

文章编号: 1005-0523(2017)01-0040-06

高烈度地区设置少量钢筋混凝土翼墙对框架结构性能的影响

蒋媛

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要: 框架结构具有结构布置规则、使用灵活等特点, 同时其自身的结构体系侧向刚度较小, 在强烈地震作用下结构的变形较大, 填充墙及其他附属构件的破坏严重。介绍了框架结构在角部不设置翼墙和设置少量、长度很短翼墙两种结构体系, 并通过对小震、中震、大震下的结构主要计算结果进行对比分析。结果表明, 设置少量、长度很短翼墙结构体系抗震性能得到了明显提高(如设置短翼墙后, 位移角减少约 15%~35%等)。设置少量、长度很短翼墙框架结构一种即经济又有效的办法, 在实际设计中值得推广。

关键词: 框架结构; 钢筋混凝土翼墙; 抗震性能; 静力弹塑性分析; 经济性比较

中图分类号: Tu318⁺·1 **文献标志码:** A

DOI: 10.16749/j.cnki.jecjtu.2017.01.007

钢筋混凝土框架结构是我国地震区广泛使用的一种结构形式^[1]。框架结构具有结构布置规则、使用灵活等特点, 同时其自身的结构侧向刚度较小, 在强烈地震作用下结构的变形较大, 填充墙及其他附属构件的破坏严重^[2]。我国规范主要通过一系列的抗震措施来保证按多遇地震设计的结构在更大地震作用下的抗震性能^[1], 但 5.12 汶川地震后, 现浇钢筋混凝土框架结构的抗震性能受到了广大学者的质疑^[3]。中国地震局工程力学研究所通过实验、研究、分析, 得出通过对已有单跨框架结构进行增设钢筋混凝土翼墙加固后, 结构抗震性能有明显提高^[4]; 朱丙寅^[2]也提出了一些关于单跨框架结构设置少量、长度很短翼墙的设计思路。对于高烈度地区框架结构设置少量、长度很短翼墙后, 结构抗震性能的详细研究以及经济指标的比较至今研究较少。本文通过对高烈度地区设置少量钢筋混凝土翼墙的框架结构与未设置翼墙的框架结构进行比较分析, 说明高烈度地区设置少量钢筋混凝土翼墙对框架结构性能的影响及经济指标的差别。

1 分析模型

为了研究高烈度地区设置少量钢筋混凝土翼墙对框架结构性能的影响, 选取一幢 2×7 跨 5 层钢筋混凝土框架结构。未设置钢筋混凝土翼墙的结构平面详见图 1、双向均设置钢筋混凝土翼墙的结构平面详见图 2 (注: 图 1、图 2 图上填充区域为功能性降板区域)。框架结构的梁、板、柱、翼墙均采用现浇, 梁、板混凝土强度等级为 C30 ($f_c=14.3 \text{ N/mm}^2$); 柱、翼墙混凝土强度等级从基顶到屋面均为 C45 ($f_c=21.1 \text{ N/mm}^2$); 梁、板、柱、翼墙钢筋均为 HRB400 ($f_y=360 \text{ N/mm}^2$)。框架柱截面尺寸为 600 mm×800 mm, 400 mm×700 mm 等, 框架梁截面尺寸为 400 mm×700 mm, 次梁截面尺寸为 200 mm×600 mm。翼墙长度均为 700 mm、宽度为 400 mm。首层层高 4 000 mm、标准层层高 3 500 mm。采用北京盈建科软件有限责任公司编制 YJK-A 进行小震弹性分析、中震不屈分析; 采用中国建筑科学研究院 PKPM CAD 工程部编制 PUSH&EPDA 进行弹塑性分析。分别按 7 度 0.15 g、8 度 0.20 g 以及 8 度 0.30 g, 均为 II 类场地, 第一组进行抗震分析。整体分析时, 结构的嵌固部位均取为基顶。

收稿日期: 2016-07-28

基金项目: 中国电建集团成都院 2016 年科技项目 (P330-2016)

作者简介: 蒋媛 (1986—), 女, 硕士, 工程师, 研究方向为建筑结构、岩土工程设计。

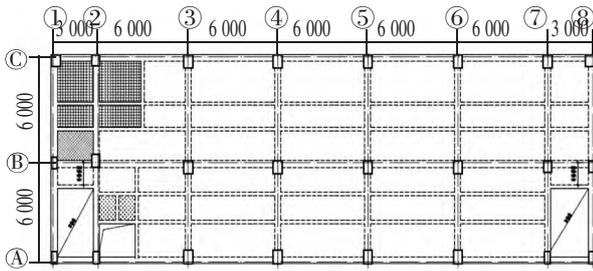


图 1 未设置翼墙结构布置示意图
Fig.1 The structure layout without wings

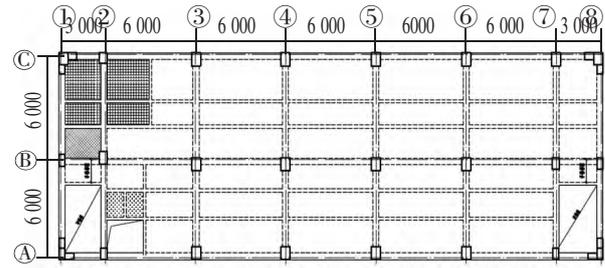


图 2 双向均设置翼墙结构布置示意图
Fig.2 The structure set up with the two-way wing walls

2 小震弹性计算结果

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)^[5]相关规定,采用 YJK-A 分别按 7 度 0.15 g、8 度 0.20 g、8 度 0.30 g 以及 9 度 0.40 g,均为 II 类场地,第一组进行抗震分析,主要计算结果详下表 1~表 3。

表 1 7 度 0.15 g 小震作用下结构计算结果对比
Tab.1 Comparison of structural calculation results under minor earthquake of 7 degree 0.15 g

对比内容	方向	未设翼墙	双向设翼墙
周期/s	T_1	0.661 3	0.579 4
	T_2	0.621 7	0.576 7
	T_s	0.569 9	0.492 1
周期比	T_s / T_1	0.86	0.85
基底剪力/kN	X 向	3 265.49	3 678.38
	Y 向	3 226.30	3 611.80
基底剪重比/%	X 向	7.034	7.690
	Y 向	6.950	7.551
最大层间位移角	X 向	1/1 091	1/1 464
	Y 向	1/1 044	1/1 287
扭转位移比最大值	X 向	1.02	1.02
	Y 向	1.30	1.30

表 2 8 度 0.20 g 小震作用下结构计算结果对比
Tab.2 Comparison of structural calculation results under minor earthquake of 8 degree 0.20 g

对比内容	方向	未设翼墙	双向设翼墙
周期/s	T_1	0.661 3	0.579 4
	T_2	0.621 7	0.576 7
	T_s	0.569 9	0.492 1
周期比	T_s / T_1	0.86	0.85
基底剪力/kN	X 向	4 353.99	4 904.51
	Y 向	4 301.73	4 815.73
基底剪重比/%	X 向	9.379	10.253
	Y 向	9.267	10.068
最大层间位移角	X 向	1/818	1/109 8
	Y 向	1/783	1/965
扭转位移比最大值	X 向	1.02	1.02
	Y 向	1.30	1.30

表3 8度0.30g小震作用下结构计算结果对比
Tab.3 Comparison of structural calculation results under minor earthquake of 8 degree 0.30 g

对比内容	方向	未设翼墙	双向设翼墙
周期/S	T_1	0.661 3	0.579 4
	T_2	0.621 7	0.576 7
	T_s	0.569 9	0.492 1
周期比	T_s / T_1	0.86	0.85
基底剪力/kN	X向	6 530.98	7 356.76
	Y向	6 452.59	7 223.60
基底剪重比/%	X向	14.069	15.380
	Y向	13.900	15.102
最大层间位移角	X向	1/571	1/752
	Y向	1/556	1/683
扭转转移比最大值	X向	1.02	1.02
	Y向	1.30	1.30

结果表明,在小震作用下,框架结构在角部增加少量且长度很短的翼墙后,结构整体刚度有了明显改善。结构周期变短,虽然结构基底剪力及剪重比有所增加,但结构位移角变小,整个结构在地震作用下安全度有明显提高。特别是烈度越高的地区,翼墙设置的意义越大。

3 中震不屈计算结果

中震不屈采用相对简化的等效弹性方法进行中震作用下的性能分析。采用北京盈建科软件有限责任公司编制 YJK-A 进行中震不屈分析,地震影响系数分别取 0.34,0.45,0.68,内力调整系数取为 1(即强柱弱梁、强剪弱弯等均不调整),不计算风荷载,阻尼比 0.06,周期折减系数 1.0,中梁刚度系数不放大^[6]。中震作用下的最大层间位移角计算结果见表 4。

表4 中震作用下最大层间位移角计算结果对比
Tab.4 Comparison of the calculation results of the maximum inter-story drift angle under moderate earthquake

设防烈度	是否设翼墙	力作用方向	层间位移角
7度 0.15 g	未设翼墙	X向	1/481
		Y向	1/463
	设置翼墙	X向	1/642
		Y向	1/534
8度 0.20 g	未设翼墙	X向	1/363
		Y向	1/350
	设置翼墙	X向	1/485
		Y向	1/403
8度 0.30 g	未设翼墙	X向	1/240
		Y向	1/232
	设置翼墙	X向	1/305
		Y向	1/282

在中震作用下,设置翼墙的框架结构最大层间位移角明显小于未设翼墙的框架结构。说明在中震作用下,框架结构在角部增加少量且长度很短的翼墙后,能够减轻或避免隔断墙、围护墙以及机电设施的破坏,减小经济损失或人员伤亡。

4 大震作用下结构抗震性能评价

本工程采用 PKPMCAD 工程部编制 PUSH&EPDA 软件进行静力弹塑性分析。分别按 7 度 0.15 g, 8 度 0.20 g 以及 8 度 0.30 g 在大震作用下, 分别采用倒三角形荷载和弹性 CQC 地震力荷载沿 X, Y 方向进行推覆分析。大震作用下弹塑性层间位移角计算结果详下表 5。

表 5 大震作用下弹塑性层间位移角对比

Tab.5 Comparison of the calculation results of the maximum inter-story drift angle under major earthquake

设防烈度	是否设置翼墙	力作用方向	倒三角形荷载	弹性 CQC
7 度 0.15 g	未设置翼墙	X 向	1/127	1/118
		Y 向	1/123	1/135
	设置翼墙	X 向	1/185	1/178
		Y 向	1/158	1/157
8 度 0.20 g	未设置翼墙	X 向	1/113	1/109
		Y 向	1/114	1/120
	设置翼墙	X 向	1/152	1/165
		Y 向	1/140	1/145
8 度 0.30 g	未设置翼墙	X 向	1/106	1/104
		Y 向	1/103	1/97
	设置翼墙	X 向	1/125	1/129
		Y 向	1/131	1/120

未设置翼墙结构与双向均设置翼墙结构采用 PKPMCAD 工程部编制 PUSH&EPDA 软件, 采用相同地震烈度作用、相同地震波进行弹塑性时程分析, 结构塑性铰分布图详见图 3、图 4。

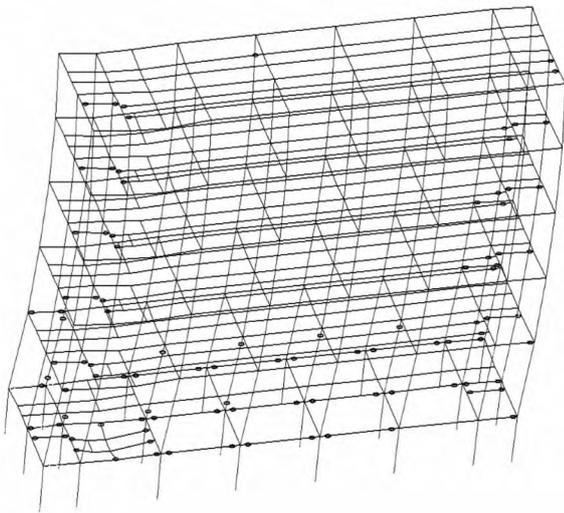


图 3 未设置翼墙结构塑性铰分布图

Fig.3 The plastic hinge distribution map when the wing wall structure is not set up

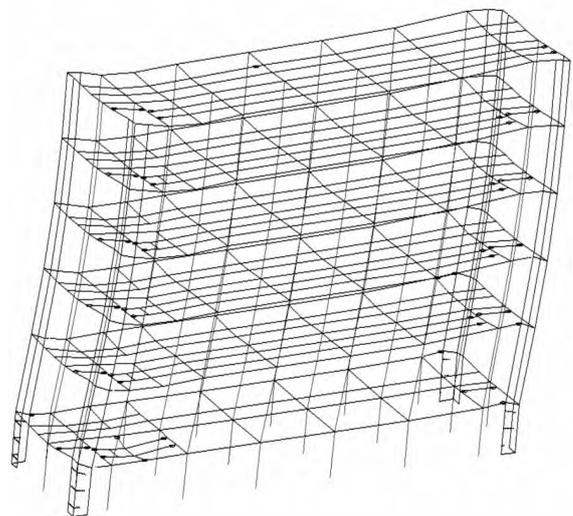


图 4 双向均设置翼墙结构塑性铰分布图

Fig.4 The plastic hinge distribution diagram of the wing wall structure is provided in both directions

在大震作用下, 从静力弹塑性分析可以看出, 设置翼墙的结构弹性层间位移角明显小于未设置翼墙的结构; 从结构塑性铰分布图可以看出, 在相同条件下未设置翼墙的结构框架柱局部出现塑性铰, 框架梁塑性铰数量明显多于同条件下双向均设置翼墙结构, 双向均设置翼墙结构框架柱未出现塑性铰, 仅首层翼墙出现水平裂缝, 符合概念设计要求。设置翼墙的结构在大震作用下, 结构的抗震性能明显高于未设置翼墙的结构^[7-9]。

5 经济性比较

框架结构梁、柱断面相同仅结构是否设翼墙的区别,分别在烈度为7度0.15g、8度0.20g以及8度0.30g作用下,结构含钢筋量详表6。

框架结构梁、柱断面不同但整体刚度接近时,未设翼墙的结构与设翼墙的结构分别在烈度为7度0.15g、8度0.20g以及8度0.30g作用下,结构含钢筋量详表7。

表6 梁、柱断面相同的情况下两种体系含钢量对比
Tab.6 The comparison of two kinds of systems with the same beam and column section

设防烈度	是否设翼墙	含钢筋量/(kg/m ²)
7度0.15g	未设翼墙	47.02
	设置翼墙	48.81
8度0.20g	未设翼墙	54.29
	设置翼墙	54.45
8度0.30g	未设翼墙	69.93
	设置翼墙	67.29

表7 整体刚度接近的情况下两种体系含钢量对比
Tab.7 Comparison of two kinds of systems with steel content when the overall stiffness is close

设防烈度	是否设翼墙	含钢筋量/(kg/m ²)
7度0.15g	未设翼墙	47.02
	设置翼墙	43.37
8度0.20g	未设翼墙	54.29
	设置翼墙	48.76
8度0.30g	未设翼墙	69.93
	设置翼墙	60.51

从表6、表7可以看出,梁、柱断面相同的情况下,设翼墙的结构经济指标与未设翼墙的结构较为接近,烈度越高设翼墙的结构经济指标越好。框架结构梁、柱断面不同但整体刚度接近的前提下,采用设置翼墙体系方案经济指标优于未设翼墙结构体系。

6 结论

1) 在小震作用下,增加少量、长度很短的翼墙后,结构整体刚度有了明显改善,整个结构在地震作用下安全度明显提高。特别是烈度越高、翼墙设置的意义越大。

2) 在中震作用下,设置翼墙的框架结构抗震性能明显优于未设翼墙的框架结构,减小或避免隔断墙、围护墙以及机电设施破坏,减小经济损失或人员伤亡。

3) 在大震作用下,从静力弹塑性分析和动力弹塑性时程分析的结构塑性铰分布图均可以看出,增加少量、长度很短的翼墙后结构抗倒塌能力得到明显增强。

4) 从经济上看,增设少量、长度很短的翼墙后结构性能有较大改善,且对经济指标影响较小;当两种结构体系整体刚度接近时,采用增设少量翼墙的结构方案,经济指标明显优于未设置翼墙结构。

参考文献:

- [1] 韦锋,傅剑平,白绍良.我国混凝土框架结构强柱弱梁措施的实际控制效果[J].建筑结构,2007,37(8):5-9.
- [2] 朱丙寅.建筑设计问答及分析[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [3] 腾军,曹冬雪,李祚华,等.框架结构强柱弱梁地震破坏模式形成探讨[J].建筑结构,2011,41(S):285-290.
- [4] 王财权.单跨框架结构翼墙加固抗震性能研究[D].中国地震局工程力学研究所.
- [5] GB50011-2010 建筑抗震设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [6] 董志峰,柳超,陈勇,等.沈阳乐天世界超高层住宅楼抗震设计[J].建筑结构,2014,44(19):57-60.
- [7] 蒋媛,刘开强.成都某超高层办公楼结构设计可行性分析[J].西南科技大学学报,2015,30(3):52-56.

- [8] 住房和城乡建设部工程质量安全监管司,中国建筑标准设计研究院. 全国民用建筑工程设计技术措施:结构(混凝土结构)[M]. 北京:中国计划出版社,2012.
- [9] 蒋媛,刘开强. 成都某复杂高层办公结构设计可行性分析[J]. 水利与建筑工程学报,2015,13(6):188-193.

Effect of Reinforced Concrete Wing Walls on Performance of Frame Structure in High Intensity Area

Jiang Yuan

(Power China Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu 610072, China)

Abstract: Due to such features as regular structure, flexible usage and small lateral stiffness, frame structure has big structural deformation with the filler wall and attached element heavily destroyed when there is a strong earthquake. This study compares two structural systems under minor, moderate and major earthquakes, one with some short wing walls and the other with none. According to the results, the seismic behavior of the structural system with short wing walls is significantly improved (if the short wing wall is set and the displacement angle is reduced by about 15% to 35%, etc.). It concludes that setting some short wing walls is an economical and efficient way, which is recommendable in practical design.

Key words: frame structure; reinforced concrete wing wall; seismic behavior; nonlinear static analysis; economic comparison

(责任编辑 王建华)