

文章编号:1673-9469(2011)03-0001-04

钢骨-钢管混凝土框架结构抗震性能比较

谭燕秋¹,韩旭飞¹,史三元¹,张宏磊²

(1.河北工程大学 土木工程学院,河北 邯郸 056038;2.中国新兴保信建设总公司,北京 100079)

摘要:运用 SAP2000 有限元分析软件对钢骨-钢管混凝土框架结构进行模态分析和地震响应弹塑性时程分析,并结合 8 层钢管混凝土框架结构和钢骨-钢管混凝土框架结构工程进行比较。结果表明:不同地震波作用下,钢骨-钢管混凝土框架结构层间位移最大值、顶层的最大层间位移角、水平向加速度峰值及基底剪力最大值均小于钢管混凝土框架结构,其抵抗水平地震作用的能力优于钢管混凝土框架结构,对地震的响应弱于钢管混凝土框架结构,对地震的迟滞作用好于钢管混凝土框架结构。

关键词:钢骨-钢管混凝土;框架;抗震性能;弹塑性时程分析

中图分类号: TU375

文献标识码: A

Comparative study on seismic behavior of steel concrete - filled steel tubular composite frame structure

TAN Yan-qi¹, HAN Xu-fei¹, SHI San-yuan¹, ZHANG Hong-lei²

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

2. China Xinxing Baoxin Construction Corporation, Beijing 100079, China)

Abstract: The finite element analysis software SAP2000 was used to conduct modal analysis and seismic response elastic-plastic time history analysis of steel concrete filled steel tubular frame structure, and 8-story concrete-filled steel tubular frame structure and steel concrete filled steel tubular frame structure were compared. The results show that the displacements, the maximum relative storm displacement angle of the top, the peak horizontal acceleration, and the bottom shear force of the steel concrete-filled steel tubular composite frame structure are less than those of the concrete-filled steel tube frame structure under the function of the different kind of seismic wave; and the steel concrete-filled steel tubular composite frame structure has better resistance to the horizontal seismic action, weaker response to the earthquake action and better effect to the hysteresis than the concrete-filled steel tube frame structure.

Key words: steel concrete filled steel tube; frame structure; seismic behavior; elastic-plastic time-history analysis

钢骨-钢管混凝土结构是在钢管混凝土结构中置入钢骨而形成的一种新型结构形式^[1-2],通过钢管、钢骨和混凝土三者协同工作可提高构件的承载力、延性及耐火性,减小构件截面尺寸,增加建筑物使用空间。目前,国内外对钢骨-钢管混凝土抗震性能的研究还主要集中在基本构件方面^[3-7],对组合框架整体结构抗震性研究尚不完善^[8-11]。本文采用 SAP2000 有限元分析软件对 2

栋 8 层钢骨-钢管混凝土框架结构和钢管混凝土框架结构进行了模态分析,并对 2 类结构在不同地震波作用下的位移和加速度进行比较,为该结构抗震设计提供参考。

1 动力弹塑性时程分析

弹塑性时程分析法是将结构视为弹塑性振动体系,直接按照地震波数据输入地面运动,通过相

收稿日期:2011-04-25

基金项目:河北省自然科学基金项目(E2010001012) 特约专稿

作者简介:谭燕秋(1963-),男,河北邯郸人,教授,从事钢结构方面的教学与研究工作。

应积分方式求得结构在每一时刻的动力响应。时程分析的积分方式有多种,本文采用HHT积分法。

多高层建筑在水平地震作用下,产生的平面振动微分方程为

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = [M]\{\ddot{X}_g(t)\} \quad (1)$$

式中 $[M]$ —质量矩阵; $[K]$ —结构抗侧刚度矩阵; $[C]$ —阻尼矩阵。

因 $\ddot{X}_g(t)$ 是随机函数,且在弹塑性反应中刚度矩阵与阻尼矩阵也随时间变化,故只能用数值分析方法求解,故上式转变为增量方程

$$[M]\{\Delta\ddot{X}\} + [C]\{\Delta\dot{X}\} + [K]\{\Delta X\} = [M]\{\Delta\ddot{X}_g(t)\} \quad (2)$$

2 模型分析

2.1 建立

建立二维平面框架结构模型,并利用SAP2000有限元分析软件分别对钢骨-钢管混凝土框架结构和钢管混凝土框架结构进行动力特性分析和动力响应分析。

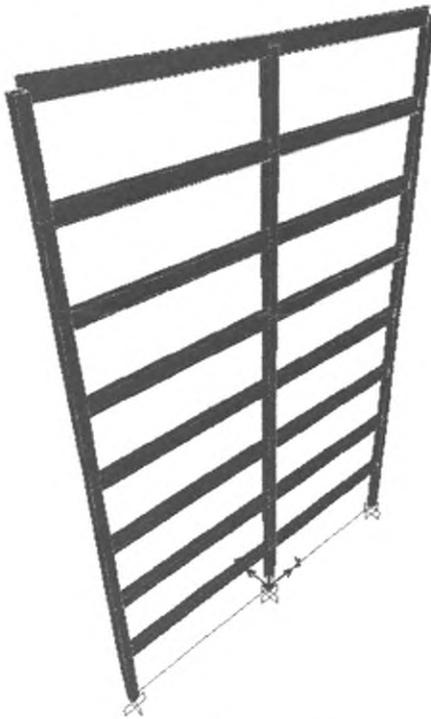
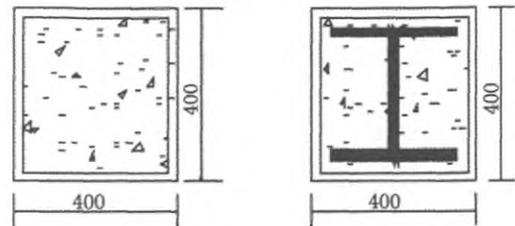


图1 框架模型图

Fig.1 Frame model

分析模型为8层钢骨-钢管混凝土框架结构和钢管混凝土框架结构(如图1所示),模型层高3 m,柱距8 m,钢梁截面采用H600 mm×300 mm×14

mm×23 mm,钢材为Q345。钢骨-钢管混凝土柱截面为400 mm×400 mm,钢材为Q345,混凝土强度等级为C40,钢管壁厚20 mm,钢骨为H300 mm×300 mm×12 mm×12 mm;钢管混凝土柱截面为400 mm×400 mm,钢材为Q345,混凝土强度等级为C40,钢管壁厚20 mm。在SAP2000中,框架梁柱构件由杆单元模拟。该结构按8度抗震设防,场地类别为Ⅱ类,设计地震分组为第二组,场地特征周期为0.40 s,设计基本地震加速度为0.20g。分析2类结构在多种地震波作用下的地震反应。



(a) 钢管混凝土框架柱

(b) 钢骨-钢管混凝土框架柱

图2 框架柱截面

Fig.2 Cross section of the frame column

2.2 动力特性分析

表1给出了钢骨-钢管混凝土框架结构与钢管混凝土框架结构的前10阶自振周期。可以看出,钢骨-钢管混凝土框架结构的自振周期明显小于钢管混凝土框架结构,刚度较钢管混凝土结构有所增加,故在建筑结构中构件截面尺寸一定的情况下,较钢管混凝土结构,钢骨-钢管混凝土结构可使构件刚度更大,抗震性更好。

表1 结构的前10阶自振周期

Tab.1 Top 10 order nature periods of the structures s

阶数	钢骨-钢管混凝土 框架结构	钢管混凝土 框架结构
1	1.787 56	3.432 23
2	0.827 31	1.581 85
3	0.287 29	0.553 42
4	0.269 72	0.408 81
5	0.211 42	0.391 86
6	0.103 18	0.199 27
7	0.088 16	0.172 42
8	0.086 59	0.129 19
9	0.053 01	0.102 56
10	0.048 67	0.092 86

表2 两类结构的地震反应层间位移最大值
Tab.2 Maximum displacements of two kinds of structures mm

层数	钢管-钢管混凝土结构			钢管混凝土结构		
	El Centro	兰州波	唐山波	El Centro	兰州波	唐山波
8	3.949 17	1.590 45	4.124 41	6.266 23	1.590 48	9.841 67
7	3.796 11	1.519 14	3.955 61	6.078 25	1.520 21	9.502 72
6	3.516 43	1.377 67	3.652 57	5.704 11	1.382 05	8.831 62
5	3.100 12	1.180 05	3.211 41	5.132 89	1.183 44	7.831 23
4	2.550 70	0.941 29	2.643 95	4.360 92	0.942 75	6.533 07
3	1.900 06	0.678 00	1.967 72	3.388 08	0.682 16	4.979 42
2	1.169 83	0.406 53	1.213 79	2.233 39	0.421 24	3.228 08
1	0.443 57	0.151 41	0.461 10	0.968 18	0.174 33	1.383 60

2.3 结构地震响应分析

1)位移分析。表2给出了在不同地震波作用下两类结构的地震反应层间位移最大值。可以看出,钢管-钢管混凝土结构和钢管混凝土结构在不同地震波作用下,层间位移值均出现在顶层,但钢管-钢管混凝土结构的层间位移均小于钢管混凝土结构,在El Centro波、兰州波、唐山波作用下,顶层的层间最大位移角分别为1/19 600、1/42 692、1/17 773,钢管混凝土结构顶层的层间位移最大值分别为1/15 959、1/42 070、1/8 850,均未超过规范的层间位移限值1/550,但钢管-钢管混凝土结构顶层的层间最大位移角明显小于钢管混凝土结构。从上面的分析,钢管-钢管混凝土结构由于刚度较大且刚度退化速度小,对地震的响应弱于钢管混凝土结构,即抗震性能优于钢管混凝土结构。

2)加速度分析。两类结构顶层在3种地震波作用下的加速度时程曲线如图3所示。由计算结果知,El Centro波作用下钢管-钢管混凝土结构顶层的最大绝对加速度为 1.904 m/s^2 ,钢管混凝土结构顶层的最大绝对加速度为 1.961 m/s^2 ;兰州波作用下钢管-钢管混凝土结构顶层的最大绝对加速度为 0.697 m/s^2 ,钢管混凝土结构顶层的最大绝对加速度为 1.126 m/s^2 ;唐山波作用下钢管-钢管混凝土结构顶层的最大绝对加速度为 2.175 m/s^2 ,钢管混凝土结构顶层的最大绝对加速度为 2.474 m/s^2 。由此可知,在3种地震波作用下,钢管-钢管混凝土结构的水平向加速度峰值均比钢管混凝土

结构的加速度峰值有所降低。

3)基底剪力分析。表3给出了2类结构在不同地震波作用下基底剪力最大值。

表3 两类结构基底剪力最大值
Tab.3 Maximum shear force of the bottom of two kinds of structures N

地震波	钢管-钢管混凝土结构	钢管混凝土结构
El Centro 波	44 179.04	4 961.97
兰州波	11 533.25	17 952.14
唐山波	54 110.56	79 979.93

由表3可知,钢管-钢管混凝土结构在不同地震波作用下的基底剪力最大值均小于钢管混凝土结构,说明其刚度退化速度慢于钢管混凝土结构,对地震的迟滞作用好于钢管混凝土结构。

3 结论

1)钢管-钢管混凝土框架结构在不同地震波作用下的层间位移最大值、顶层的最大层间位移角均比钢管混凝土框架结构小,说明钢管-钢管混凝土框架抵抗水平地震作用的能力优于钢管混凝土框架。

2)从2类结构顶层的加速度时程曲线来看,钢管-钢管混凝土结构对地震的响应要弱于钢管混凝土结构,说明其抗震性能更好。

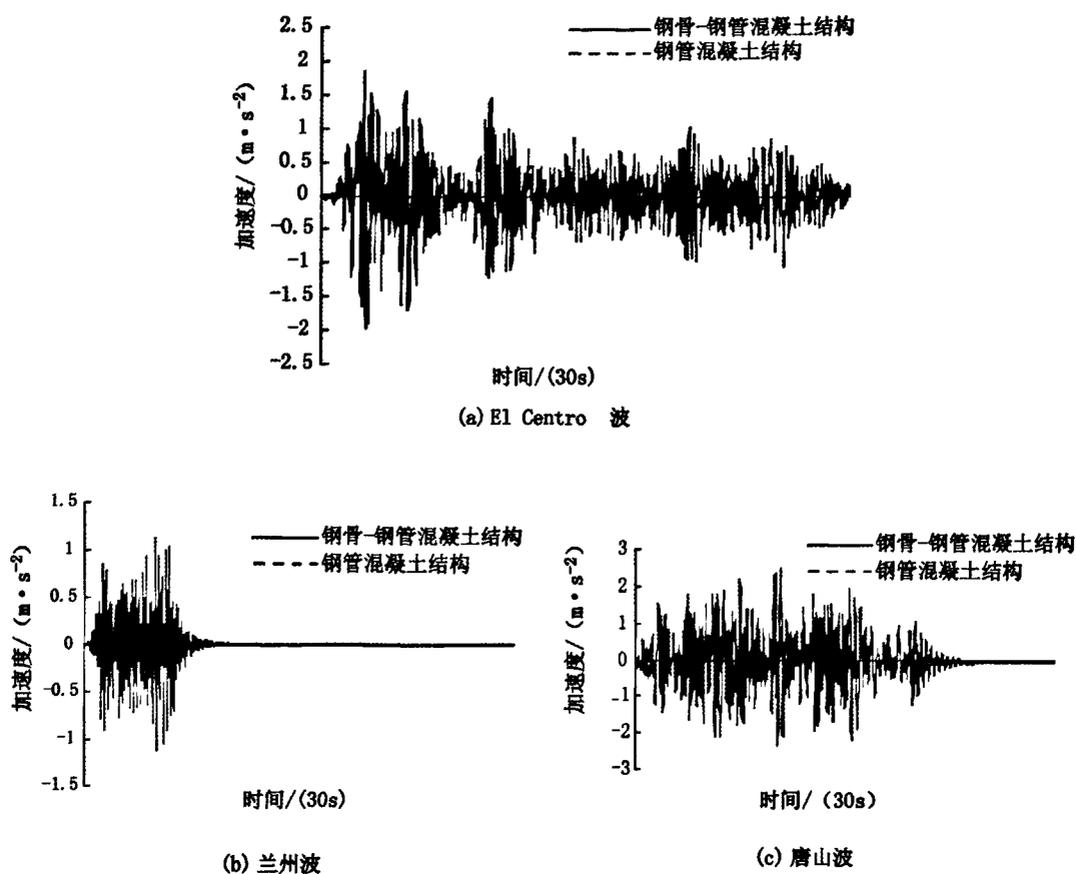


图3 各种地震波作用下2类结构顶层加速度时程曲线图

Fig. 3 Acceleration time history curve diagram of the two structures for different seismic waves of two structure

3)在不同地震波作用下钢骨-钢管混凝土框架的基底剪力最大值小于钢管混凝土框架,说明钢骨-钢管混凝土结构对地震的迟滞作用好于钢管混凝土结构。

参考文献:

- [1] 徐亚丰, 赵敬义, 张世宪, 等. 钢骨-钢管混凝土柱抗震性能试验研究[J]. 建筑钢结构进展, 2009, 11(3): 4-11.
- [2] 徐亚丰, 贾连光. 钢骨-钢管混凝土结构技术[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [3] 王涛, 孟丽岩, 孙景江, 等. 框架-剪力墙结构三维弹塑性地震反应[J]. 黑龙江科技学院学报, 2009, 19(1): 30-33.
- [4] 靳翠军, 刘卫群, 杨小军. 高层建筑结构地震响应问题的ANSYS分析[J]. 黑龙江科技学院学报, 2007, 17(1): 54-58.
- [5] 史三元, 刘春生, 马裕超, 等. 隅撑支撑钢框架结构抗震性能分析[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2009, 26(3): 8-11.
- [6] 魏翠玲, 刘会欣, 韩亚强, 等. 型钢混凝土-钢筋混凝土混合结构的静力弹塑性分析[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2009, 26(3): 12-14.
- [7] 李华, 黎立云. 钢管混凝土组合节点的非线性有限元分析[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2010, 27(1): 25-28.
- [8] 王文达, 韩林海, 陶忠. 钢管混凝土柱-钢梁平面框架抗震性能的试验研究[J]. 建筑结构学报, 2006, 27(3): 48-58.
- [9] 杜国锋, 徐礼华, 许成祥, 等. 钢管混凝土框架结构抗震性能[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009, 41(10): 123-128.
- [10] SAKINO K. Behavior of concrete filled steel tubular stub columns under concentric loading[C]//Proc of the Third Inter Confer On Steel-concrete Composite Structures. Fukuoka: ASCCS, 1991: 25-30.
- [11] G E H B, USAMI T. Cyclic tests of concrete-filled steel box columns [J]. Journal of Structural Engineering, 2000, 122(10): 15.

(责任编辑 马立)