

文章编号:1673-9469(2010)02-0012-04

小高层钢结构住宅抗震性能研究

史三元¹,侯桂欣¹,苏晓亮²

(1.河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038;2.青岛新华友建工集团股份有限公司,山东 青岛 266101)

摘要:从研究钢结构小高层结构体系的抗震性能出发,分别建立了钢框架、钢框架支撑2种三维空间有限元模型。利用有限元软件分别对2种模型进行了7度和8度抗震设防烈度下的动力特性分析和动力时程分析,并对两种模型动力时程分析结果中的顶点位移和层间位移进行了对比,提出了设置钢支撑对实际工程中小高层钢结构住宅抗震性能的影响。

关键词:钢结构;小高层住宅;抗震性能

中图分类号: TU33

文献标识码: A

Seismic performance on medium high - rise steel structure residence

SHI San-yuan¹, HOU Gui-xin¹, SU Xiao-liang²

(1. College of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan, 056038, China;

2. Qingdao Xinhua Construction Co., Ltd., Shandong Qingdao 266101, China)

Abstract: The three - dimensional space model of the steel frame and the braced steel frame were established for studying the lateral resistant performance of small - tall steel structure residence. The two models' dynamic analysis and time - history analysis on the 7 and 8 degree earthquake intensity were studied by using finite elements software. The two models' the relation of the coping displacement and relative storm displacement were compared, and the seismic performance of setting steel - brace on the practical engineering was proposed.

Key words: steel structural, medium high - rise residence, seismic performance

与其它结构相比,钢结构在使用功能、设计、施工以及综合经济方面都具有优势。杜关记^[1]等人以典型的钢结构住宅为例,研究和探索了多高层钢结构住宅结构体系的选择;米旭峰^[2]进行了非线性弹塑性时程响应分析,总结了钢支撑设计方法对多层框架抗震性能的影响。文献[3-9]则对不同的钢结构体系的多高层住宅,进行了设计参数、技术经济指标等方面的研究。本文从研究钢结构小高层结构体系的抗震性能出发,分别建立了钢框架、钢框架支撑2种三维空间有限元模型,试图分析不同的抗震烈度区下抗震性能的变化规律。

1 建立模型

本文建立了钢框架和钢框架支撑两种结构体系的三维空间有限元模型,并利用 SAP2000 有限元分析软件对模型进行了动力分析。

1)模型的建立:一幢11层的住宅楼,层高3m,建筑面积3 872m²,平面为矩形,局部凹进去4m;轴线长32m,宽12m;无地下室。钢框架结构、钢框架支撑模型见图1和图2。

2)模型分析条件:进行7度区和8度区地震作用下的动力特性分析和动力响应分析。

3)框架体系主要构件见表1。

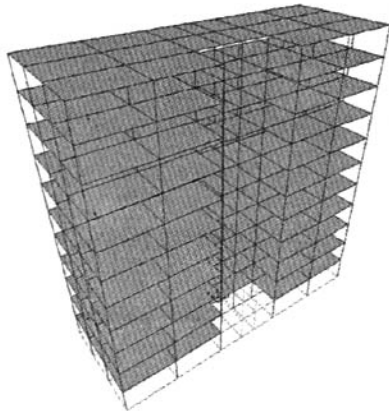


图1 钢框架有限元模型
Fig.1 The finite element model of steel frame

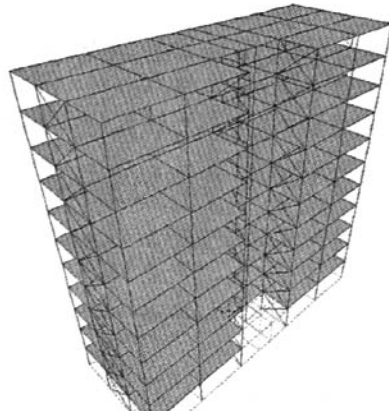


图2 钢框架支撑有限元模型
Fig.2 The finite element model of steel braced frame

表 1 结构体系主要构件表
Tab.1 The main components of the frame system (mm)

构件名	材料	钢框架体系	钢框架支撑体系
钢柱	Q235	H220×206×15×25	H220×206×15×25
钢梁	Q235	H250×220×8×12	H250×220×8×12
钢支撑	Q235	—	H200×200×8×12
楼板	C25	100	100

2 计算原理

小高层建筑结构可以简化为一个多质点体系,其运动微分方程可以表示为

$$[M]\{\ddot{x}(t)\} + [C]\{\dot{x}(t)\} + [K]\{x(t)\} = \{F_p(t)\} \tag{1}$$

在 Δt 时刻,其运动微分方程表示为

$$[M]\{\ddot{x}(t + \Delta t)\} + [C]\{\dot{x}(t + \Delta t)\} + [K]\{x(t + \Delta t)\} = \{F_p(t + \Delta t)\} \tag{2}$$

$[M]$ —结构的质量矩阵; $[C]$ —结构的阻尼矩阵; $[K]$ —结构的刚度矩阵; $\{x(t)\}$ —结构各质点在 t 时刻的位移; $\{\dot{x}(t)\}$ 、 $\{\dot{x}(t + \Delta t)\}$ —结构各质点在 t 、 $t + \Delta t$ 时刻的速度; $\{\ddot{x}(t)\}$ 、 $\{\ddot{x}(t + \Delta t)\}$ —结构各质点在 t 、 $t + \Delta t$ 时刻的加速度; $\{F_p(t)\}$ 、 $\{F_p(t + \Delta t)\}$ —结构在 t 、 $t + \Delta t$ 时刻的动荷载。

数值积分法的计算过程^[7]:假设 $t = 0$ 时刻的状态向量(位移、速度、加速度)已的,将时间求解域 $0 \leq t \leq T$ 进行离散得 $t = 0 + \Delta t$ 时刻的状态向量,进而计算 $t = t + \Delta t$ 时刻的状态向量,直至 $t = T$ 时刻终止,得到动力响应的全过程。

3 结构动力分析

进行7度区和8度区地震作用下的动力特性分析和动力响应分析,得到结构的自振频率,通过动力响应分析得到结构的顶点位移、层间位移分析结果,,进而进行2种结构体系的抗震性能分析。

3.1 结构动力特性分析

通过模态分析得到了2种模型的前10阶振型对应的自振频率(表2)。

表 2 结构的自振频率
Tab.2 The natural frequency of the structure (Hz)

结构体系	第 1 频率	第 2 频率	第 3 频率	第 4 频率	第 5 频率
钢框架	0.357 6	0.386 2	0.454 2	1.079 5	1.157 8
钢框架支撑	0.450 5	0.835 5	0.852 1	1.375 5	2.370 9
结构体系	第 6 频率	第 7 频率	第 8 频率	第 9 频率	第 10 频率
钢框架	1.386 0	1.829 3	1.966 3	2.392 0	2.586 7
钢框架支撑	3.359 9	3.441 8	3.541 0	4.603 3	5.843 5

3.2 结构动力响应分析

对 2 种模型进行地震作用下位移响应进行分析、比较,了解 2 种模型各自的抗震性能。地震动力响应计算采用 ElCentro 地震波,时间间隔为 0.02s,持续时间为 30s,使用于 II 类场地,南北方向,波的峰值加速度为 341.7m/s²。如图 3 所示。

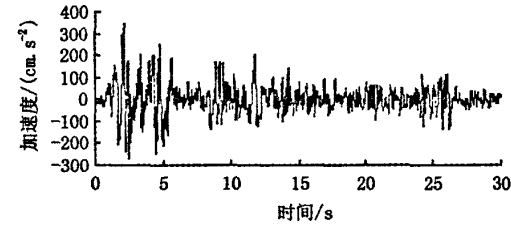


图3 ELCentro南北波曲线
Fig.3 Record of ELCentro earthquake

1)结构的顶点位移:通过程序计算得出两种结构体系在在地震烈度为 7 度、8 度下的顶点位移时程曲线(Y 向)。如图(4-7)。

通过以上位移时程有限元分析,可以得到 3 种结构体系 Y 向的顶点最大位移值(表 3)。

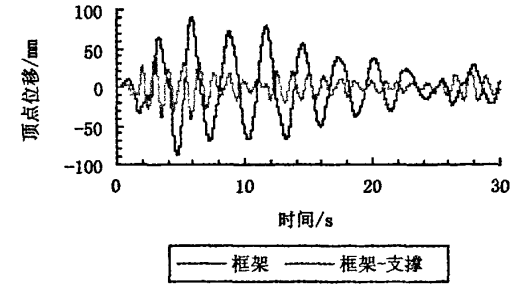


图4 7度0.1g时的顶点位移时程曲线
Fig.4 Vertex displacement of seven degree 0.1g

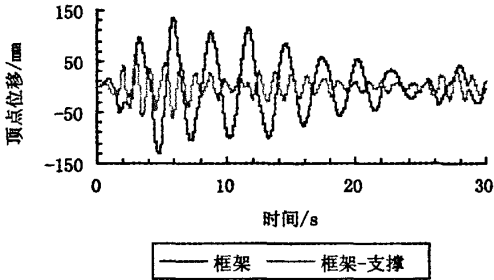


图5 7度0.15g时的顶点位移时程曲线
Fig.5 Vertex displacement of seven degree 0.15g

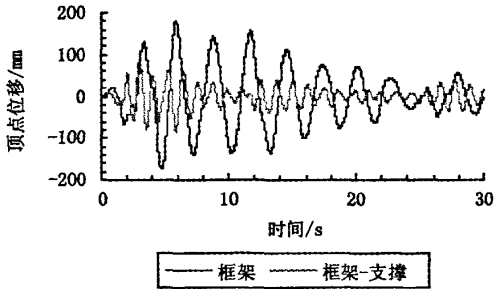


图6 8度0.2g时的顶点位移时程曲线
Fig.6 Vertex displacement of eight degree 0.2g

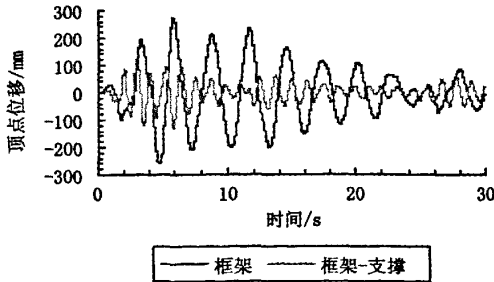


图7 8度0.3g时的顶点位移时程曲线
Fig.7 Vertex displacement of eight degree 0.3g

表3 顶点最大位移值

Tab.3 The Maximum of vertex displacement

结构体系	顶点位移/mm			
	7度0.1g	7度0.15g	8度0.2g	8度0.3g
钢框架	89.97	134.8	179.9	269.6
钢框架支撑	42.09	63.06	84.18	123.2

由以上数据可得出如下结论:2种结构体系在Y向地震波作用下,随着地震加速度的增加,各结构体系的顶点最大位移也在增大;并且结构体系的顶点最大位移随结构体系的Y向抗侧刚度的增大而减小;因此加上支撑的结构体系的顶点最大位移明显低于纯钢框架结构体的顶点最大位移。

2)结构的层间位移:2种结构体系的最大层层间位移曲线见图8、图9。

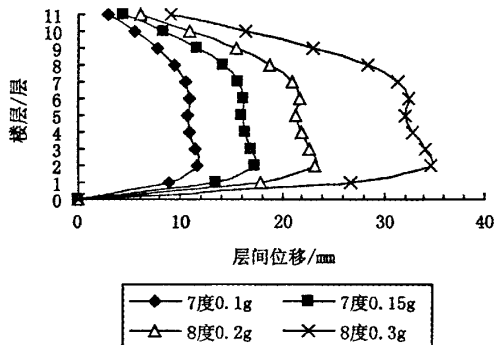


图8 框架体系最大层间位移曲线

Fig.8 The maximum story displacement curve 1 of steel frame

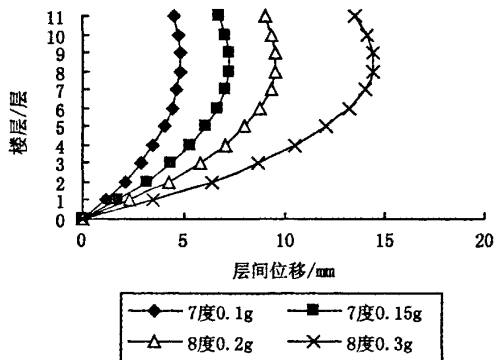


图9 框架支撑体系最大层间位移曲线

Fig.9 The maximum story displacement curve 1 of steel braced frame

由以上层间位移曲线可以看出:3种结构体系的相对层间位移随着地震加速度的增大而增大;

纯钢框架的层间位移比加设支撑的层间位移的最值明显大很多,说明增加结构的抗侧刚度的同时能够减小结构的层间位移;Y向地震波作用下,纯钢框架的层间位移最大值出现的位置为第2层、钢支撑结构为第8层,充分证明了钢框架结构体系的变形为剪切型结构,而加设支撑体系的钢框架结构的变形为弯剪型结构。

4 结论

1)在小高层钢框架结构体系中,随着地震烈度的增大,钢框架结构的侧移增大非常明显,所以在地震烈度比较大的地区,对小高层结构体系不宜建造钢框架结构体系。

2)钢框架-中心支撑体系的侧向刚度比钢框架结构体系的侧向刚度大,所以钢框架-中心支撑体系的侧向位移比钢框架结构体系的侧向位移明显减小很多,同时由于侧向刚度的增大,其自振频率也有所增大。

3)地震波经过不同场地过滤与选择性放大之后,作用于上部主体结构的地震波的周期成份有所变化,钢框架-支撑结构的自振周期比钢框架结构的自振周期小,为了防止结构在使用过程中因其自振周期与场地卓越周期相近而造成的共振,应根据不同的场地选择与其相适应的结构体系。

参考文献:

- [1] 杜关记.多高层钢结构住宅体系抗震性能有限元分析[D].长春:吉林大学,2007.
- [2] 米旭峰.钢支撑设计方法对多层框架抗震性能的影响研究[J].江苏科技大学学报(自然科学版),2008,22(2):25-30.
- [3] 刘良胤.多高层钢结构住宅几种结构类型的研究[D].武汉:武汉理工大学,2006.
- [4] 郑添.多高层钢结构住宅结构体系的优选研究[D].南京:东南大学,2005.
- [5] 何路衡,杨建军,刘观云.七度抗震烈度下多层钢结构住宅体系及性能研究[J].甘肃科技,2008,24(8):98-102.
- [6] 张程.钢结构小高层住宅设计研究与技术经济分析[D].北京:清华大学,2008.
- [7] 彭俊生,罗永坤,彭地.结构动力学、抗震计算[M].成都:西南交通大学出版社,2006.
- [8] 王涛,孟丽岩,孙景红,等.框架-剪力墙结构的弹塑性地震反应[J].黑龙江科技学院学报,2008,18(6):455-460.
- [9] 史三元,郭维光,陈鑫,等.高层钢结构抗震能体系的力学性能分析[J].河北工程大学学报(自然科学版),2008,25(4):1-3.

(责任编辑 马立)

作者: [史三元](#), [侯桂欣](#), [苏晓亮](#), [SHI San-yuan](#), [HOU Gui-xin](#), [SU Xiao-liang](#)
作者单位: [史三元, 侯桂欣, SHI San-yuan, HOU Gui-xin\(河北工程大学, 土木工程学院, 河北, 邯郸, 056038\)](#), [苏晓亮, SU Xiao-liang\(青岛新华友建工集团股份有限公司, 山东, 青岛, 266101\)](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING\(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2010, 27(2)
被引用次数: 5次

参考文献(9条)

1. [杜关记](#) [多高层钢结构住宅体系抗震性能有限元分析](#) 2007
2. [米旭峰](#) [钢支撑设计方法对多层框架抗震性能的影响研究](#)[期刊论文]-[江苏科技大学学报\(自然科学版\)](#) 2008(02)
3. [刘良胤](#) [多高层钢结构住宅几种结构类型的研究](#)[学位论文] 2006
4. [郑添](#) [多高层钢结构住宅结构体系的优选研究](#)[学位论文] 2005
5. [何路衡](#); [杨建军](#); [刘观云](#) [七度抗震烈度下多层钢结构住宅体系及性能研究](#)[期刊论文]-[甘肃科技](#) 2008(08)
6. [张程](#) [钢结构小高层住宅设计研究与技术经济分析](#) 2008
7. [彭俊生](#); [罗永坤](#); [彭地](#) [结构动力学、抗震计算](#) 2006
8. [王涛](#); [孟丽岩](#); [孙景红](#) [框架-剪力墙结构的弹塑性地震反应](#)[期刊论文]-[黑龙江科技学院学报](#) 2008(06)
9. [史三元](#); [郭维光](#); [陈鑫](#) [高层钢结构抗震能体系的力学性能分析](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2008(04)

本文读者也读过(6条)

1. [张晓光](#), [黄涛](#), [巢斯](#), [沈懿洁](#), [ZHANG Xiao-guang](#), [HUANG Tao](#), [CHAO Si](#), [SHEN Yi-jie](#) [某体育场钢屋盖抗震性能分析](#)[期刊论文]-[建筑钢结构进展](#)2009, 11(3)
2. [李兵健](#) [高层钢筋混凝土房屋抗震设计分析](#)[期刊论文]-[城市建设](#)2010(9)
3. [唐敢](#), [朱奕锋](#), [曾滨](#), [Tang Gan](#), [Zhu Yifeng](#), [Zeng Bin](#) [吉林速滑馆悬索钢结构屋盖稳定及抗震性能分析](#)[期刊论文]-[应用力学学报](#)2009, 26(3)
4. [史三元](#), [侯桂欣](#), [苏晓亮](#) [小高层钢结构住宅抗侧性能研究](#)[期刊论文]-[硅谷](#)2010(3)
5. [王先华](#), [邓铁军](#), [Wang Xianhua](#), [Deng Tiejun](#) [地震作用下高层钢-混组合结构的抗震性能分析](#)[期刊论文]-[动力学与控制学报](#)2010, 08(2)
6. [周云](#), [王烨华](#), [邓雪松](#), [陈麟](#), [汤统壁](#), [Zhou Yun](#), [Wang Yehua](#), [Deng Xuesong](#), [Chen Lin](#), [Tang Tongbi](#) [高层钢结构性能目标的建立](#)[期刊论文]-[钢结构](#)2007, 22(6)

引证文献(5条)

1. [周书敬](#), [薄涛](#), [史三元](#) [混合算法在轻钢结构优化设计中的应用](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(2)
2. [周书敬](#), [潘靖](#) [基于改进蚁群算法的钢管混凝土构件的优化](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(4)
3. [史三元](#), [穆金花](#) [SPSW对钢框架结构体系抗震性能影响分析](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(4)
4. [陈少杰](#), [韩航波](#) [钢结构住宅体系抗震性能](#)[期刊论文]-[西安科技大学学报](#) 2014(1)
5. [赵春香](#), [杨德生](#), [齐辉](#), [戴君武](#), [熊立红](#) [砌体墙片抗震破坏有限元分析](#)[期刊论文]-[黑龙江科技学院学报](#) 2011(3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb201002004.aspx