

# 高层框支剪力墙结构计算分析<sup>\*</sup>

陈 彩 云

(厦门建盛房地产公司, 厦门 361012)

**摘要** 提出高层建筑底部大空间框支剪力墙结构设计的剪切刚度比控制问题. 对框支梁、框支柱及框支梁以上 3 层的墙体设计, 应在有限元分析后再进行断面设计等方面作了阐述.

**关键词** 框支剪力墙, 剪切刚度比, 框支梁, 框支柱, 藕连计算

**分类号** TU 973. 2

近年来, 我国高层建筑向多功能、综合性发展. 功能上要求在建筑物底部形成不同的空间, 底层大空间框支剪力墙结构就此应运而生. 这种结构体系广泛运用在上部为住宅、写字楼, 下部为商场或大堂及酒店等综合性建筑中. 本文以某高层框支剪力墙结构为例, 阐述这种结构的受力特点, 并对框支剪力墙结构设计提出了切合实际的处理建议.

## 1 工程概况及分析过程

某高层建筑地下 2 层, 地上主体 31 层, 加上电梯机房和水箱间等 3 层小塔楼共 34 层. 1~3 层为商场, 4 层为屋顶花园, 4 层以上为住宅. 由于使用功能的要求<sup>[1]</sup>, 本工程采用框支剪力墙结构. 框支层(设在第 4 层)及标准层结构平面, 如图 1 所示.

在底部大空间框支剪力墙结构中, 落地剪力墙的数量对结构设计是个关键问题. 为了保证底部大空间部分有充分的刚度, 防止沿竖向刚度变化过于悬殊, 需要控制框支层上下两层的剪切刚度比. 本工程两个主轴方向的剪切刚度比( $r$ )计算, 其  $X, Y$  方向分别为

$$r_x = \frac{G_{j+1}A_{j+1}}{G_iA_i} \frac{h_i}{h_{i+1}} = 1.563,$$

$$r_y = \frac{G_{i+1}A_{i+1}}{G_iA_i} \frac{h_i}{h_{i+1}} = 1.515.$$

它们均符合抗震规范规定的限值.

在本工程中, 有三点问题值得关注. (1) 由于功能上的要求, 本工程的核心筒及附近的剪力墙不能对称, 但外围的其它部分均可对称布置. 在地震作用和主体结构分析时, 是否考虑藕连计算以及由此对结果、结构产生何种影响, 是每个工程都会遇到的问题. (2) 对于本工程底部存在框支层的框支剪力墙结构, 其主体结构变形有什么特征, 值得讨论. (3) 在框支剪力墙结构中的框支梁、框支柱的强度和配筋的计算中, 用主体结构分析的这部分构件的计算结果,

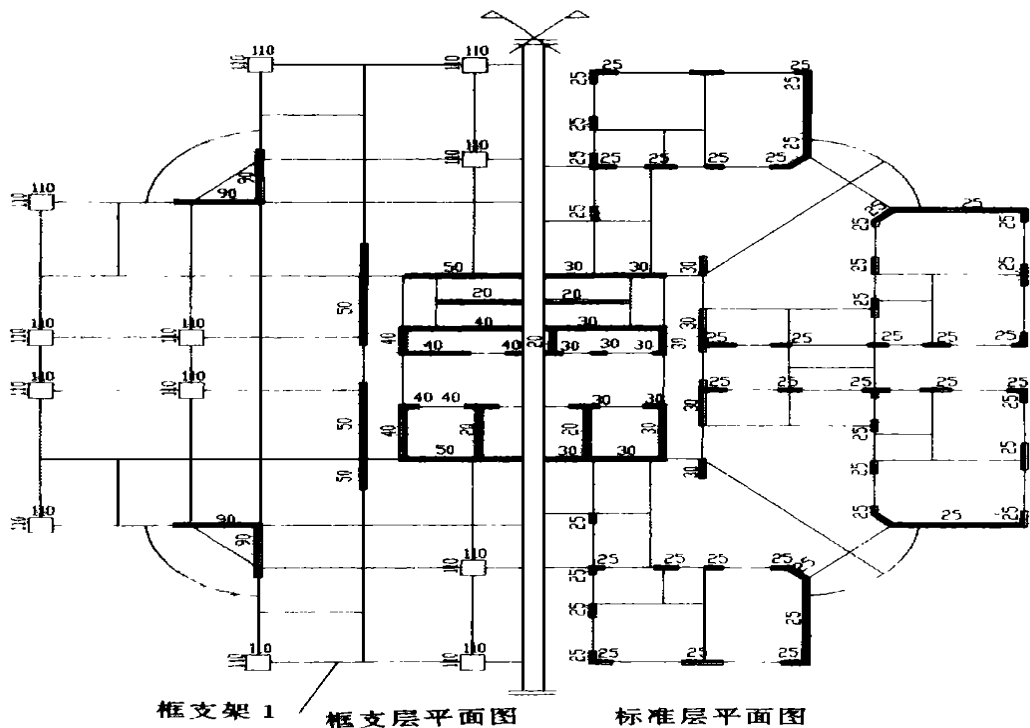


图 1 框支层及标准层结构平面图

能否作为设计依据以及如何使用值得探讨. 这些问题, 我们将通过有限元程序分析后提出了自己的见解.

2 计算结果分析

2.1 藕连计算结果的影响

算至 ± 0. 00 标高, 附表列出考虑弯扭藕连与不考虑藕连的部分计算结果. 表中周期表征为  $T$ .

附表 考虑弯扭藕连与不考虑藕连的计算结果(s)

条 件	X 方向			Y 方向			扭转	
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_1$	$T_2$
考 虑 藕 连	1. 72	0. 50	0. 28	1. 91	0. 56	0. 30	1. 39	0. 46
不 考 虑 藕 连	1. 73	0. 49	0. 26	1. 92	0. 56	0. 30		

(1) 考虑藕连时的总地震力, 其  $X, Y$  方向分别为  $Q_{x0}=5\,583\text{ kN}$ ,  $M_{x0}=244\,857\text{ kN}\cdot\text{m}$ ;  $Q_{y0}=5\,757\text{ kN}$ ,  $M_{y0}=241\,402\text{ kN}\cdot\text{m}$ . (2) 不考虑藕连时的总地震力, 其  $X, Y$  方向分别为  $Q_{x0}=5\,972\text{ kN}$ ,  $M_{x0}=245\,601\text{ kN}\cdot\text{m}$ ;  $Q_{y0}=5\,774\text{ kN}$ ,  $M_{y0}=236\,703\text{ kN}\cdot\text{m}$ . 从以上计算结果分析, 这种结构布置考虑藕连与不考虑藕连的计算结果相差不大, 而结构自振周期考虑藕连比不考虑藕连略长. 地震总的基底剪力, 由于结构沿  $Y$  轴完全对称, 因此两种情况下  $Y$  方向的地震基底剪力基本相同,  $X$  方向不考虑藕连时的地震剪力大 6%. 在结构方案设计或初步设计阶

段, 为了节省计算机的运算时间及少占机器的空间, 可以不考虑弯扭藕连, 完全能满足设计精度的要求。

## 2.2 主体结构变形分析

从主体结构计算的振型曲线(图2)及变形曲线(图3)分析可知, 本工程从刚度上控制避免

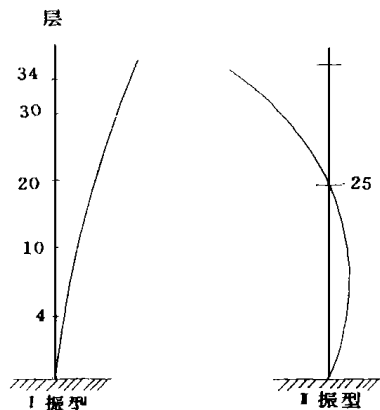


图2 结构振型曲线

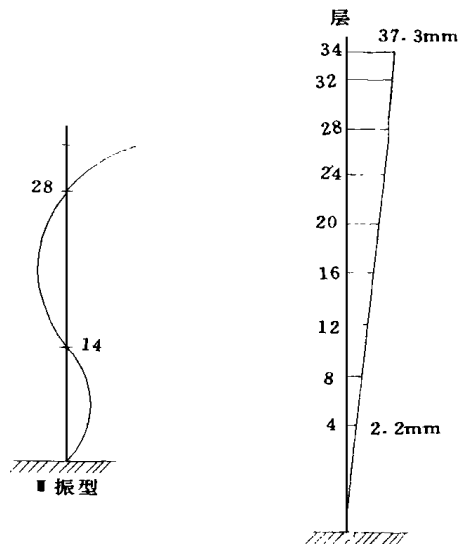


图3 结构变形曲线

了产生刚度突变. 从振型曲线及变形曲线看, 以转换层为界, 转换层(4层)以上的变型明显呈弯曲型. 4层以下的变形特征与框架剪力墙结构相似, 不过从整个变形曲线分析, 基本上仍是平滑的, 说明结构的刚度变化控制是较适宜的. 从框支层处的楼层相对位移也可以反映出这一现象, 该层的相对位移与其它层比较, 没有大的突变. 由此可得出, 这种框支剪力墙结构的变形特点为框支层以上为弯曲型, 框支层以下为剪切型。

## 2.3 框支剪力墙结构分析

框支剪力墙结构在主体结构分析过程中, 框支梁、框支柱作为主体结构的一部分杆件, 在程序输出时含有这部分杆件的内力和配筋. 现以图1中的框支梁1为例, 为了进一步分析比较, 我们用中国建筑科学研究院编制的程序 TBFEM《框支剪力墙平面有限元分析及配筋程序》对框支梁1进行了计算. 单元划分图局部如图4所示, 框支梁以上的墙体取3层共同参与分析, 下面为其计算结果.

(1) 下部配筋控制截面为 4-4 或 5-5 组合内力及配筋, 有  $M_b = 2\,695\text{ kN} \cdot \text{m}$ ,

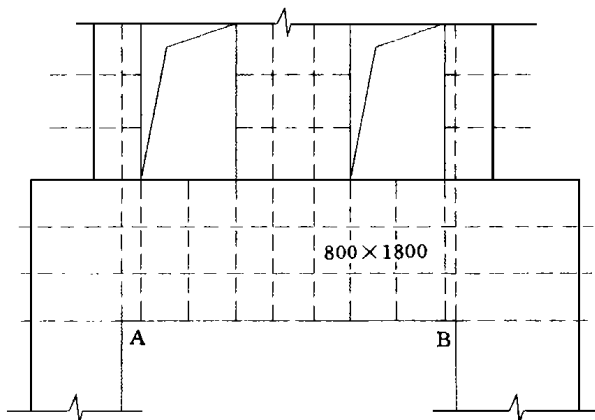


图4 框支梁有限元分析图

$A_{sb} = 49.9 \text{ cm}^2$ ,  $Q = 215 \text{ kN}$ ,  $A_v = 2.9 \text{ cm}^2$ ,  $N_b = 420 \text{ kN}$  (拉力). (2) 上部配筋控制截面 6-6, 有  $M_T = 2\,930 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ,  $A_{st} = 47.0 \text{ cm}^2$ ,  $Q = -992 \text{ kN}$ ,  $A_v = 2.9 \text{ cm}^2$ ,  $N_T = -92.0 \text{ kN}$  (拉力). (3) 抗剪配筋控制截面 A-A, 有  $Q_{\max} = 3\,033 \text{ kN}$ ,  $A_v = 4.9 \text{ cm}^2$ . 从有限元分析结果得知, 框支梁是一个偏心受拉构件, 配筋计算结果与 TBSA 输出结果(图 5) 比较有很大的差异. 下部纵向用钢量经主体分析说明它是有限元分析的 2 倍, 而抗剪配筋按有限元计算为  $A_v = 4.9 \text{ cm}^2$ .

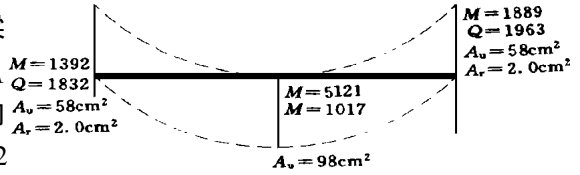


图 5 框支梁 TBSA 输出弯矩包络图

图 5 的 TBSA 输出仅有  $A_v = 2.0 \text{ cm}^2$  (间距  $S = 100 \text{ mm}$ ), 显然又不安全. 通过以上框支梁的计算、比较可以看出, 在框支剪力墙结构设计中, 对于框支柱、框支梁这种重要的构件, 绝对不能简单地按主体分析而输出的结果来设计; 必须进行有限元分析, 否则可能造成工程的浪费或工程的不安全.

### 3 结束语

从以上的分析比较可以得出以下结论. (1) 框支剪力墙结构设计时, 应严格地控制剪切刚度比, 它对整个结构变形及结构安全有着重要的意义<sup>[1]</sup>. (2) 对于框支梁、框支柱及框支梁以上 3 层的墙体, 应进行有限元分析后再进行构件的配筋设计, 不可草率的抄用主体分析的计算结果. (3) 在框支剪力墙结构设计时, 要与建筑师配合. 在框支梁上方应尽量不开洞或不开落在墙上方的门洞<sup>[6]</sup>; 只开窗洞, 此窗台下的墙体可改善框支梁的受力.

### 参 考 文 献

- 1 赵西安. 高层建筑转换层结构设计建议(上). 建筑科学, 1992, (3): 2~9
- 2 赵西安. 高层结构设计. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995. 450~456
- 3 李国胜. 简明高层钢筋混凝土结构设计手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995. 280~281

## Computation, Analysis and Discussion of High-Rise Framed-Shear Wall Structure

Chen Caiyun

(Chief Engineer's Office, Xiamen Jiansheng Real Estate Company, 361003, Xiamen)

**Abstract** Combining with engineering examples of designing high-rise building with large space framed shear wall structure as its lower part, the author advances some views and suggestions on how to control shearing rigidity ratio and on finite element analysis which should be conducted before section design during designing framed beams, framed columns and walls of three floors above framed beams.

**Keywords** framed-shear wall structure, shearing rigidity ratio, framed beams, framed columns, coupling computation