

多层异形柱框架结构的抗震分析*

陈 训 聪

(泉州市建筑设计院, 泉州 362011)

摘要 框架结构具有较好的抗震性能、灵活的使用空间, 但其柱截面较大, 墙面凸处, 影响使用。针对多层建筑的结构计算采用工程设计中常用的振型分解法和动力时程法, 研究多层建筑中异形柱框架结构的动力特性, 并对结构进行抗震分析。结果表明, 异形柱框架结构的抗震性能完全可以满足规范的要求。

关键词 抗震分析, 异形柱, 框架结构

分类号 TU 973. 212

框架结构是柱截面较大的梁-柱受力体系, 墙面凸处, 影响使用, 要解决这个问题, 只有把柱设计成包裹在墙内的 L 或 T 形的异形柱。目前, 我国规范^[1]对异形柱框架的结构设计和计算尚未作出明确的规定, 有关的计算手册^[2~3]也未对该问题作出说明。异形柱框架结构的抗震性能、造价等是许多设计人员需要考虑的问题。本文结合某多层住宅的结构计算, 分析了多层异形柱框架的抗震性能。结果表明, 异形柱框架和一般的矩形柱框架一样同属剪切型框架, 完全可以满足抗震要求。

1 计算方法

本工程为 9 层框架结构住宅楼, 按 7 度抗震设防, 三类场地土, 框架抗震等级为三级。底层为储藏间, 层高 2.8 m; 2~9 层为住宅, 层高 3.0 m, 另有突出屋面的楼梯间, 层高 2.9 m。原设计为一般矩形柱框架结构(方案 1), 后应甲方及建筑要求修改为异形柱框架结构(方案 2), 平面布置分别见图 1、2。方案修改以异形柱的面积尽量与矩形柱相同, 以保证柱轴压比不变为

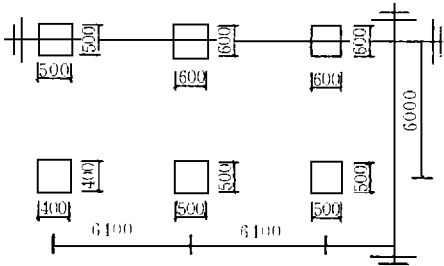


图 1 矩形柱框架方案

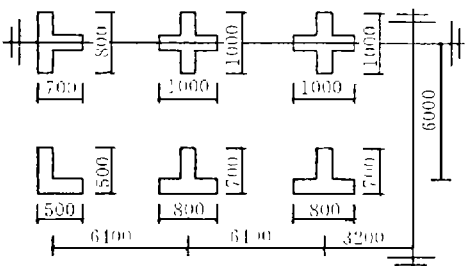


图 2 异形柱框架方案

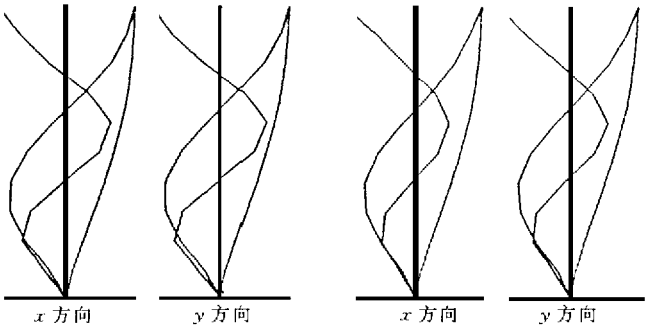
原则。由于规范没有对异形柱框架结构的抗震计算作出具体规定, 本文采用了振型分解法和

动力时程分析法计算地震荷载, 并进行比较 .

2 结构的抗震分析

2.1 振型分解法

由于结构布置基本为双轴对称, 因此采用不考虑扭转耦连振动的振型分解法 . 结构各层的质量参考点取每层的质量中心处 . 求解自振周期时采用考虑梁刚度影响的结构简约侧向刚度矩阵^[1], 即通过对每层施加单位水平力的方法求得柔度矩阵, 再通过求逆得到刚度矩阵 . 计算所得两种方案的振型图如图 3 所示, 自震周期 (T_i)、基底剪力 (F_0) 和基底弯矩 (M_0) 表如表 1 所示 . 结构在水平地震荷载作用下的地震效应(弯矩、轴力、剪力和位移) 按 SRSS 法组合 . 结构的各楼层位移 (Δ) 和层间位移 ($\delta\Delta$) 如表 2 所示 .



(a) 矩形柱框架 (b) 异形柱框架

图 3 框架结构振型曲线

一般来说, 在截面面积相同的情况下, 异形柱截面刚度较矩形柱截面刚度略小, 因而异形柱框架结构的自振周期较长 . 从表 1

表 1 结构的自振周期、基底剪力和基底弯矩表

框架结构	轴方向	T_1/s	T_2/s	T_3/s	F_0/kN	$M_0/kN \cdot m$
矩形柱	x	1.365 7	0.446 4	0.258 6	1 075. 4	18 335. 3
	y	1.488 8	0.482 2	0.274 0	993. 8	16 882. 2
异形柱	x	1.455 9	0.463 6	0.258 4	918. 8	15 680. 7
	y	1.573 7	0.494 3	0.269 1	856. 7	14 543. 1

表 2 框架结构位移表

楼 层	矩形柱				异形柱			
	x 方向		y 方向		x 方向		y 方向	
	Δ	$\delta\Delta$	Δ	$\delta\Delta$	Δ	$\delta\Delta$	Δ	$\delta\Delta$
楼梯间	16.49	0.27	18.47	0.43	17.97	0.45	19.84	0.56
9	16.22	0.55	18.04	0.73	17.52	0.69	19.28	0.89
8	15.68	0.99	17.30	1.20	16.83	1.14	18.39	1.35
7	14.69	1.41	16.10	1.64	15.69	1.59	17.04	1.83
6	13.27	1.78	14.46	2.03	14.10	2.01	15.21	2.26
5	11.49	2.11	12.43	2.36	12.09	2.38	12.96	2.64
4	9.38	2.41	10.07	2.66	9.71	2.70	10.32	2.95
3	6.96	2.66	7.41	2.90	7.02	2.90	7.37	3.21
2	4.30	2.71	4.51	2.88	4.12	2.74	4.26	2.87
1	1.59	1.59	1.63	1.63	1.38	1.38	1.39	1.39

可见, 两者的第 1 周期相差较大达 6% 左右, 第 2 周期相差 3.8% 左右, 第 3 周期基本一样 . 这说明对异形柱框架结构采用振型分解法计算地震荷载时, 也可以象一般框架结构一样, 取前 3

个振型计算即可。文献 [4] 认为, 在高层框架-剪力墙结构中, 采用异形柱将加大结构的整体刚度。本文认为对于高层框架结构, 在保证柱轴压比一致的情况下, 采用异形柱将减小结构的整体刚度。如果异形柱框架和矩形柱框架的柱轴压比不一致, 两种结构将毫无可比性。

从表 2 可知, 两种方案的层间位移变化规律基本相同。最大层间位移出现的楼层略有变化, 这说明改为异形柱后, 结构自身的动力特性有了一定改变。异形柱框架结构相对来说整体刚度较小, 柔度较一般矩形框架结构大。刚度小固然可以减小结构的地震反应, 但位移未必相应减小。这一点由表中数据可以明显看出, 尽管基底剪力和弯矩比矩形柱框架结构小 14% 左右, 但顶点位移仍大 7% ~ 9% 左右。因此在采用异形柱框架结构时, 应特别注意结构的延性, 以避免在地震荷载作用下, 结构由于变形过大或丧失整体稳定性而破坏。

2.2 动力时程分析法

采用动力分析中常见的层模型^[6]进行动力时程分析, 结构动力方程的求解采用 Newmark- β 法。由于工程为三类场地土, 因此本文选用人工模拟地震波^[6]。时程分析所得的结构各层位移、剪力和弯矩如图 4 所示, 时程分析法和振型分解法的计算结果比较如表 3 所示。

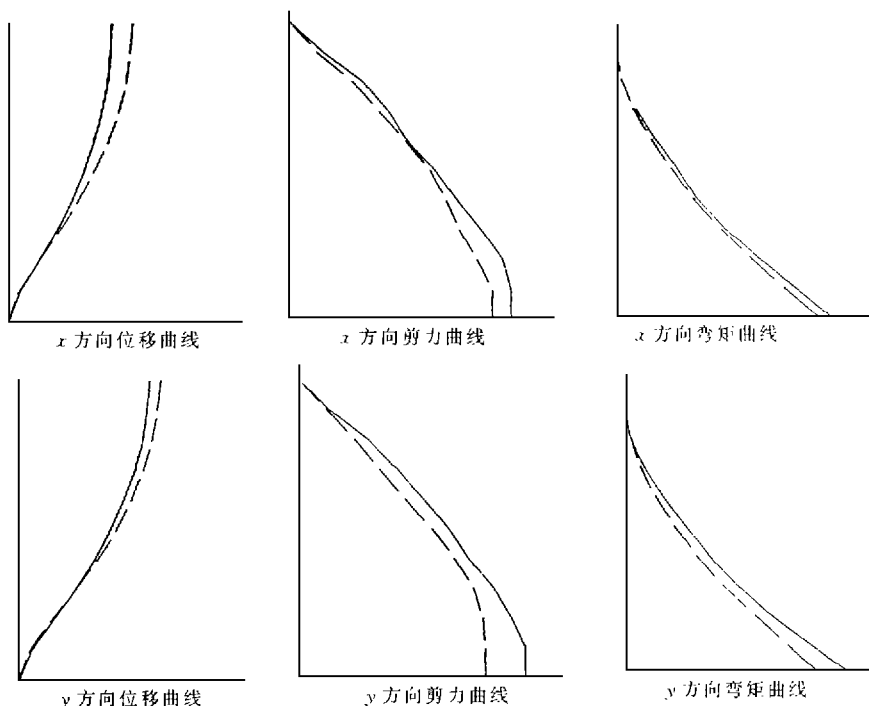


图 4 时程分析结果比较图

从表 3 可见, 两种结构的顶点侧移 (d)、基底剪力和基底弯矩均小于采用振型分解法所得到的结果。这说明对于多层异形柱框架结构, 采用振型分解法计算地震荷载是安全可行的。采用两种方法计算所得到 y 方向的顶点侧移、基底剪力和基底弯矩相差较小, 而 x 方向的则相差较大, 这主要是由于屋面的楼梯间所带来的刚度突变, 对 x 方向影响较大的原因。

从图 4 可见, 异形柱的各楼层位移都比矩形柱大, 而各楼层的剪力和弯矩却较小, 这点和振型分解法得到的结果是一致的。两种结构各楼层的地震反应分布规律基本相同, 说明异形

柱框架结构和矩形柱框架结构一样都属剪切型框架,而不是象剪力墙结构那样显弯曲变形. 本

表 3 两种方法的计算结果比较表

框架结构	轴方向	<i>d</i> / mm		<i>F₀</i> / kN		<i>M₀</i> / kN · m	
		时程分析	振型分解	时程分析	振型分解	时程分析	振型分解
矩形柱	<i>x</i>	10. 54	16. 49	751. 07	1 075. 4	11 825. 51	18 335. 3
	<i>y</i>	13. 28	18. 47	766. 16	993. 8	12 353. 15	16 882. 2
异形柱	<i>x</i>	12. 58	17. 97	686. 70	918. 8	11 188. 47	15 680. 7
	<i>y</i>	14. 37	19. 84	631. 94	856. 7	10 687. 51	14 543. 1
差值 / (%)	<i>x</i>	19. 3	9. 0	- 8. 5	- 14. 6	- 5. 4	- 14. 5
	<i>y</i>	8. 2	7. 4	- 17. 5	- 13. 8%	13. 5	13. 9

文通过计算发现, 异形柱框架结构的梁柱内力均较小, 这主要是由于地震荷载减小和异形柱尺寸增加梁跨度减小所致. 由于篇幅所限, 本文未列出具体的计算结果.

3 结 论

分析表明, 在保证相同轴压比(即柱截面面积相同) 的情况下, 异形柱框架结构的整体刚度较小、自振周期较长、结构的顶点位移较大、地震荷载较小. 异形柱框架结构在地震荷载作用下的变形以剪切变形为主. 对于异形柱框架结构的抗震计算, 可以采用和矩形柱框架一样的振型分解法, 取前 3 个振型即可. 异形柱框架结构整体刚度较小, 为保证实现“强柱弱梁”, 应适当提高轴压比要求. 由于异形柱截面宽度较小, 因此在梁柱节点处应加强构造措施, 以保证结构有较好的延性.

参 考 文 献

1 中国建筑科学研究院编. GBJ 11-89 建筑抗震设计规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990. 33~42
2 赵西安. 高层建筑结构实用设计方法. 上海: 同济大学出版社, 1992. 12~56
3 魏 链. 多层及高层房屋抗震设计手册. 北京: 地震出版社, 1990. 26~30
4 罗永坤. 异形柱对高层结构受力特性影响浅析. 建筑结构, 1996, (2): 22~25

Aseismic Analysis of Multiple Storied Frame Structure
with Special-Typed Columns

Chen Xuncong

(Quanzhou Inst. of Arch. Design, 362011, Quanzhou)

Abstract The frame structure excels in its aseismic performance and flexible usable space; but its utilization is affected by fairly large section of columns and prominances on the wall. By adopting the methods of vibrating decomposition and dynamic time-distance commonly used in engineering design, the author makes a study on the dynamic property of multiple storied frame structure with special-shaped columns; and carries on an aseismic analysis. As shown by the study, the aseismic performance of frame structure with special-shaped columns will completely fulfil standard requirements.

Key words special shaped column, frame structure, aseismatic analysis