

# 漳州华联商厦结构分析与概念设计<sup>\*</sup>

林 君 娜

( 厦门市建筑设计院, 厦门 361003 )

**摘要** 结合漳州华联商厦结构设计, 着重对结构概念设计及对不规则框剪结构中框架剪力的调整方法等问题进行探讨, 提出了整体计算的两步计算法. 采用本方法可使基础、地下室及上部结构的计算结果更具合理性, 可供工程设计借鉴和参考.

**关键词** 结构概念设计, 不规则框剪结构, 框架剪力调整

**分类号** TU 973. 23

漳州华联商厦是集商业、办公与居家为一体的综合性高层建筑, 总建筑面积  $30\,500\text{ m}^2$ . 16 层主楼与 9 层住宅楼由 3 层裙房( 商场) 连成整体, 4 层大平台设屋面花园及娱乐活动场所, 主楼建筑物总高为  $60.6\text{ m}$ . 5 ~ 16 层为餐饮、文化娱乐和办公等活动场所, 地下 1 层作为设备用房、车库及人防. 建筑的使用功能要求大空间, 便以灵活分隔. 主楼采用框架-剪力墙结构, 住宅楼采用框架结构, 主楼与住宅楼间地面以上纵横向分别设置两道抗震缝. 基础设计采用冲、钻孔灌注桩, 桩端持力层为中风化基岩, 地下室底板埋深为  $4.6\text{ m}$ .

该建筑的平面布置及立面造型也给结构设计增加了复杂性, 我们进行了结构设计中的重要环节——结构概念设计<sup>[1]</sup>. 它使结构设计既充分体现华联商厦的时代特色, 又可得到一个经济合理的结构体系. 本文着重对主楼的结构概念设计, 诸如结构体系、刚度分布、构件延性及对此不规则结构的框架剪力调整等几个主要方面进行较深入的探讨, 从而消除了这一不规则高层建筑中的抗震薄弱环节. 从计算入手, 再辅于必要的构造措施, 使整个结构设计具有良好的抗震性能和足够的可靠度.

## 1 两步法整体分析和计算结果

漳州华联商厦是一幢具有典型特色的高层建筑, 主楼采用逐渐收进的梯形折线形平面, 波浪的折线及层层后退的体型增强了主楼的感染力. 主楼的平面图( 图 1, 2) 1 ~ 3 层除局部平面外, 均与 4 层平面相同.

在结构计算中, 地下室是否参与计算对于上部结构自振周期、水平荷载下的侧向位移及地震力分配有很大影响. 由于层数、高度和质量的增大, 周期延长, 地上部分受到的地震力可能降低, 偏于不安全. 对于二级抗震设计的框架柱和剪力墙, 应对地上 1 层予以加强, 内力要放大,

配筋要增多而将地下室一并计算,加强层转到地下室,地上1层反而得不到加强.为了保证整体计算的正确性,本设计采用两步法计算.第一步取结构 $\pm 0.00$ 以上部分进行计算,以 $\pm 0.00$

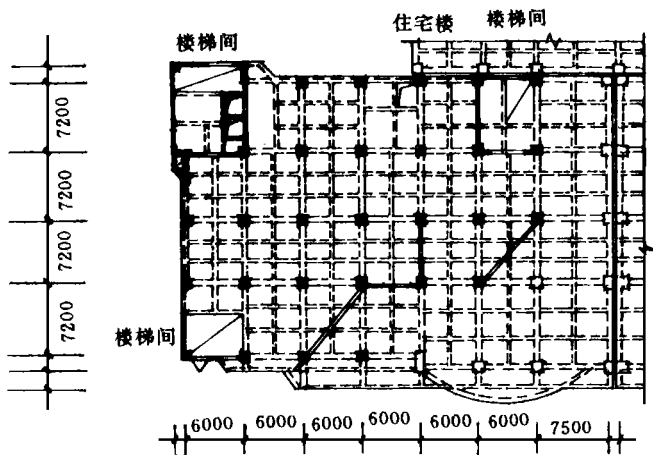


图1 4层结构平面图

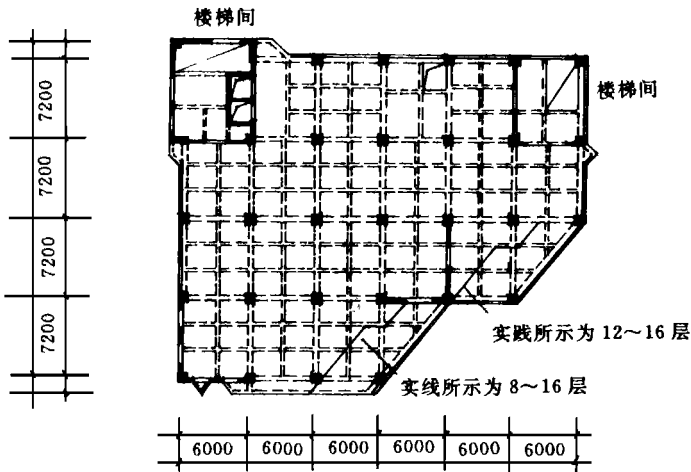


图2 5~16层结构平面图

作为上部结构的固定端, $\pm 0.00$ 的楼板厚度取200 mm.加强了梁的刚度,使下层的层刚度大于上层的刚度1.5倍,以满足嵌固端的条件.第二步从地下室底板顶面起计算,包括地下室及 $\pm 0.00$ 以上部分,其计算结果仅作为基础及地下室的设计依据.

本工程主楼采用高层建筑结构空间分析程序TBSA(5.0版),并考虑耦联计算.抗震烈度按7度,类场地,基本风压取0.55 kPa,主要计算结果见表1~3.表中 $T$ 为自振周期, $V_0$ 为底部剪力, $\zeta$ 为底部剪力系数, $\Delta u/h$ 为最大楼层层间位移与层高之比, $u/H$ 为结构顶点位移与总高度之比, $\theta$ 为顶点转角.

表1 地震荷载作用结构自振周期

振型	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T/s$	1.45	1.43	0.97	0.48	0.41	0.28	0.24	0.20	0.17

表 2 地震力作用下基底剪力和侧移及转角<sup>①</sup>

地震力作用方向	方向	$V_0/\text{kN}$	$\zeta$	$\Delta u/h$	$u/H$	$\theta/\text{rad}$
$x$	$x$	5 462	0.022	$\frac{1}{2\ 426}$	$\frac{1}{3\ 038}$	0.000 14
	$y$	1 874	0.023	$\frac{1}{2\ 426}$	$\frac{1}{3\ 038}$	
$y$	$x$	1 874	0.019	$\frac{1}{2\ 721}$	$\frac{1}{3\ 806}$	0.000 36
	$y$	4 857	0.021	$\frac{1}{2\ 721}$	$\frac{1}{3\ 806}$	

①  $\zeta$ 取值范围为 0.015~0.030;  $\Delta u/h$  的规范限值为 1/800,  $u/H$  的规范限值为 1/850;  $\theta$  一般可控制在 0.000 3~0.000 5 rad

表 3 风荷载作用下基底剪力和侧移及转角<sup>①</sup>

方向	$V_0/\text{kN}$	$\Delta u/h$	$u/H$	$\theta/\text{rad}$
$x$	2 439	$\frac{1}{5\ 483}$	$\frac{1}{6\ 599}$	0.000 05
$y$	3 199	$\frac{1}{3\ 875}$	$\frac{1}{4\ 978}$	0.000 23

①  $\Delta u/h$  的规范限值为 1/900,  $u/H$  的规范限值为 1/950  
计算结果表明, 结构具有足够的刚度, 水平位移符合规范要求. 结构布置也是合理的, 成功的.

2 框架-剪力墙设计<sup>[2]</sup>

国内外的震害经验表明, 框剪结构的抗震性能远远优于框架结构, 其重要的一方面是侧向位移较小. 目前, 我国的框架结构填充墙常用刚性砌体材料, 例如空心砖墙对于侧向位移的承受力较差, 即使遇到小震也常开裂而影响使用. 对于高层建筑, 在框架结构中适当布置一些抗震墙既可大大减少柱子的内力, 使其截面和用钢量减少, 又可增加一道防线. 但是, 布置剪力墙常与建筑的使用发生矛盾. 本工程其层层后退的体型使整个建筑在竖向刚度变化较大, 如何在恰当的位置布置剪力墙, 并满足建筑的使用是结构设计的关键. 经过结构方案计算比较, 尽量在楼、电梯间及外墙布置剪力墙, 中部在波浪折线处恰当地布置了一道 L 型剪力墙. 这样, 使得结构平面刚度和侧向刚度较为均匀, 整体结构不产生过大的偏心, 避免在水平力作用下结构的扭转, 并加强抗震墙与柱子之联系.

框架-剪力墙结构中的框架, 受力情况不同于纯框架结构中的框架, 它下部楼层的计算剪力很小, 到底部时接近于零. 显然, 直接按照计算的剪力进行配筋是不安全的, 必须予以适当的调整, 使框架具有足够的抗震能力, 使框架成为框架-剪力墙结构的第二道防线. 目前, 《高层规程》的调整方法是, 框架柱承受的剪力应不小于下面的较小值, 即

$$0.2V_0, \quad 1.5V_{f\max},$$

其中  $V_0$  为结构底部总剪力标准值,  $V_{f\max}$  为上下各层框架承受的剪力中的最大值. 应当指出, 这一调整方法是 60 年代提出的, 它只适用于框剪结构上下层布置基本均匀、平面较为规则的情况. 对于复杂体型框剪结构中框架剪力调整目前尚未给出统一的方法. 由于本项工程框架柱

上层逐渐减少, 阶梯形内收, 若按上述调整方法会出现梁、柱弯矩、剪力很大的不合理的后果. 本设计将建筑物沿竖向划分为比较均匀的几段, 每段均按本段底层的剪力来调整, 这样既保证了抗震的安全, 又使计算结果更具合理性(图3).

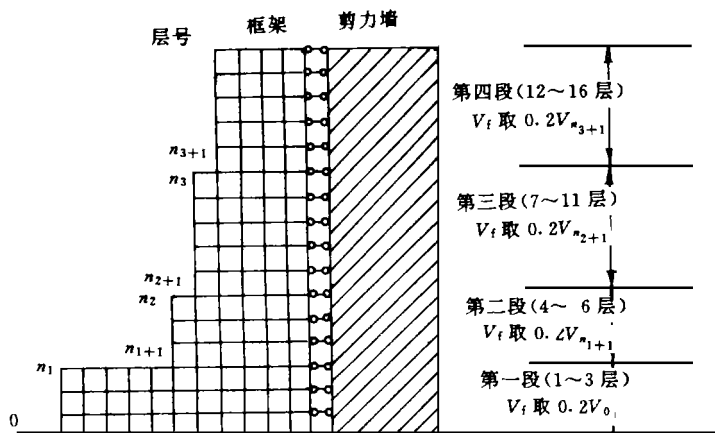


图3 不规划框架-剪力墙结构分段调整方法

### 3 结构的延性设计

结构的延性设计<sup>[6]</sup>在抗震设计中尤其重要, 本工程设计主要采取以下措施来提高结构的延性。(1) 塑性调幅. 塑性调幅为在竖向荷载作用下的内力调整, 梁端允许出现塑性铰, 取0.95折减系数, 支座弯矩降低后, 必须相应加大跨中设计弯矩. 这样在支座出现塑性铰后不致导致跨中截面强度不足, 调整后再与水平荷载下的内力进行组合。(2) 严格控制墙柱轴压比. 实验和震害调查表明, 柱轴力过大, 其延性变小, 容易产生脆性破坏, 增加箍筋用量可增加延性. 在高轴压比情况下, 箍筋的增加对延性已不再发挥作用. 因此, 设计中应尽量使轴压比限值比规范规定高一级。(3) 提高箍筋用量. 柱子的箍筋沿全长加密, 以提高柱子的延性及抗震能力。(4) 采用连梁刚度折减的方法, 折减系数取0.65. 因为, 刚性高层建筑有利于抵抗风荷载及小震, 而柔性结构对大震有利. 对连梁刚度折减使其在小震时仍处于弹性, 而在大震时出现塑性铰, 从而使结构在大震时进入塑性柔性状态, 以达到小震不坏, 中震可修, 大震不裂。

### 4 结构的构造和技术措施

(1) 控制竖向刚度变化的均匀性, 构件截面与混凝土强度等级的变化不在同一层。

(2) 加强结构第四层梁板刚度. 该层为大平台, 局部为屋面花园, 起了底盘的作用. 本层楼板厚度取为150 mm, 同时加强了板的配筋, 正负板筋纵横通长, 保证其足以承受本层较大的水平剪力。

(3) 在连梁的设计中, 为了解决在水平力作用下截面不满足抗剪要求及超筋问题, 采取加大洞口宽度和高度. 即适当降低连梁高度, 不足部分砖砌填充。

(4) 主楼采用框架梁均对柱中布置的方法<sup>[7]</sup>. 即保证框架、柱的轴线重合在同一平面内,

边框架梁挑牛腿支承外填充墙(190 空心砌块),以达到建筑在外观上柱与墙外齐,从而减小了偏心的影响。

## 5 结束语

(1) 高层结构设计应采用整体计算的两步法,即上部结构应与地下室分开计算。虽然计算量相对多一些,但能更好地反映结构物风荷载及地震作用情况,计算结果比一次计算办法(即将地下室与上部结构联合一起计算)要精确。

(2) 对于不规则框剪结构,例如建筑物的平面阶梯形内收等,其框架剪力的调整不能按底部剪力调整,否则会使上部楼层框架内力放大太多,非常不合理。一种可行的方法,是将建筑物沿竖向划分为比较均匀的几段,每段均按本段底层的剪力来调整。即分段调整方法。

(3) 结构概念设计,无论《规程》或其它书上说的大多是些大的原则方面的问题。20 世纪的今天,世界经济飞速发展,建筑创作更是空前活跃,体型多变的高层建筑不断涌现,因而不规则高层建筑对地震的反应比规则建筑复杂得多,这就不是几本规范或几个公式所能包括的。这是对结构设计者的挑战。设计者必须因地因时制宜,不拘泥于某些条条框框,要敢于创新,有许多技术问题亟待于我们去探索和研究。

## 参 考 文 献

- 1 赵西安.高层建筑结构实用设计方法.第二版.上海:同济大学出版社,1992.271~311
- 2 刘大海,杨翠如,钟锡根.高楼结构方案优选.西安:陕西科学技术出版社,1992.185~188
- 3 包世华,方鄂华.高层建筑结构设计.北京:清华大学出版社,1985.455~456
- 4 程懋.关于高层建筑结构设计的一些建议.建筑结构学报,1997,(2):6~7

# Structural Analysis and Conceptual Design of Hualian Commercial Mansion in Zhangzhou

Lin Junna

(Xiamen Inst. of Arch. Design, 361003, Xiamen)

**Abstract** Combining with structural design of Hualian commercial mansion in Zhangzhou, a study is made on conceptual design of structure and adjustment method of frame shear in irregular frame shear structure; and a two-step computing method is proposed for overall computing. The adoption of the method will make the computing results of foundation and cellar and upper structure even more rational. It may serve a reference for engineering design.

**Keywords** conceptual design of structure, irregular frame shear structure, frame shear adjustment