

剪力墙平面布置对框剪结构抗震性能影响

杨万斌,刘玉平,刘丽娟

(河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038)

摘要:本论文通过调整某框架-剪力墙结构的剪力墙平面布置,运用 Sap2000 对各平面布置方案进行模态分析,并应用反应谱进行地震作用计算,探讨剪力墙的平面布置对框架-剪力墙结构地震响应的影响,分析发现,改进后的模型的抗震性能显著提高,并且剪力墙布置在离刚心远的位置,抗扭效果较好。说明,在剪力墙数量一定的情况下,合理的剪力墙平面布置可以有效提高框剪结构的抗震性能。

关键词:剪力墙布置;框剪结构;层间位移角;周期比

中图分类号:TU398.2

文献标识码:A

The influence of different layouts of shear - walls on seismic performance of a RC frame - shear wall structure

YANG Wan - bin, LIU Yu - ping, LIU Li - juan

(College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: Based on adjusting the plane layout of shear wall with a frame - shear wall structure, the modal of each plane layout scheme was analyzed by using Sap2000 and the seismic action was calculated by using response spectrum method. The influence of plane layouts of shear wall on frame - shear wall structure seismic response was investigated. It was found that the seismic performance of the improved model was significantly improved, and the longer the distance of shear walls to the center of rigidity was, the better the torsional effect will be. The reasonable shear wall layout could effectively improve the seismic performance of a frame shear structure.

Key words: shear wall layout; frame - shear wall structure; displacement angle; floor displacement

在框架剪力墙结构中,剪力墙的刚度往往比框架的刚度大得多,所以剪力墙的刚度的大小在很大程度上决定了整个结构的刚度,因而,在进行框架剪力墙结构设计时,往往通过增加剪力墙数量,或者加大剪力墙的截面尺寸,增强其抗侧刚度,但是如果主体抗侧刚度过大,结构自振周期较短,地震作用加大,地基基础的负担加大,且此时结构的截面和相应的构造配筋增加,不经济;此外还会造成结构所占面积、空间加大,影响建筑物作用,降低建筑平面利用系数,不合理^[1]。对此,黄世敏等^[2]通过研究,提出了采用竖向构件分类的方法确定最优剪力墙数量。但在剪力墙数量已经确定的情况下,如何布置剪力墙却是设计人员所面临的另一个问题。秦力等^[3]利用 Satwe 分析

了剪力墙平面布置对异形柱框架剪力墙结构地震响应影响分析,说明结构的动力特性随剪力墙的布置的不同而发生变化。由此,笔者尝试在剪力墙数量和刚度已定的情况下,利用 Sap2000 有限元软件分析剪力墙平面布置对框架剪力墙结构的影响,并通过一工程实例研究这个问题。

1 工程概况及设计方案

该工程为 12 层的现浇钢筋混凝土框剪结构,底层层高 4 m,其余各层层高均为 3.3 m,总高 40.3 m,抗震设防烈度 8 度,II 类场地,设计地震分组为第一组。边柱及角柱截面尺寸 700 mm × 700 mm,其余柱子截面尺寸 600 mm × 600 mm,主梁 300 mm × 600 mm,次梁 200 mm × 400 mm,剪力墙

厚 200 mm, 楼板厚 120 mm。柱和剪力墙采用 C40 混凝土, 梁和板采用 C30 混凝土。

根据研究目的, 设计 3 种剪力墙平面布置方案, 如图 1 所示。方案 1 的剪力墙垂直于外边缘, 分别布置在 C、D、3、6 轴上, 方案 2 的剪力墙布置在边缘的角部。方案 3 的剪力墙沿外边缘分别布置在 B 与 C 轴间、D 与 E 轴间、2 与 3 轴间、6 与 7 轴间。

2 结构计算分析

通过运用 Sap2000 结构设计软件对该框剪剪力墙结构进行了计算, 初步了解该框剪结构的动力特性, 通过对三个方案进行模态分析, 得到各自的振型、自振周期、质量参与系数, 并进行比较。方案的前 3 阶实体振型见图 2 - 图 4。

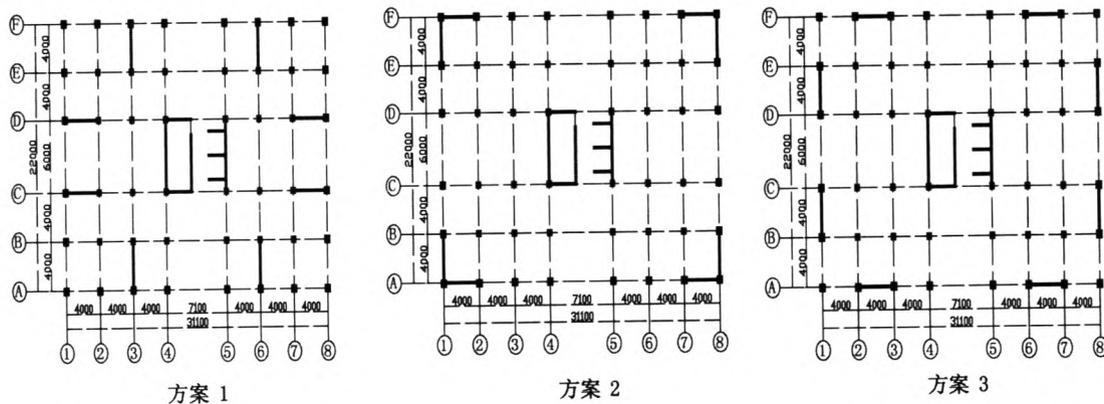


图1 剪力墙布置方案

Fig.1 The layout scheme of shear walls

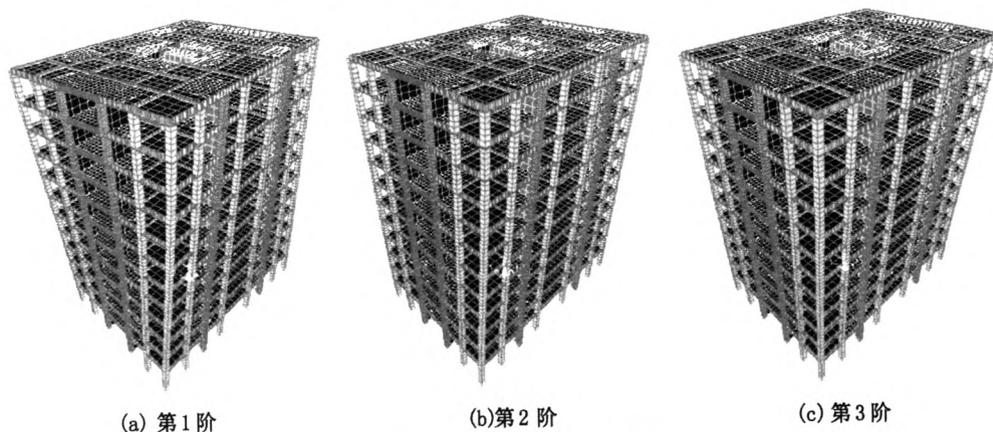


图2 方案1的1、2、3阶振型图

Fig.2 1、2、3 step vibration mode figure of scheme 1

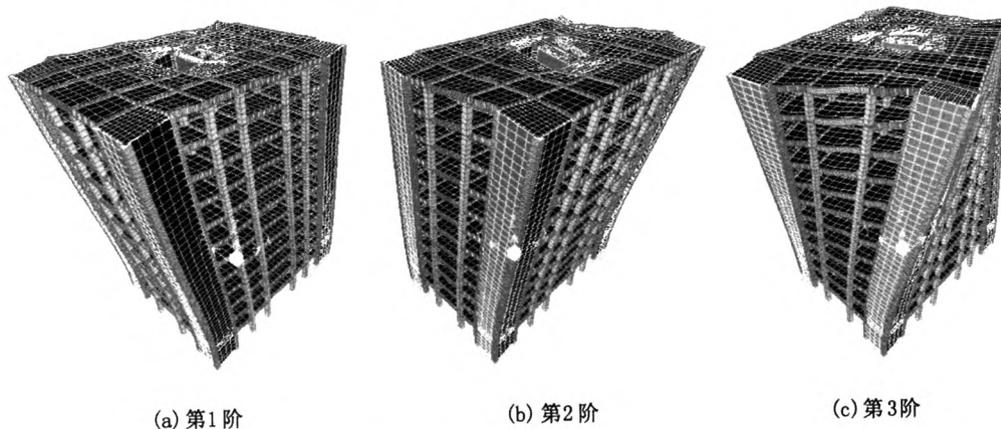


图3 方案2的1、2、3阶振型图

Fig.3 1、2、3 step vibration mode figure of scheme 2

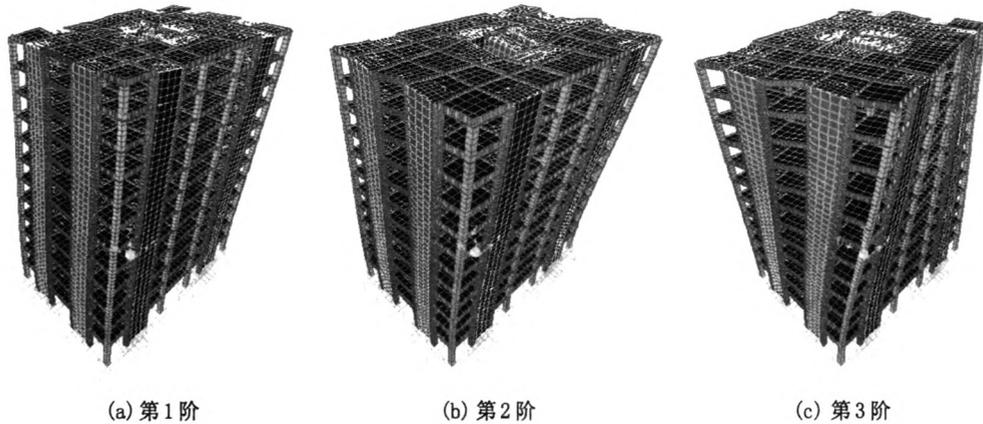


图4 方案3的1、2、3阶振型图

Fig.4 1、2、3 step vibration mode figure of scheme 3

表 1 三种方案的前 3 阶周期及质量参与系数

Tab.1 The period and coefficient of mass participation of three schemes

阶数	方案 1				方案 2				方案 3			
	周期/s	U_x	U_y	R_z	周期/s	U_x	U_x	R_z	周期/s	U_x	U_x	R_z
1	0.83	0.06	0.03	0.69	0.755	0.72	0	0	0.777	0.71	0	0
2	0.792	0.67	0	0.06	0.688	0	0.71	0	0.678	0	0.7	0
3	0.685	0	0.7	0	0.54	0	0	0.7	0.609	0	0	0.7

2.1 自振周期和质量参与系数

经过对各设计方案进行模态计算分析,得出三种方案的前 3 阶自振周期和质量参与系数,详见表 1。

在剪力墙数量相同的前提下,由于剪力墙布置方式不同,方案 2 的周期比方案 1 减少 9%,方案 3 比方案 1 减少 6%,由此可见,在结构质量相同的情况下,方案 2 的剪力墙布置方案使得结构刚度最高。此外,方案 1、2、3 的第 18 阶振型参与质量系数均为 0.94,满足规范规定的 90% 以上的质量参与系数的要求。

通过质量参与系数判断结构前 3 个周期的平扭属性,方案 1 第一阶振型为绕 z 轴的扭转为主,并附带沿 x、y 方向的平动;第 2 阶为沿 x 方向的平动振型为主,并附带沿 z 的扭转;第 3 阶为沿 y 方向的平动振型。方案 2 和方案 3 的第 1 阶振型为沿 x 方向的平动振型,第 2 阶振型为沿 y 方向的平动振型,第 3 阶振型为扭转振型。

由上分析可知,方案 2、3 符合高规关于高层振型第 1、2 阶不能以扭转为主的规定,较方案 1 有更好的整体性能。

2.2 周期比

扭转周期与平动周期之比是控制结构扭转效

应的重要指标,是结构扭转刚度、扭转惯性量分布大小的综合反映,《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010 规定“结构扭转为主的第一自振周期 T_t 与平动为主的第一自振周期 T_1 之比,A 级高度不应大于 0.9,B 级高度高层建筑、混合结构高层建筑及本规程第 10 章所指定的复杂高层建筑不应大于 0.85^[4]”。该工程三种方案的周期比如表 2 所示。

表 2 三种方案的周期比

Fig.2 The period ratio of three schemes

方案	周期比
1	1.05
2	0.676
3	0.78

由表 2 可以看出,方案 1 的周期比不满足《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010 规定,方案 2、3 的周期比满足要求,并且方案 2 的结构刚度布置较方案 3 来说更合理。

2.3 结构侧移和层间位移角

在正常使用条件下,高层建筑处于弹性状态,并且应有足够的刚度,避免产生过大的位移而影响结构的承载能力、稳定性和使用要求^[6]。

根据《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010 和《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 规

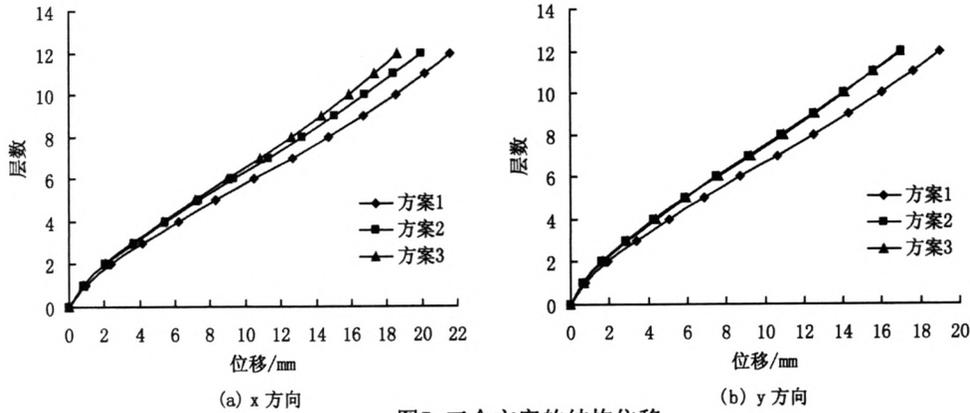


图5 三个方案的结构位移

Fig.5 Structure displacement of three schemes

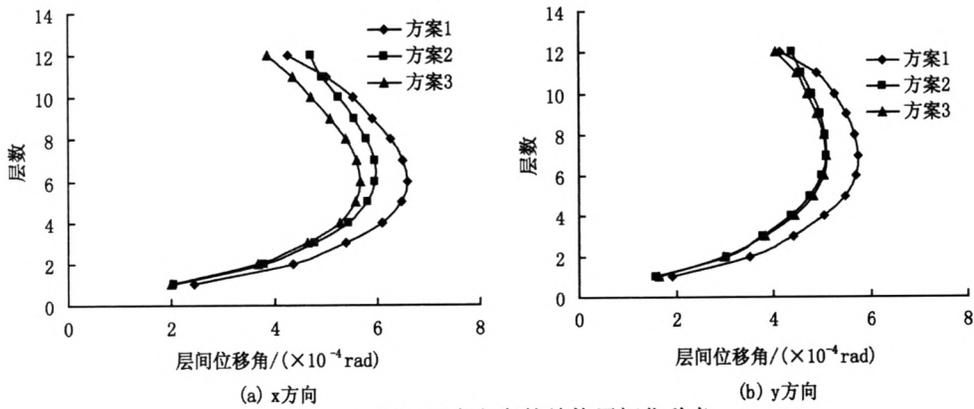


图6 三个方案的结构层间位移角

Fig.6 Story drift angle of three schemes

定,采用振型分解反应谱法,分别对建筑结构两个主轴方向计算水平地震作用,并计算出本工程三个方案两个主轴方向的结构位移以及层间位移角,如图5,图6所示。

由图3结构位移可得,方案2的最大节点位移, x 方向比方案1减少了8%, y 方向比方案1减少了10%;方案3的最大节点位移, x 向比方案1减少了13%, y 方向比方案1减少了11%。由此可说明,方案3的剪力墙布置方案较方案1、2来说抗震性能更好一些。由图6可得,方案1的最大层间位移角, x 、 y 方向分别为 $1/1\ 518$ 、 $1/1\ 759$;方案2的最大层间位移角, x 、 y 方向分别为 $1/1\ 678$ 、 $1/1\ 968$;方案3的最大层间位移角, x 、 y 方向分别为 $1/1\ 757$ 、 $1/1\ 960$;因此除方案1外,结构层间位移角均小于《建筑抗震设计规范》GB50011-2010中规定的在多于地震作用下框架剪力墙结构弹性层间位移角限值 $1/800$ ^[5]。

3 结论

从结构的周期、侧移及层间侧移角分析可知,剪力墙布置在结构四角和四边的方案2、3的刚度

都较布置靠内部的方案1大;由周期比可知,剪力墙布置于结构四角的方案2的刚度布置更合理,并且剪力墙布置在离刚心远一点的位置,抗扭效果较好。

参考文献:

- [1] 胡启平,王颖. 框剪结构动力时程分析的精细积分法[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2011, 28(1): 5-8.
- [2] 黄世敏,魏珺,程绍革,等. 地震区框架剪力墙结构最优剪力墙数量的研究[J]. 工程抗震, 2003(1): 1-5.
- [3] 秦力,贾小刚,杨延波. 剪力墙平面布置对异形柱框剪结构地震响应的分析[J]. 建筑结构, 2010, 40(1): 54-56.
- [4] 高层建筑混凝土结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [5] GB50011-2010, 建筑抗震设计规范[S].
- [6] 赵蕴林. 5·12大地震后砖混结构房屋抗震加固技术探讨[J]. 四川理工学院学报:自然科学版, 2011, 24(2): 162-166.

(责任编辑 马立)