

上海八十年代高层建筑 结构设计

STRUCTURAL DESIGN FOR HIGHRISE BUILDINGS OF SHANGHAI IN 80'S

上海市建设委员会科学技术委员会

着在水平荷载作用下的结构侧移和内力都将减小,或者在相同的总高度条件下,层高降低可以赢得更多的建筑面积。在这期间设计的高层建筑,除常规的肋形楼盖或预应力空心板外,不少工程中还作了一些新的尝试并得到推广应用,其中有板柱结构,有以塑料模壳形成现浇扁梁密肋楼板,有预应力迭合楼板,有后张无粘结预应力平板,也有钢结构采用压型钢板上现浇混凝土楼板,这些楼板有一共同特点,就是可以取得较经济的层高,且功能上分隔灵活,相应整洁平整,可采用定型模板,又便于管道敷设。

四、抗震设防

上海地震烈度原为 6 度,设计中不考虑抗震设防(个别工程因它的重要性,由国家建委批准提高 1 度设防)。80 年代后期,根据城乡建设环境保护部关于《地震基本烈度 6 度地区重要城市抗震设防和加固的暂行规定》的要求,上海市建设委员会印发了(87)第 134 号文制订了实施办法。按照这个实施办法,位于市区的 10 层(含 10 层)以上的钢筋混凝土建筑物按 7 度设防,本书收集的工程,有的比较高的建筑物未考虑设防,而有些低的倒考虑了设防,这主要由于设计年代有先后,设计依据有变化的缘故。凡考虑抗震设防的,除国外设计国内咨询的项目,经批准后,可按国外设计单位习用的国家或地区约规范外(有的还以国内抗震设计规范进行复核),国内设计的项目均根据“工业与民用建筑抗震设计规范(TJ11-78)”和Ⅲ类场地二计算地震作用。

五、结构试验和技术进步

在这期间,设计、科研、高等院校等单位共同协作结合高层建筑工程开展了一些课题研究,如复杂体型的风洞试验、模型试验、板柱结构开洞试验、带框无砂混凝土墙体试验、陶粒混凝土墙体试验、模拟地震振动台试验、桩与承台板分担荷载试验、玻璃幕墙试验等。在这些试验研究的基础上,提供了设计依据,提出了计算模型,或者验证了计算的正确性,从而大大提高了设计质量。

事物在发展,要求在提高。这需要在总结过去的基础上进一步去探索去研究,把结构设计水平提高到一个新的高度,以求得在认识和实践上的一个飞跃,这也是本书编制的另一个目的。

最后还得说明,由于本书的编写者来自各个单位,工程的性质又不相同,在编写手法上难免不尽一致,且本书属总结经验性质,各工程的做法也不大一样,因此本书所写的也只是说明各工程是怎么做的,而不是说明应当怎么做的。此外,一览表填写由于各单位人员调动、变迁等原因,有些资料虽经努力征集,仍未能如愿,只好缺项,所有这些请读者鉴谅。

(沪)新登字第 305 号

责任编辑 钟海谷

上海八十年代高层建筑 结构设计

上海市建设委员会科学技术委员会

上海科学普及出版社出版

(上海曹杨路 500 号 邮政编码 200063)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷七厂一分厂印刷

开本 850×1168 1/16 印张 32 字数 120000

1994 年 5 月第 1 版 1994 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7-5427-0837-6/TU·6 定价:110.00 元

编辑委员会

(按姓氏笔画为序)

刘炳斗	朱俊	沈恭	严庆征
汤纪鸿	陈光济	陈传玉	陈寿华
陈宗梁	杨莲成	杨德纯	姚念亮
侯焕文	赖守中	蒋志贤	

主 编

沈 恭

副 主 编

陈寿华 刘炳斗 陈光济

编 辑 部

杨德纯 陈传玉 赖守中 朱俊

序

沈崇

《上海八十年代高层建筑设计》经过作者们和编辑部的努力,顺利出版了。本书收编了80年代上海最有代表性的高层建筑的结构设计,可以说是近10年来上海高层建筑结构最丰富的实践总结。本书的出版,可以使读者了解这一时期上海高层建筑设计概况,也可以使读者借鉴有关设计经验,当然更重要的是想借助读者们的帮助,找出在高层建筑设计领域内存在的问题和差距,以利上海今后整体设计水平的提高。

结构设计在高层建筑设计中占有十分重要的地位,如结构方案的选定将直接影响整个建筑物的经济性和施工建造过程以及使用期间的安全度。而对上海来说,解决好高层建筑设计,还要求设计人员深刻了解和掌握上海的软土地基特性而处理好地基基础设计;还要求掌握和解决高层建筑抗地震和抗风设计;还要求熟悉上海高层建筑的施工工艺。可喜的是,上海的结构工程师们和科研工作者、教学工作者密切配合,在70年代已为发展上海的高层结构设计做了大量极有成就的探索、研究和准备,在计算机的运用、软件的编制方面也迈出了一大步,从而较从容地迎来了80年代高层建筑建设的新阶段。

80年代是上海高层建筑设计水平提高得较快的一个时期,与之结合的科研、标准、技术规范,计算机辅助设计等均有新的发展和提高,加之,上海的设计师们又有较多机会和国外及港澳地区的同行开展技术交流,又进一步丰富了技能,开阔了视野。

本书的出版着重总结经验,更重于面向今后。我们深切期望读者能对本书提出意见,也希望读者能对今后高层建筑设计领域内还应该开展哪些科研、试验,编制哪些规程等提出建议,告诉编辑部,以便我们整理后纳入上海市工程建设“九五”科技进步规划。

陈寿华 1920.4.14-1994.4.14

综 述

陈寿华

随着改革开放和经济建设发展的需要,上海高层建筑在 80 年代中如雨后春笋般大量崛起。在这期间兴建的高层建筑(8 层以上或 24m 高度以上)有 812 幢,共 1098.88 万 m^2 ,而 1920~1948 年期间仅有 95 幢,97.49 万 m^2 ,1949~1979 年期间仅有 40 幢,32.37 万 m^2 。前后相比,不但在数量上超过了历史记录,而且在层数上、高度上大大增加,其中高度在 100m 以上的有 18 项,20 幢,最高的为上海商城 48 层,164.8m。同时,也出现了不少灵活多样的形体,新颖独特的风貌,使平面布置和竖向体型日趋复杂,既满足了不同的使用功能,又丰富了城市景观,可以说是上海有史以来高层建筑的大发展时期。通过工程实践,在设计理论、构造布置等方面,经过广大工程技术人员的研究和探索,也取得了长足的进展,积累了一定的实践经验,并且随着计算机的发展和广泛应用,以及大量软件的开发,对复杂的结构体系能进行比较认真的分析,大大促进了高层建筑的发展,使结构设计既保证了建筑物的安全可靠、经济合理,又尽可能满足建筑功能上的复杂要求。

为了回顾 80 年代上海高层建筑的结构设计经验,现将这期间完成的项目分成宾馆、旅馆、招待所,办公综合楼,住宅,科教文卫,工业及其他五大类,从每类中选择一部分有代表性的项目共 44 个,撰文介绍这些工程的设计特点。此外,还收集了较多工程的结构特征和主要参数编成一览表。通过这些工程介绍和一览表,可以窥见这 10 年中本市高层建筑结构设计的概貌,可供同行们参考(这些工程绝大部分是我国自行设计的;也有少数外资项目由国外设计,国内顾问咨询的,这在有关介绍文章中已加以说明)。

一、地基基础

上海属软土地区,土层压缩性大,建造高层建筑必须处理好地基基础,解决好沉降与差异沉降问题。10 年来的实践取得了不少成功的经验。例如,在三质较好,周围环境影响较少,房屋刚性较大的情况下,有些 14 层以下的建筑,采用了补偿式箱形基础,使得坑底土的应力变化较小,改善了地基承载力状况,达到了适用、经济、加快建设进度的效益。对于荷载较大的高层建筑则大都采用桩基或箱基加桩基。布桩方式有满堂布桩,有沿轴线布桩。承台有独立承台,有条形承台,有片筏承台或箱形承台等型式。

在桩型选择上,过去以预制混凝土方桩为多。这10年中钻孔灌注桩、钢管桩已大量采用,预应力钢筋混凝土方桩、预应力钢筋混凝土离心管桩等也在一些工程中应用,主要是按照地质情况、承载力大小、桩的长度、施工场地、施工机具、材料供应、建造进度等因素,因工程而各异。

在桩尖持力层选择上,上海土层的上面几层土(除表面不厚的亚粘土外),一般均属淤泥质粘土或淤泥质亚粘土,含水量、孔隙比、压缩系数均较大,其下为暗绿色亚粘土层,土质转好(即上海所谓第⑥层土)。过去上海一、二十层的建筑当零层桩基时大多以此层土为桩尖持力层。80年代中后期设计的高层建筑,层数及高度都大大增加,基底压力达 50 t/m^2 以上,该层土已不大能适应要求,往往将桩打到更下面的砂层。这部分砂层又可分为第一砂层(即上海所谓第⑦层土)和第二砂层(即上海所谓第⑨层土),第一砂层强度稍低于第二砂层,且一、二砂层之间还夹有一层土质较差的亚粘土层(即上海所谓第⑧层土)。桩尖如置入第一砂层则沉降量要大于置入第二砂层,若置于第二砂层则桩长度要加长至60m左右,且桩尖要穿过第一砂层而沉桩较困难。在实际工程中两种设计做法均有,主要根据具体地质条件、土层厚度、使用沉降要求、主裙房关系、技术经济指标、沉桩可能性等因素综合考虑而定。另外,也有些地区当埋深十多米出现了较好的亚砂土层,且该土层较厚时,对一些不太高的高层建筑也有将桩尖支承在这一土层上的。

上海高层建筑除在新开发地区建造外,不少是在市中心或市区重要地段,这些新建高层建筑往往毗邻建筑质量较差,年久失修的建筑群体和大量水、电、煤气等城市管线,由于受到沉桩振动、挤土、涌土影响,造成开裂和移位,影响市政建设以及居民的生活和安全,被迫停工修建也时有发生。因此,对上海地区来讲,沉桩过程中处理好邻近建筑物和管线的影响,是一个十分重要的问题。当然,如果采用钻孔灌注桩,上述问题将可以避免,但对市区环境可能会造成污染。如果采用打入桩,则工程中常用的处理办法归结起来有下面几种:(1)合理选择桩型,注意打桩流水,控制每台班打桩速度;(2)布置袋装砂井或塑料排水板以消散孔隙水压力;(3)挖防震沟或在老建筑物旁打钢板桩;(4)先钻孔取土(8~12m),再打预制桩;(5)布置孔隙水压力测点,对重要管线进行沉降和位移监测等。实践证明,采用其中若干种方法后,都取得了很好的效果,避免了事故的发生,保证了沉桩的正常进行。

二、结构体系

一般高层建筑绝大多数为钢筋混凝土结构,并采用框架、框-剪、框支剪力墙、剪力墙体系。层数较多,高度较高的建筑,设计成外框内筒或筒中筒体系,由剪力墙或内筒体主要承受水平荷载。高层住宅大多为剪力墙体系,剪力墙的数量直接影响侧移刚度及整体变形。纯剪力墙体系的混凝土用量指

标较高,刚度大,有位移小的有利一面,但也带来因刚度大所承担的地震力也大,相应地又有使位移增大的不利一面。因此,80年代后期设计的高层住宅又提出了在满足顶点位移和层间位移的许可条件下,合理优化剪力墙数量的设想,并在一些工程中的应用,这是减少地震力和减轻自重,节省投资的有效途径之一。

在这期间,钢结构也开始进入了高层建筑领域,共有5幢高层建筑分别由国外及国内设计,其中有纯钢框架,有外钢框架内钢芯筒,有外钢柱内混凝土芯筒,有下部几层为钢筋混凝土,上部为钢结构等几种型式,为钢结构在高层建筑中的应用积累了一定的设计经验。

在这期间还开辟了一些新材料、新形式,如在一些十多层的高层建筑采用扁柱框架,它既具有框架结构的建筑平面灵活、结构轻的特点,同时又具有剪力墙体系的房间平整、空间可充分利用的实惠。此外,开发了带框无砂混凝土墙体、陶粒混凝土墙体等新型材料的结构,为推广人造轻骨料的应用积累了经验。

工业厂房有的采用部分预应力混凝土结构,为建造大跨度高层工业厂房,扩大车间有效使用面积,灵活布置设备,方便工艺改造创造了条件。

为了满足使用功能的多样化,一些宾馆、综合楼等工程,其下面几层是间距较大的框架体系,而上部则是小开间的剪力墙的住宅、客房或办公室。上下结构体系不同,刚度相差很大。在这些工程上下刚度变化处,利用加厚楼板或利用一层技术层,设计成一个刚度较大的转换层,起到分配侧向力和竖向力的作用。

此外,在一些宾馆、综合楼工程中,通常还以一幢塔楼为主,周围设置层次不等的裙房来满足功能上的需要。其下部往往为大柱网与相邻裙房相互借用,形成大空间作为中庭、商场、接待、娱乐中心等用途。在裙房与主楼之间,过去往往设缝断开,使计算上比较方便些,受力比较明确些,但设缝后的双柱处理会影响使用功能,影响美观,尤其对上海软土地基来讲,更会出现沉降不均,交接处地面开裂、不平整等不良后果。80年代设计的高层建筑开始对这方面作了探索,有些工程采取了主裙房不留缝的做法。不设缝的关键在于差异沉降的控制和由此引起的结构内力。在构造处理上,有的工程鉴于裙房伸出尺寸不大,采用由主楼基础中挑出悬臂梁来支承,有的工程将桩打入砂层以减少沉降差,有的工程先施工主楼后施工裙房,并在主楼与裙房交接处设混凝土后浇带,减少由于沉降差而引起的内力。

三、楼板设计

楼板设计的不同,关系到层高的数值大小。在高层建筑中,层高的降低对整个技术经济指标有很大影响。在相同的层数下,如果总高度降低,意味

目 录

综述

宾馆、旅馆、招待所

上海宾馆	(3)
华亭宾馆	(12)
金沙江大酒店	(21)
静安希尔顿酒店	(30)
远洋宾馆	(42)
百乐门大酒店	(60)
花园饭店	(68)
新锦江大酒店	(81)
天益宾馆	(96)
上海建国宾馆	(106)
上海影城、银星假日酒店	(114)
上海国际贵都大饭店	(120)
上海锦沧文华大酒店	(128)
银河宾馆	(139)
上海海仑宾馆	(148)
扬子江大酒店	(158)

办公、综合楼

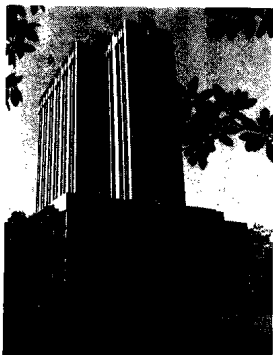
联谊大厦	(169)
瑞金大厦	(183)
上海市政协大楼	(197)
上海电信大楼	(206)
华东电力大楼	(221)
上海物资贸易中心	(231)
南泰大厦	(242)
新民晚报联合大厦	(253)
柏树大厦	(261)
上海国际贸易中心	(270)
联合大厦	(277)
上海商城	(285)

住宅、公寓、宿舍

雁荡大厦	(297)
瑞金医院高层住宅	(304)

田林新苑 1~9 号楼	(309)
国顺路高层住宅	(314)
仙霞新村塔式高层住宅	(323)
启华大厦	(328)
岚皋路高层住宅	(336)
长白新村 2 号楼	(346)
科教文卫	
上海交通大学包兆龙图书馆	(359)
同济大学图书馆	(367)
华山医院病房楼	(375)
华东医院东楼	(381)
工业、其他	
吴泾 52000 吨冷库	(393)
延安东路越江隧道 1 号、2 号风塔	(400)
上海石洞口发电厂主厂房	(407)
上海第九丝织厂织机大楼	(413)
工程项目一览表	(420)

宾馆、旅馆、招待所



上海宾馆

工程名称 上海宾馆
建设单位 上海市华亭(集团)联营公司
设计单位 上海市民用建筑设计院
施工单位 上海市第四建筑工程公司

一、工程概况

上海宾馆是以接待海内外旅游者为主的三星级宾馆,由我国自行投资、设计,采用国产材料和设备建造的。宾馆坐落在华山路与乌鲁木齐北路口(见图1)。用地面积 10200m^2 ,建筑总面积 44708m^2 ,由主楼与裙房两部分组成,其中主楼面积 39495m^2 。

宾馆主楼地下1层,地面上26层,建筑高度 80.9m (包括机房等总高度为 90.5m)。1~3层为公共服务层,5~22层为客房,共有600套客房,4及24层分别为技术设备层,23层设3个风味餐厅,可俯瞰市区繁华景观(见图

2)。1层及标准层建筑平面图见图3、图5,相应的结构平面图见图4、图5。主楼与裙房间用沉降缝脱开。

宾馆设有客梯6台,内部服务(兼作消防)电梯2台,采用中央空调。

二、基础设计

(一)工程地质概况

根据工程地质报告,第①层褐黄亚粘土,稍湿呈可塑状态,属中压缩性土;第②层灰淤质亚粘土,湿呈软可塑状态,属高压压缩性土;第③层灰淤质粘土,湿呈软可塑状态,属高压压缩性土;第④层灰淤质亚粘土,湿呈软可塑状态,属中~高压压缩性土;第⑤层暗绿~

灰黑亚粘土,稍湿呈硬可塑状态,属低压缩性土;第⑥层暗绿亚粘土,第⑦层暗绿亚砂土,稍湿中密土质均匀,含少量云母屑,属低压缩性土;第⑧层黄细砂土,稍湿中密土质均匀,属低压缩性土;第⑨层暗绿细砂土,中密土质均匀,属低压缩性土。其地基土物理力学综合指标见表1。

(二)基础形式和桩的选择

该工程由于民防的要求,需设置箱形基础,但从地质报告可以肯定,仅利用箱形基础作为主楼的基础,不论在地基承载力与基础沉降都是无法满足设计与规范要求,为此,该工程选用箱形基础加桩基的基础形式。

从地质报告可以看出,从第

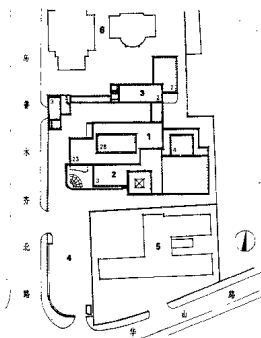


图 1 总平面图

1. 主楼 2. 裙房 3. 机房 4. 停车场
5. 华山医院门诊部 6. 静安区文化馆

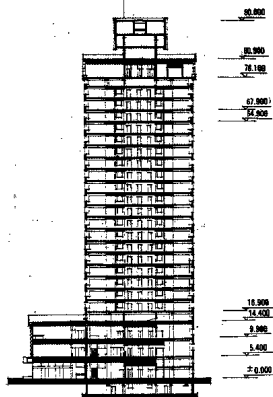


图 2 剖面图

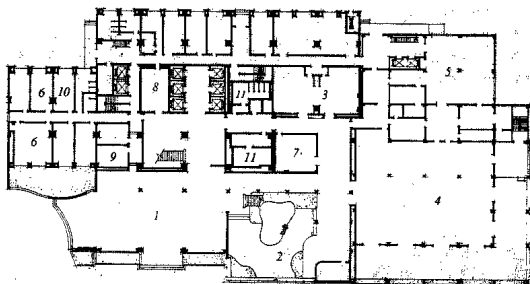


图 3 一层建筑平面图

1. 门厅 2. 中厅 3. 小餐厅 4. “劳园”餐厅 5. 厨房 6. 办公室 7. 商店 8. 邮电 9. 计算机房 10. 防火中心 11. 厕所

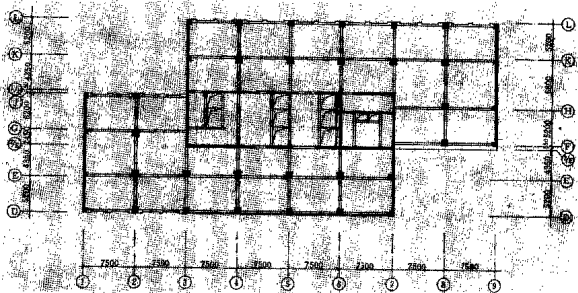


图 6 标准层结构平面图

地基土层物理力学综合指标

表 1

层次	土层及描述	含水量 w (%)	容重 γ (t/m^3)	孔隙比 e	压缩系数 a_{1-2} (cm^2/kg)	压缩模量 $E_{s+1,2}$ (kg/cm^2)	内摩擦角 φ ($^\circ$)	内聚力 c (kg/cm^2)
①	褐黄色粘土	34.2	1.85	0.99	0.046	41	14°30'	0.17
②	灰质亚粘土	46.1	1.74	1.292	0.104	21	16°15'	0.07
③	灰质粘土	46.1	1.74	1.386	0.099	22	9°30'	0.13
④	灰质亚粘土	33.1	1.79	1.030	0.046	41	19°30'	0.09
⑤	暗绿—灰黑亚粘土	20.0	2.04	0.606	0.019	83	23°45'	0.45
⑥	暗绿亚粘土	21.9	1.95	0.682	0.015	110	28°30'	0.07
⑦	暗绿亚砂土	26.2	1.91	0.771	0.014	125	30°0'	0.05
⑧	黄细砂土	26.1	1.92	0.706	0.012	144	28°30'	0.05
⑨	暗绿细砂土	30.0	1.86	0.873	0.018	103		

①层至第④层都属中~高压缩性土,当进入第⑤层由暗绿色亚粘土转入暗绿色亚砂土,自上而下砂性比重逐渐增大,这层砂层厚度达 10m 左右,是较为理想的持

力层,针对这一情况,取桩尖标高为-41.4m(见图 7)。

桩选用 450mm 钢筋混凝土预制方桩,桩长 40.5m,分 3 节(13.5m×3),用硫磺胶泥接头,

桩尖进入砂层 1m 左右,将桩主筋插入箱形基础地下室底板内 35 倍直径,单桩承载力为 140t,在地震力作用下,考虑附加垂直力,单桩承载力为 140t×1.2,桩

的总数为 400 根,柱矩为 $2000 \times 2000\text{mm}$,箱基净高为 2.6m,埋深 5.65m,底板厚度为 1500mm,顶板 400mm,外墙板 500mm,内墙板为 400mm,顶板面离底层地面 1150mm,架空层作为埋设管道用。

为确保桩桩硫磺胶泥密实所需的时间,严格控制沉桩速度。由于底板厚,为减少水化热,在底板内采用掺入 10%~20%(体积比)大石块,取得较为理想的效果。另外,在中间设置 1m 宽的后浇带,待 28 天后浇筑混凝土填实。

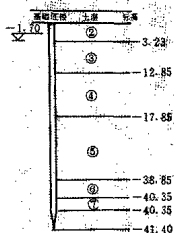


图 7 沉桩深度与桩尖标高

三、结构体系

上海宾馆结构采用现浇钢筋混凝土框架剪力墙体系,中间筒体部分设 8 部电梯和 2 部扶梯及其辅助用房,在两端山墙亦设置钢筋混凝土剪力墙,在客房部分设置钢筋混凝土柱,楼层采用梁板体系,使框架和剪力墙共同承担风力,同时使用上海市民用建筑设计院编制的系列程序进行多方案比较,经综合权衡而选用 7.5m 柱网布置。为了减少底层柱温度应力和避免短柱结构,夹层梁板与柱节点设计成分离式的长柱方案,采用钢牛腿分离式,钢牛腿浇筑在板内。柱截面采用正方形以利抗震,剪力墙布置尽量使纵横刚度接近,内力分布均匀,避免水平力过于集中在某一部位。这样既有利于抗震又利于桩的布置,减少箱基的附加扭矩。按《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ11-78)拟静力方法由空间协同算得地震力分配为例,两侧分配的地震力为 44.4%,中间部

分为 55.6%,横向顶点位移为 130.8mm,纵向顶点位移为 129.6mm。

剪力墙厚度均为 300mm,柱截面 1~7 层中柱为 $1000 \times 1000\text{mm}$;边柱为 $850 \times 850\text{mm}$;8~13 层中柱为 $850 \times 850\text{mm}$;边柱为 $700 \times 700\text{mm}$;14~19 层中柱为 $700 \times 700\text{mm}$,边柱为 $550 \times 550\text{mm}$;20 层以上中柱为 $500 \times 500\text{mm}$;边柱为 $450 \times 450\text{mm}$ 。框架纵向边梁为 $250 \times 600\text{mm}$,其余框架梁均为 $300 \times 600\text{mm}$,楼板厚度均为 180mm,混凝土标号均为 300。

(一)地震力动态分析

上海宾馆的设计采用动态分析,目前在动态分析中用得较多的是层间模型,如剪切型(S型),剪弯型(SB型),这种模型的优点是自由度少,运算简便,缺点是不能判断各杆件的弹塑性状态,其结果粗糙,内力分布规律有的不正确,尤其是层间如何分配给每

片抗侧力结构更是复杂的难题。与此对比杆系模型能够较全面反映每一杆件的工作状态,计算精确,但是自由度数量太大,运算时间长。上海宾馆则采用杆系-层间模型来进行动态分析,它吸取了层间模型和杆系模型的优点。

上海宾馆是把弹性动态分析的结果作为设计依据,采用多波输入和比较的手段,输入地面运动加速度记录有 El-Centro 波, NS1940, Taft 波, EW1952, 海城波 1975, 天津波 1976。由于上海宾馆的自振周期在 1.8 秒左右,所以反应值以卓越周期较长的 El-Centro 波和天津波为宜,在正式计算中采用这两个波的反应值。上海宾馆按 7 度抗震设计,峰值取 100gal,阻尼采用瑞尼阻尼,其中 $\alpha = 0.3$, $\beta = 0.006$,计算步长为 0.02 秒。

为了利用弹性动态分析,考虑梁端开裂和局部进入塑性状态,剪力墙相连的梁按系数 0.35