质混凝土建造的筒中筒高层建筑（其平面尺寸为 $58.86\times 40.2\text{m}$ ），整个建筑物（包括楼板、梁柱、电梯井、墙体和基础）全部采用轻质混凝土（ $\gamma = 1840\text{kg/m}^3$ ， $E = 2.1\times 10^5\text{kg/cm}^2$ ， $R = 420\text{kg/cm}^2$ ），减轻结构自重约20%，总造价比传统设计低25%。澳大利亚广场大楼（高180m，50层）采用了轻质混凝土框筒结构，并获得了良好的经济效果。

近年来，日本多采用轻质混凝土作抗震墙，这种抗震墙在较小的水平力作用下具有一定的刚度，而在强地震时又能发挥较好的延伸性。例如，1971年建成的京王饭店（高169m，地上47层，地下3层，建筑面积 $116,237\text{m}^2$ ），在纵横两个方向设置了标号为210号的轻质混凝土抗震墙。

1971年苏联明斯克也用滑模建成了十六层轻质混凝土住宅试点建筑，经济效果较好。莫斯科建筑设计院还拟订了九层住宅标准图。

总之，轻质混凝土在国外应用较为广泛。而且，随着轻质混凝土向高强发展，还将不断开辟新的应用领域。

五 设计理论

1 按风荷载设计

目前大多数国家对高层建筑承受的风荷载一般都采用如下公式计算

$$W = \beta_1 \beta_2 \beta_3 W_0$$

式中， β_1 ——风振系数； β_2 ——高度系数； β_3 ——风力分布系数（体型系数）； W_0 ——基本风压。

β_1 一般取值在1.0~1.4之间，根据基本周期 T_1 或高宽比 H/B 而确定。

β_2 一般取为高度的指数函数。

β_3 迎风面为0.6~0.9，一般为0.8；背风面为-0.4~-0.6，一般为-0.40。在计算外墙面，玻璃、檐口、角部、屋顶、阳台等局部风力时，一般可达-1.5~-2.0。

对于重要的高层建筑，国外往往将建筑物做成单体模型或连同周围街区做成模型进行风洞试验，测出风力分布规律，作为设计的依据。

2 抗震设计

(1) 水平地震力

目前世界大多数国家对水平地震荷载都是按弹性动力分析的反应谱理论进行计算。所谓反应谱，就是指单质点弹性结构体系在地震作用下的最大反应（如位移、速度、加速度等）与结构自振周期之间的函数关系。对于比较简单的结构，在运用反应谱理论求作用在质点上的惯性力（地震荷载）时，是把建筑物比拟为一个具有与基本自振周期和总重量相同的单质点弹性体系，根据地震反应谱曲线先求出作用在该质点上的总地震力（即结构底部的剪力），然后将其按一定的分布图形沿建筑物全高分布。对于较复杂的建筑物，可将结构的振动分解为若干个振型的迭加，而每个振型又可视为一个单质点体系的振动型式。因此，任何弹性结构对地震的反应都可当作若干个单质点体系反应的迭加。这样，仍然可以根据反应谱理论计算任何弹性结构上的地震荷载。

近年来，高层建筑采用弹塑性动力分析的设计方法其发展也很迅速，在这方面，日本领先，美国和苏联也急起直追。此法的特点是将地震波记录直接输入结构，考虑结构的弹塑性性能，直接求出地震过程中结构的加速度、速度、位移、内力及塑性变形随时间的变化，控制上述反应值在许可的范围之内。这种设计方法比较切合实际地反映了地震时建筑物的振动状态，使设计能更好地符合建筑物真实的抗震性能。

此外，对随机振动理论和能量理论等，有些国家也正在研究，并已部分地引入规范。所谓随机振动理论是把地震时的地面运动作为一个随机振动过程，对建筑结构的力学模型进行分析，并用概率论的方法求出结构反应的均方根值和概率分布规律，以此作为设计的指标。而能量理论则是把结构在地震时吸收能量的能力，作为衡量的标准，按允许耗能来控制结构的变形和强度。

(2) 垂直地震力

垂直地震力通常比水平地震力小。但在震中区，竖向加速度可能较大，尤其在高层建筑的较高楼层，强震观测表明有较大的竖向加速度。但多数国家只考虑垂直上举力对高

层建筑物倾覆的不利影响,而没有进行竖向地震力作用下的内力计算。

1-2-2 国内的发展情况

为适应我国社会主义建设形势的发展,节约城市建设用地,改变城市面貌,改善城市人民居住条件,从五十年代初期我国就开始建造了一些自行设计的高层建筑。据初步统计,到1981年底,全国已建和正在兴建的8层以上的高层建筑约675幢,750余万 m^2 (未计台湾省)。分布在北京、广州、上海等30多个大、中城市以及旅游区和经济特区。我国的高层建筑几乎都是钢筋混凝土结构,结构体系多为纯框架体系、框架-剪力墙体系、纯剪力墙体系以及筒体体系。

建国以来,我国高层建筑除了发展迅速外,还具有体型多样化的特点:

五十年代的高层建筑为8~15层。比较典型的工程有北京的13层、67m高的民族文化宫,12层的民族饭店和15层的民航大楼等。

六十年代的高层建筑层数增多,最高的是1968年建成的广州宾馆,27层,高88m,剪力墙结构体系。

七十年代高层建筑发展的步伐逐步加快。先后在北京、广州、上海等城市中兴建了一批高层住宅、旅馆、公寓以及高层办公楼等建筑,其中最高的是1977年建成的广州白云宾馆,38层,112m高,为现浇剪力墙结构。1977年以后,高层建筑发展速度更快。从1978年到1981年仅仅四年之中就建造了510幢,占解放以来高层建筑总数的76%。高度超过60m的有30幢。

进入八十年代以来,高层建筑的发展更为迅猛,一幢幢高楼大厦拔地而起,以其压倒一切的气势和新颖的造型耸立在人们的面前。比较典型的有:北京的西苑饭店,这是一座27层、设有旋转餐厅的现代化高级旅游宾馆,建筑面积为60,000多 m^2 ,1984年7月建成开业;北京的长城饭店,结构体系是采用现浇钢筋混凝土框架结构,建筑面积为80,000多 m^2 。地下2层(地下车库6层)地上22层,外墙为我国首次采用的真空反射玻璃幕墙,还设有3,000 m^2 的屋顶花园和网球场以及4部观景电梯和火警自动监测系统,集中电视馈送系统、声调系统等,是一座高级的大型旅游饭店;深圳的国际贸易中心大厦,是我国内地目前层数最多,高度最高的建筑,总建筑面积为100,000万 m^2 。主体建筑为53层的塔式商业办公楼(地面以上50层,地面以下3层),塔楼面积为65,000 m^2 ,高出地面约160m,是筒中筒结构体系。第49层为旋转餐厅,塔楼顶面为直升飞机停机坪。整个大厦的立面造型和空间组合美丽壮观,为深圳特区市容增添了景色。此外,广州的白天鹅宾馆,上海的联谊大厦,武汉的晴川饭店,南京的金陵饭店等等,都各有特色。

香港地区1981年建成的“合和中心”颇引人注目,这是一个圆形的建筑物,65层,高215m,是东南亚最高的大厦之一。建筑物的直径为45.7m,分外环及内环两大部分。内环部分有三道同心圆形剪力墙构成,由径向剪力墙将之连结成一整体,外环部分则由43根截面呈齿形的柱子与外墙组成。每层由48根跨度为12.2m横梁将齿形柱与中心剪力墙联结成为一个坚固的刚架。

表1-2-2列出了我国一些已建和正在设计中的高层建筑,供读者参阅。建筑体型如图1-2-1所示,有三角形、Y型、L型、之字型、矩形、梯形等等。

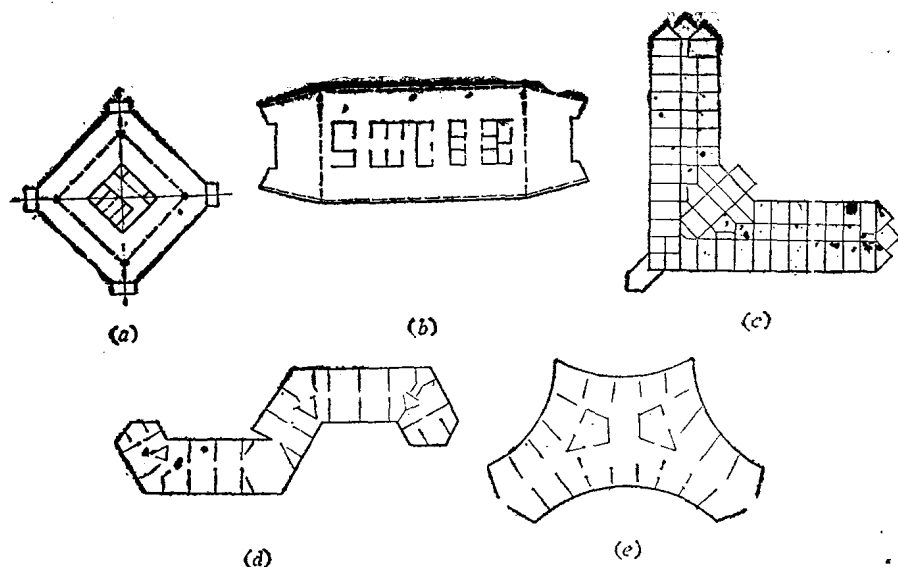


图1-2-1

(a) 南京金陵饭店, 框架-筒体, 37层。 (b) 北京长安饭店, 框架-筒体, 26层。 (c) 大连胜利路住宅, 剪力墙结构, 15层。 (d) 北京西苑饭店, 剪力墙结构, 27层。 (e) 北京昆仑饭店, 剪力墙结构, 25层。

§ 1-3 本课程的任务

本课程比较系统地介绍了高层建筑结构型式选择的基本原则; 几种基本结构体系的特点、适用范围和结构布置的方法; 分析和研究一些抗侧力结构在受到不同类型荷载 (特别是水平荷载) 作用时所产生的内力和变形的计算方法以及结构的破坏特征, 在此基础上, 进一步确定既安全可靠又经济合理的截面尺寸和钢筋用量, 并进行适当的构造处理。此外, 还简要地介绍了高层建筑基础的选型以及片筏基础、箱型基础的设计方法。本课程涉及的知识较深较广, 既要以一般基础理论课、技术基础课和专业课作为基础, 又是它们的深化和提高。要求学生在学完本专业各种必修课程之后, 才能选修本门课程。通过学习, 将使學生初步掌握剪力墙体系和框架-剪力墙体系的高层建筑结构的设计与计算, 为进一步较全面地掌握近代高层建筑结构的设计与计算打下良好基础。

一些国家和地区的高层建筑概况

表1-2-1

国家和地区	建筑物名称	地点	高度(m)	层数	结构体系	材料	备注
美国	西尔斯大楼	芝加哥	442	109	成束筒	钢	世界上最高 世界上层数最多
	世界贸易中心	纽约	412	110	筒中筒	钢	
	帝国大厦	纽约	381	102	框架-剪力墙	钢	
	标准石油公司	芝加哥	346	83	筒中筒	钢	
	约翰·汉考克大楼	芝加哥	344	100	管筒+X形风撑	钢	
	水塔广场大楼	纽约	262	76	筒+框架	钢筋混凝土	
	加州联合银行	洛杉矶	262	65	框架	钢	

续表1-2-1

国家和地区	建筑物名称	地点	高度(m)	层数	结构体系	材料	备注
	水塔广场大厦	芝加哥	259	77	多筒体	钢筋混凝土	世界上最高的胶合板大楼
	约翰·汉考克大楼	波士顿	241	70	框架	钢	
	贝壳广场大厦	休斯顿	215	52	筒中筒	轻混凝土	世界上最高的轻混凝土建筑
	湖滨塔楼	芝加哥	196	70	核心筒+平板	钢筋混凝土	世界上最高公寓
	玛利那双塔	芝加哥	179	60	剪力墙-框架	钢筋混凝土	
日本	他袋材都心	东京	226	60	筒中筒	钢	
	新宿中心	东京	221	54	" "	钢	
	新宿三井	东京	212	55	" "	钢	
	新宿野村	东京	210	50	" "	钢	
	新宿住友	东京	200	52	" "	钢	
	安田火灾保险公司	东京	193	43	" "	钢	
	京王饭店	东京	170	47	框架+筒	钢	
加拿大	维多利亚广场大楼	蒙特利尔	190	47	剪力墙-框架	钢筋混凝土	
法国	曼·蒙帕那斯大楼	巴黎	229	64	筒体+框架	钢筋混凝土	
	非亚特大楼	" "	176	47	筒中筒	" "	
	台方斯2000	" "	140	47	剪力墙	" "	
墨西哥	拉契诺大楼	墨西哥城	139	43	筒体+框架	钢	
澳大利亚	M·L·C	墨尔本	226	65	筒体+剪力墙	钢筋混凝土	
	澳大利亚广场大楼	悉尼	184	50	筒体+框架	轻混凝土	
	公园大街住宅	墨尔本	82	31	装配式大板	预应力轻混凝土	
英国	国民银行	伦敦	189	60	框架+井筒	钢筋混凝土	
南非	标准银行大厦	约翰内斯堡	140	30	悬挂	钢筋混凝土	
	卡尔顿中心旅馆	" "	122	30	剪力墙+框架	" "	
新加坡	华侨银行	新加坡	201	52	筒体+支承架	钢筋混凝土	
苏联	扎良季耶大楼	莫斯科	210	42		钢筋混凝土	
	莫斯科大楼	" "	183	30		钢	
	多罗戈米罗夫旅馆	" "	144	32		"	
	柯特尔尼切住宅	" "	135	37		钢筋混凝土	
	伏斯达民亚广场住宅	" "	113	28		" "	
香港地区	合和中心	香港	215	65	筒中筒	钢筋混凝土	
	康乐大厦	" "	179	52	" "	" "	

我国钢筋混凝土高层建筑概况

表1-2-2

建筑物名称	地点	高度 (m)	层数	用途	结构体系	备 注
国际贸易中心	深圳	160	53	办公楼	筒 中 筒	目前国内最高
电讯大楼	上海	125	20	电 讯	筒 中 筒	
白云宾馆	广州	112	33	旅 馆	剪 力 墙	七十年代最高
国际饭店	北京	112	26	"	" "	
花园酒家	广州	109	31	"	" "	下几层为大空间
金陵饭店	南京	108	37	"	框 架 筒	
联谊大厦	上海	107	30	商 办	内 筒 外 框	镜面玻璃外装修
彩电大楼	北京	107	26	办公楼	筒 中 筒	
白天鹅宾馆	广州	103	31	旅 馆	剪 力 墙	
国际贸易信托投资公司	北京	102	29	办公楼	框 架 筒	
德兴大厦	深圳	97	30	商 住	剪 力 墙	下部 1—3 层为大空间
敦信大厦	深圳	95	33	"	" "	
西苑饭店	北京	93	27	旅 馆	" "	
国际公寓	深圳	90	28	商 住	" "	下部 1—3 层为大空间
上海宾馆	上海	90	27	旅 馆	框-剪	
晴川饭店	武汉	90	26	"	" "	
广州宾馆	广州	88	27	"	剪 力 墙	六十年代最高
长安饭店	北京	88	26	"	框 架 筒	
昆仑饭店	北京	87	25	"	剪 力 墙	
金融饭店	北京	86	22	办公楼	筒 中 筒	
兆北饭店	北京	81	26	旅 馆	筒体框支墙	
金城大厦	深圳	80	27	商 住	剪 力 墙	
长城饭店	北京	80	22	旅 馆	延 性 框 架	首次采用玻璃幕墙
北京饭店新楼	北京	80	18	"	框-剪	七十年代八度地震区最高
翠竹楼	深圳	70	24	商 住	剪 力 墙	
大名饭店	上海	70	21	旅 馆	框-剪	
民族文化宫	北京	67	13	展 览	" "	五十年代最高
燕京饭店	北京	66	22	旅 馆	剪 力 墙	
罗湖大厦	深圳	65	22	商 住	" "	下部 1—3 层为大空间
中国大酒店	广州	62	18	旅 馆	剪 力 墙	
重型厂住宅	沈阳	60	20	住 宅	" "	
外交公寓	北京	60	16	公 寓	框-剪	

第二章 高层建筑结构方案的选择及结构布置

§ 2-1 高层建筑结构方案的选择

高层建筑结构方案的选择主要是指对结构形式、结构体系的选择。为保证结构方案的实施,同时还应选定适当的施工方法。一个较好的结构方案应该是既满足使用要求,又达到经济合理、技术先进、建造速度快等多方面的要求。

2-1-1 结构形式

高层建筑的结构形式,应根据房屋的性质、层数、高度、荷载作用情况,物质技术条件等加以选定,一般有如下几种。

一 砖石结构(包括砌块结构)

此种结构形式,由于它的强度低、抗震性能不好,在我国一般只用于5~6层的多层房屋,少数用到9层民用房屋。但在国外,由于轻质高强多孔砖(强度可达 $400\sim 700\text{ kg/cm}^2$)的发展,已被较多地用于8~18层住宅建筑。

砌块建筑在国内一般也只用于5~6层,而在国外则较普遍地用到6~13层。

二 钢结构

它具有自重轻、强度高、延性(即结构承受较大变形而不破坏的性质)好和施工快的特点,适用于有抗震设防要求的高层建筑。在国外,30层以上的高层建筑多采用钢结构形式,用钢量约在 $90\sim 180\text{ kg/m}^2$,平均为 150 kg/m^2 左右。我国目前由于钢材较少,钢结构造价高,故一般很少采用。

三 钢筋混凝土结构

它与砖石结构相比,具有自重轻、强度高、整体性强、伸长率大、抗震性能好、施工方便等优点;而与钢结构相比,又具有造价低、耐火、材料来源丰富、结构的刚度好等优点。因此,在工程中得到了广泛的应用。在国外,近几年来,高层建筑采用钢筋混凝土结构形式已越来越多。美国、法国、苏联、澳大利亚、新加坡等,七十年代以来兴建了不少钢筋混凝土高层建筑。

我国目前的高层建筑绝大多数都采用钢筋混凝土结构形式。

2-1-2 结构体系

高层建筑结构可分为水平方向的承重结构(即楼盖、屋盖),竖直方向的承重结构(墙、柱)和基础等。这里讲授的结构体系主要是指竖向承重结构的组成形式。它是高层建筑结构的重要组成部分。

不同的结构体系,其抗侧力性能、使用效果和经济指标均不相同。而结构体系的选择除与房屋内部的空间要求有关外,还与其承受的荷载性质及数值的大小有关,因此,结构体系必须与荷载的情况相适应。

高层建筑结构，主要承受垂直和水平两类荷载。垂直荷载要求结构具有足够的抗压强度，这一点就目前的建筑材料来说是容易满足的，结构只需要很小的截面尺寸，而水平荷载则要求结构具有足够的抗弯和抗剪强度和刚度。为满足这方面的要求，需要在房屋的内部设置强大的抗侧力结构。而且随着荷载的种类和大小的不同，所需的抗侧力结构的类型也将不同，从而形成了不同的结构体系。现将高层建筑结构体系的类型、特点和适用范围分述如下：

一 纯框架体系

所谓纯框架体系是指竖向承重结构全部由框架所组成（如图2-1-1所示），它适用于承受垂直荷载的作用。

在水平荷载作用下，则表现出强度低、刚度小、水平位移大的弱点，一般称之为柔性结构体系。

在高烈度地震区的高层建筑不宜采用纯框架体系。在非地震区，目前主要用于10层以下的房屋。可以做到20层，但超过15层时，则可能会使底层柱截面尺寸加大到不合理的地步。这主要是由于水平荷载所引起的柱中弯矩将会是很大的缘故。

为减轻结构自重，框架体系房屋中的非承重围护墙和分隔墙，宜采用轻质材料做成。

由于框架结构体系能形成大的空间，使得平面布置比较灵活，因此容易满足使用上的要求，故多用于建造高层办公室、旅馆一类的房屋。

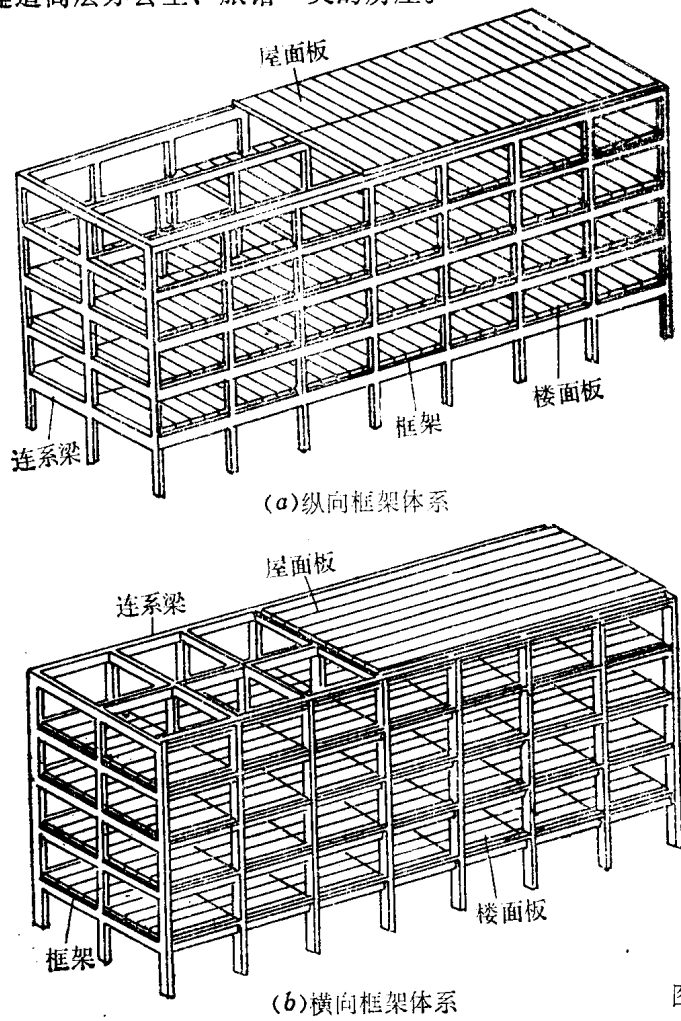


图2-1-1

二 纯剪力墙体系

纯剪力墙结构体系，是指在该体系中的竖向承重结构全部由一系列横向和纵向的钢筋混凝土剪力墙所组成。而这些剪力墙既承受竖向和水平荷载，又起着围护和分隔作用（如图2-1-2(a)所示）。由于剪力墙的截面尺寸较大，因此这种体系的侧向刚度很大，侧移很小，故一般称为刚性结构体系。

在这种体系中，剪力墙通常按横向布置，且间距较小，约为3~8m，致使平面布置极不灵活，故适用于小开间的高层住宅、旅馆和公寓建筑等。此体系在我国常用于10~30层的建筑之中，但目前已做到33层（白云宾馆）。从理论上分析，这种体系可建造100~150层的居住建筑。

剪力墙结构，可以全部在现场浇捣而成，也可以全部为预制装配成整体（全装配的壁板结构），还可以为内浇外挂式结构。现浇剪力墙结构的整体刚度和强度都较大，适宜建造较多层数的房屋。装配式剪力墙结构则由于其连接部分不牢靠，对整体刚度和强度都有所削弱，不宜建造较多层数的房屋，对于烈度较大的地震区更应加以控制。

对于底层为商店或要求有大空间的高层住宅，可将房屋的底层（或底部两层）若干道剪力墙改为框架，构成所谓框-支剪力墙结构，如图2-1-2(b)所示。这种结构的抗侧刚度有所削弱，且由于结构的局部突变造成应力集中而对抗震极为不利。但在非地震区用得较多，这主要是因为其抗侧刚度比框架-剪力墙体系强得多。上海中百九店就是底部两层为框架的12层框-支剪力墙结构。在国外，此种结构形式应用则更加广泛。

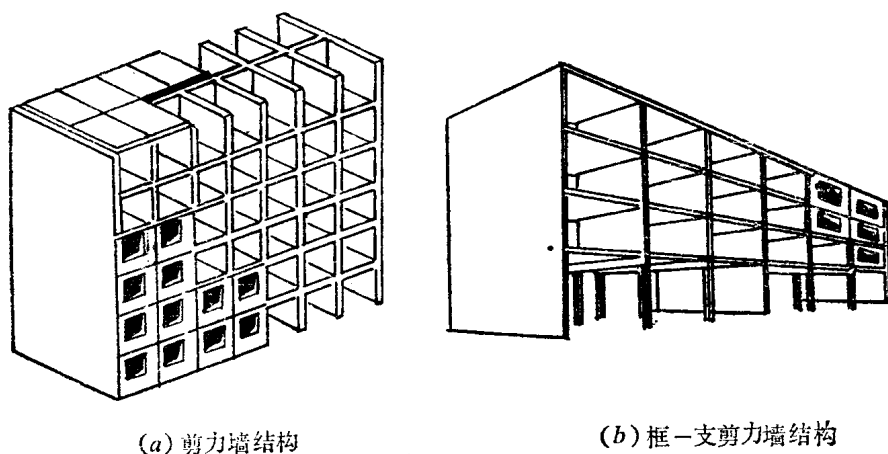


图2-1-2

三 框架-剪力墙体系

是指在框架体系中适当地布置与框架和楼盖有可靠连系的、能抵抗水平荷载作用的墙片（即剪力墙）所形成的一种组合体系（如图2-1-3所示）。它兼有框架体系和剪力墙体系的优点，在工程中应用非常广泛。

在这种体系中，框架主要承受垂直荷载，而剪力墙则主要承受水平荷载（约70~90%），二者合理分工，物尽其用。

该体系由于剪力墙的存在，侧向刚度比框架结构大为提高，在水平荷载作用下的侧移大大减小，一般称之为半刚性结构体系。常用于10~20层的高层办公楼、旅馆、公寓和住宅一类的建筑之中。北京饭店新楼是我国目前8度地震区最高的框架-剪力墙结构体系的