

异形与矩形截面框架柱抗震性能分析

尚军

(天津城建大学 土木工程学院,天津 300384)

摘要:为研究平面不规则异形柱框架结构的抗震性能,本文以实际工程为背景,按照等刚度原则建立异形柱框架与矩形柱框架结构计算模型。运用 PKPM 有限元程序对计算模型进行弹性及弹塑性静力计算分析,从而计算出两种结构的弹性位移、扭转系数及结构的抗倒塌性能等结构抗震性能指标。结果表明,L型平面不规则异形柱框架结构在7度(0.15g)抗震烈度 l/b_{\max} 、 l/b 及高度超限的情况下仍然具有较好的抗震性能,且优于等刚度矩形柱框架结构。

关键词:L型平面;异形柱框架结构;矩形柱框架结构;抗震性能分析

中图分类号:TU375.4

文献标识码:A

A Comparison of seismic behavior between specially shaped and rectangular cross section column frame structure

SHANG Jun

(School of Civil Engineering, Tianjin Institute of Urban Construction, Tianjin 300384, China)

Abstract: In order to research the seismic behavior of specially shaped columns frame structure of L-shape, this paper establishes specially shaped and same stiffness rectangular column frame structure model based on an actual project. This paper used PKPM software to calculate the models of elastic and elastic-plastic behavior and to get the elastic displacement, torsional coefficient and the collapse of the performance of the structures. The results showed that specially shaped columns frame structure of L-shape had a good seismic behavior under 7 degrees (0.15g) ground, also were better than the rectangular column frame structure seismic behavior.

Key words: L-shape plane; frame structure with specially shaped columns; frame structure with rectangular columns; seismic behavior analysis

异形柱柱肢宽度与墙体相同,所以异形柱结构体系避免以往矩形柱框架结构中竖向承重构件凸出墙体的现象,同时也增加了室内的使用面积,因此这种结构体系被开始广泛运用于多、高层住宅建筑中。异形柱结构体系是由截面呈L形、T形和十字形等的柱作为结构的主要竖向承重构件,异形柱相比矩形柱而言由于其截面的不规则性与不对称性使其在水平荷载或偶然荷载作用下,其受力与变形较为复杂^[1-7]。L形平面不对称结构更易产生扭矩作用,本文依托实际工程为计算模型,按照异形柱截面等刚度的原则把异形柱框架换算为矩形框架结构,通过对比分析两种结

构的抗震性能,来判别L型平面不规则异形柱在地震作用下的可靠性,以便为类似工程提供参考。

1 工程概况

1.1 结构主要参数

本工程为某企业拟新建宿舍楼,共8层、局部9层,建筑总高度为27.6m,底层层高为3.6m,其他层高为3m。建筑结构平面布置如图1所示。结构体系为异形柱框架结构,抗震设防类别为丙类,设计使用年限50年,抗震设防烈度7度(0.15g),场地类别为II类,设计地震分组第二

组,框架抗震等级为二级。

本工程平面尺寸指标 $l/B_{max} = 0.60$ 、 $l/b = 3.1$,均远大于《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ186-2010)^[8]限值的规定,因此属于平面不规则类型结构。结构总高度 27.6 m 大于《混凝土异形柱结构技术规程》(JGJ149-2006)^[9]框架结构 7 度(0.15 g)18 m 限值的规定。

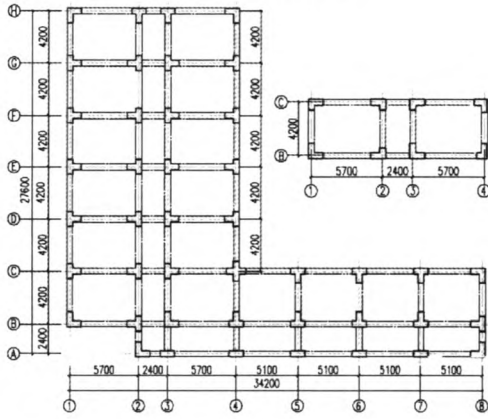


图1 结构平面布置图

Fig.1 Floor plane of the structure

1.2 矩形柱框架计算模型的确立

矩形柱框架结构的平面布置与异形柱框架结构相同,只对异形柱按照柱截面刚度相等的原则进行换算,换算结果见表 1。

表 1 异形柱与矩形柱截面换算

Tab.1 The cross-section translation between specially shaped and rectangular column

项目	L 形截面		T 形截面		十字形截面
异形柱结构	240 × 600	240 × 520	240 × 420	240 × 600	240 × 800 × 280 × 240 × 280 × 280
矩形柱结构 b × h	528 × 528	468 × 468	390 × 390	469 × 549	601 × 601

表 2 结构周期对比

Tab.2 Period of structure contrast

结构	项目	结构振型(部分振型)						
		1	2	3	4	5	6	7
异形柱结构	结构周期	0.929 2	0.902 2	0.801 9	0.299 4	0.292 2	0.258 3	0.172 9
	扭转系数	0.00	0.01	0.98	0.01	0.02	0.97	0.00
矩形柱结构	结构周期	1.050 7	1.012 6	0.929 2	0.335 7	0.324 0	0.298 3	0.190 8
	扭转系数	0.00	0.00	0.99	0.01	0.00	0.99	0.00

表 3 结构层间位移角和扭转位移对比

Tab.3 Layer displacement angle and torsional Displacement ratio of structure contrast

项目	结构	X 向	X - 5%	X + 5%	Y 向	Y - 5%	Y + 5%
		地震	偶然偏心	偶然偏心	地震	偶然偏心	偶然偏心
最大层间位移角	异形柱结构	1/897	1/1 057	1/755	1/1 132	1/1 170	1/991
	矩形柱结构	1/877	1/1 042	1/722	1/1 012	1/1 156	1/910
最大扭转位移比	异形柱结构	1.19	1.05	1.33	1.07	1.12	1.14
	矩形柱结构	1.17	1.06	1.32	1.04	1.10	1.05

2 计算结果及抗震性能分析

2.1 分析方法与计算

本文对异形柱框架结构与矩形柱框架结构模型采用 PKPM 软件中的 SATWE 程序进行了结构弹性分析,同时也采用 Push-over 程序对其进行弹塑性静力分析来验算结构在罕遇地震作用下的抗倒塌性能。

2.2 结构周期计算结果分析

结构的周期计算结果见表 2。

异形柱框架结构与等刚度矩形柱框架结构的振动周期大体上相似,等刚度矩形柱框架结构的周期大于异形柱结构体系的振型周期。

结构前三振型中,第 1、2 两阶振型均为平动为主,第三振型为扭转为主的振动;在第 3 振型到第 4 振型的过度过程中,周期存在着跳跃现象。第一扭转周期与第一平动周期之比为 0.86、0.88 均小于 0.90(限值)。

2.3 水平位移

结构的水平位移计算结果见表 3。

表 4 地震波下结构 X 向最大层间位移角对比

Tab. 4 Max - Displacement of structure contrast under seismic waves

位移角(X向)	结构类型	地震波			
		ELC-3波	LAN1-2波	TAF-2波	平均值
最大层间位移角	异形柱结构	1/674	1/2546	1/866	1/1362
	矩形柱结构	1/672	1/2200	1/1186	1/1352

表 5 结构弹塑性静力结果对比

Tab. 5 The elastic - plastic static results of structure contrast

结构类型	楼层主方向	屈服位移 /mm	极限位移 /mm	延性比	屈服荷载 /kN	极限荷载 /kN	性能点最大层间位移角	基底剪力 /kN
	最大位移 /mm							
异形柱结构	367.54	110.15	271.63	2.47	3310	4130	1/117	4134.9
矩形柱结构	380.24	129.11	290.56	2.49	3540	4460	1/104	4534.7

从表 3 可以看出,两种结构在各种水平地震荷载作用下,最大弹性层间位移角均小于规范 1/550 的限值。对于楼层的最大扭转比,大部分工况下小于 1.2,只有部分工况大于 1.2 但均小于 1.4。

异形柱框架结构 X、Y 方向的最大层间位移角均小于等刚度矩形柱框架结构,这表明在结构平面布置相同的前提下异形柱框架结构比普通矩形柱框架结构的侧向刚度大些。

2.4 结构弹性时程分析

弹性动力时程分析仅选取结构 X 向进行,选取 1 条人工波及两组天然波数据分别为:ELC-3、LAN1-2、TAF-2 地震波。

三种地震波作用下两种结构的等高处位移曲线形状相同,均表现出弯剪型的特点;同一高度处结构的位移矩形柱框架结构较异形柱框架结构的大些。

在水平地震作用下普通矩形柱框架结构的层间位移角大于异形柱框架结构的层间位移角,但仍然较为接近。因此,结构平面布置相同的前提下,异形柱框架结构的抗侧移性能要好于普通矩形柱框架结构。

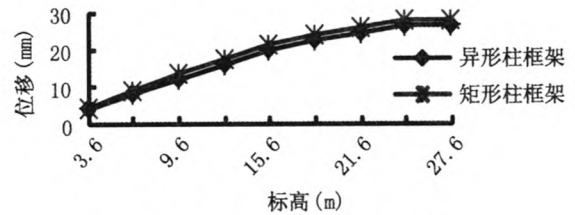
2.5 Pushover 罕遇地震抗倒塌验算

结构罕遇地震作用下的计算结果如表 5 所示。

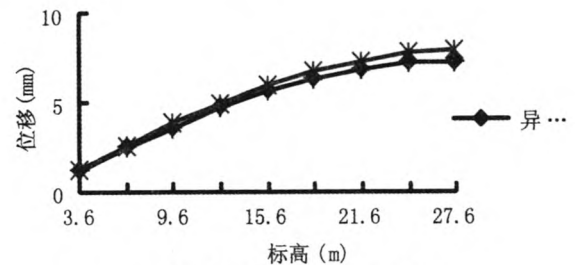
从表 5 可以看出,结构的推覆性能点对应的最大层间位移角均小于罕遇地震层间位移角限值 1/50,说明 L 型平面不规则框架结构体系满足大震不倒的抗震设防目标。

异形柱框架结构与矩形柱框架结构的最大延

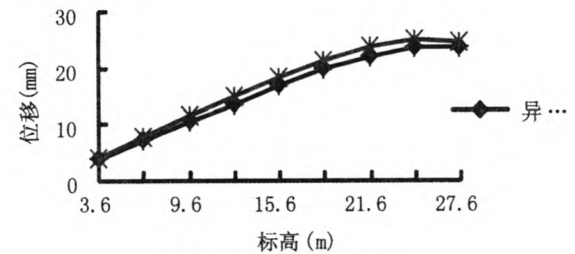
性比分别为 2.47、2.49,由此可见在结构平面布置相同与框架柱截面刚度相等的前提下两者的延性性能相差不大,矩形柱框架结构的延性稍好于异形柱框架结构。



ELC-3 地震波等高处位移对比



LAN1-2 地震波等高处位移对比



TAF-2 地震波等高处位移对比

图 2 结构位移对比图

Fig. 2 Displacement of structure contrast

3 结论

1) L 型平面不规则异形柱框架与等刚度矩形柱框架结构在罕遇地震作用下均表现出良好的抗倒塌能力及较好的延性性能。

2) 在结构平面布置及柱截面刚度相同的情况下,异形柱框架结构的最大位移、层间位移角均小于等刚度矩形柱框架结构,结构的延性性能比等刚度矩形柱框架结构稍微差一些。

3) L型平面不规则异形柱框架结构在7度(0.15g)二类场地上,高度超过规范规定的限值的情况下仍然具有较好的抗震性能,能够满足人们对结构可靠度的要求。同时,其抗震性能优于同等条件下矩形柱框架结构的抗震性能。

参考文献:

- [1] 颜和平. 某高层建筑结构的规则性研究[D]. 广州:华南理工大学,2006.
[2] 凌和海,王一功. L型平面不规则结构抗震设计分析

[J]. 广东土木与建筑,2011(3): 8-10.

- [3] 赵艳静. 钢筋混凝土异形柱结构体系理论与试验研究[D]. 天津:天津大学,2004.
[4] 罗锋. 钢筋混凝土异形柱框架结构抗震性能研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2011.
[5] 杨军. 钢筋混凝土异形柱与矩形柱组合框架-剪力墙结构抗震性能研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2005.
[6] 鲍胜. 钢筋混凝土异形柱框架抗震性能分析[D]. 天津:河北工业大学,2006.
[7] 王丹. 钢筋混凝土框架异形柱设计理论研究[D]. 大连:大连理工大学,2002.
[8] JGJ186-2010, 高层建筑混凝土结构技术规程[S].
[9] JGJ149-2006, 混凝土异形柱结构技术规程[S].

(责任编辑 刘存英)

(上接第25页)

- [5] M TUTAR. Modeling of effect of inflow turbulence data on large eddy simulation of circular cylinder[J]. Journal of fluids engineering, 2007, 6(46): 134-141.
[6] M TUTAR. Computational modeling of flow around a circular cylinder in subcritical flow regime with various turbulence models[J]. International Journal for Numerical Methods In Fluids, 2001, 12(23): 234-240.
[7] 杜晓庆. 斜拉桥拉索风雨激振研究[D]. 上海:同济大学, 2003.
[8] NIELS N SRENSSEN 3D CFD computations of transitional flows using DES and a correlation based transition model [J]. Wind Energy, 2011, 10(71): 325-334.
[9] S H HUANG. A general inflow turbulence generator for large eddy simulation[J]. Journal of Wind Engineering

and Industrial Aerodynamics, 2010, 4(12): 34-46.

- [10] A C BENIM. RANS predictions of turbulent flow past a circular cylinder[C]. WSEAS International Conference on Fluid Mechanics and Aerodynamics, 2007, 3(2): 12-24.
[11] TETSURO TAMURA. LES analysis on aeroelastic instability of prisms in turbulent flow[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2003, 7(35): 157-168.
[12] G. S CONSTANTINESCU. LES and DES Investigations of turbulent flow over a sphere at $Re = 10,000$ [J]. Flow, Turbulence and Combustion, 2003, 11(13): 56-67.

(责任编辑 刘存英)