汶川 8.0 级地震非承重墙体震害调查分析*

苗爱梅，陈 康

（陕西省建筑设计研究院责任有限公司，陕西 西安 710003）

摘 要：通过对汶川 8.0 级地震发生后西安、成都地区（地震烈度为Ⅵ～Ⅶ度区）的高层建筑震害调查，以某小区震后建筑物非承重墙体裂缝为实例，给出了高层建筑震害易发生的部位和楼层，分析了非承重墙体裂缝产生的原因。震害调查表明：汶川地震中，在抗震设防烈度为Ⅵ～Ⅷ度区，当地震烈度为Ⅵ～Ⅶ度时，非承重墙抗震性能的表现不尽如人意。提出了应对非承重墙体制定设防目标，且非承重结构构件的抗震设防目标应与主体结构设防目标相适应，使建筑结构设计，对非承重墙的抗震设防有据可依，使灾后有可能对设计与施工的质量进行评估，通过有区别地加强非承重墙的抗震构造措施，减小建筑物的震害损失。

关键词：汶川 8.0 级地震；非承重墙体；震害损失；设防目标；抗震构造

中图分类号：TU 448 **文献标识码**：A **文章编号**：1000－811X(2010)03－0077－04

地震是一种自然灾害，人类无法回避，也无法抗拒。我们只能通过采取一系列有效的方法和手段来减轻地震灾害给人类带来的损失，其中提高房屋建筑的抗震性能就是最重要的方法之一。工程界对建筑物的抗震研究很多，但主要集中在建筑物遭遇破坏性地震状态下的分析研究。汶川 8.0 级地震后，对地震引发的次生地质灾害、工程设施的震害有很多的研究成果，如“四川汶川 8.0 级地震间接经济损失评估方法”、“汶川大地震建筑震害启示”等大量的论文和研究报告[1－5]。灾区的大量调研证明，严格按现行规范设计、施工和使用的建筑经受住了比当地设防烈度高 1 度的大震考验[6－10]。但汶川地震后，比当地设防烈度低 1 度的地区，建筑物的抗震表现调查分析并不多见。在现代社会人们对建筑装修的投入越来越大，地震灾区建筑中非承重墙体的损坏，带来的社会和经济损失也是不容忽视的。本文通过对汶川地震后西安、成都（Ⅵ～Ⅶ度区）的高层住宅进行震害调查，给出了建筑物震害易发生的部位，分析了引发震害的相关因素，提出了应有区别地设定非承重墙体的抗震目标，使非承重墙体的抗震能力与主体结构的抗震能力相适应，通过有区别地加强非承重墙的抗震构造措施，来减少建筑物在遭遇中小强度地震时的灾害损失，希望能给工程设计者一些有益的启示。

1 地震相关数据

根据中国地震局发布的汶川地震烈度影响分布图（图 1）[11]，汶川地震造成地震烈度为Ⅵ度以上的区域，面积为 44.04 万 km^2，其中Ⅵ～Ⅶ度区为 39.94 万 km^2，占总面积的 90.67%；Ⅵ～Ⅷ度区为 42.71 万 km^2，占总面积的 96.98%。

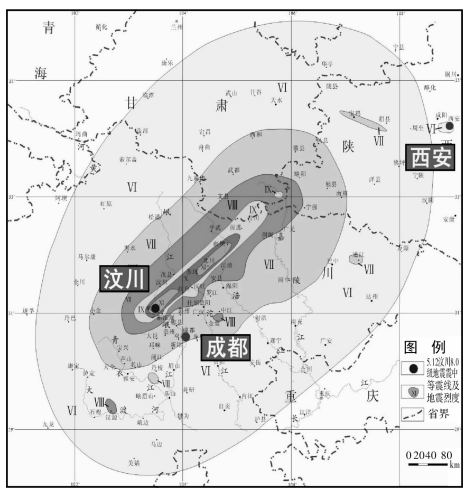


图 1 汶川地震烈度分布图

根据中国地震台网的统计，从 1989 年 8 月 1 日至 2009 年 8 月 31 日 20 年间中国境内共发生 4.5 级以上地震 5 019 次，其中 4.5～6.0 级（中强震）5 011次，占

* 收稿日期：2010－03－18
基金项目：陕西省建设厅 2009 年科技发展项目“混凝土结构填充墙后植拉接钢筋施工研究”
作者简介：苗爱梅（1960－），女，汉族，陕西西安人，高级工程师，主要从事建筑结构设计咨询工作．E-mail：5miaoaimei@163.com

总震次的 99.84%，平均每年 250.55 次[12-13]；4.5～6.0 级地震的震中区对应的地震烈度为Ⅴ～Ⅷ度。

统计数据表明，4.5～6.0 级地震为常遇地震，Ⅴ～Ⅶ度是烈度常遇状态，在大地震发生时相应的烈度区域也最广。

2 震害调查

汶川地震对成都、西安的影响烈度为Ⅵ～Ⅶ度，根据震后对这两个城市部分高层住宅的调查，发现地震发生后，对于高层住宅建筑，其主体结构、承重构件都基本完好，但非承重墙体出现大量裂缝，并且因楼层不同、结构布置不同、建筑平面不同、其损害的严重程度也不同，其裂缝形式主要有：梁下的水平裂缝、不同墙体连接处的竖向裂缝、窗台下墙体的斜裂缝、门洞上的墙体斜裂缝、隔墙上的斜裂缝(图 2)，有些非承重墙体的破坏甚至是严重的。



图 2 汶川地震城市高层建筑部分典型墙体破坏情况

3 震害实例

图 3 为西安某小区一幢 32 层建筑的墙体裂缝分布图(图中＊号位置为非承重墙体裂缝出现的位置，其编号及楼层分布详见表 1)。

表 1 西安某小区一幢 32 层建筑的裂缝位置、编号及楼层分布

裂缝编号	裂缝部位	裂缝所在楼层
LF1	砌体墙身破损	7、11、14、16
LF2	门洞上墙体破损	7、21、26
LF3	梁下水平裂缝	6、11、14、21、26
LF4	门洞上墙体破损	4～7、14、21
LF5	门洞上墙体破损	11、14、21、25
LF6	窗下墙体破损	5、14、15
LF7	窗下墙体破损	4、5、7、14、15
LF8	不同墙体连接处损坏	8、12、22
LF9	窗下墙体破损	8、11、12、14
LF10	窗下墙体破损	5、8、11～12、14～15、20
LF11	窗下墙体破损	7～9、12、21
LF12	窗下墙体破损	11～12、14～15
LF13	门洞上墙体破损	9、11、14、25
LF14	门洞上墙体破损	6、7、9、12、19、21
LF15	门洞上墙体破损	3、8、11～12、20、22
LF16	窗下墙体破损	9、11

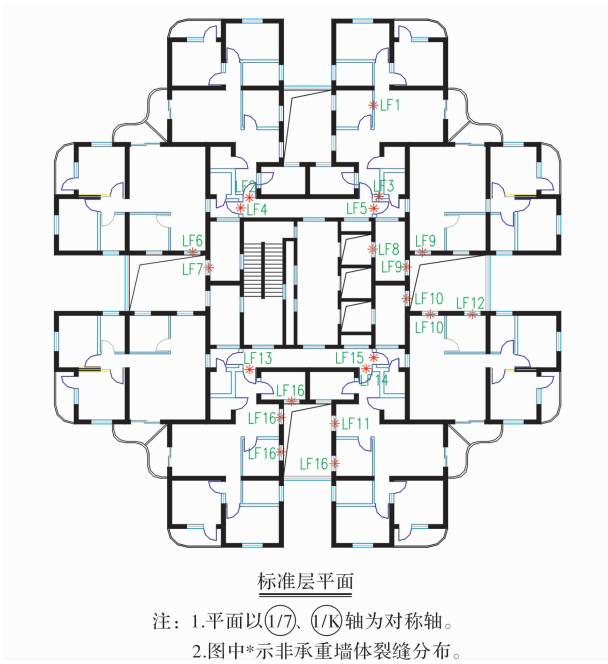


图 3 西安某小区一幢 32 层建筑的墙体裂缝分布图

该小区由 7 幢高层住宅组成：二幢 21 层，二幢 26 层，一幢 28 层，二幢 32 层。其中 21 层，28 层，32 层为纯剪力墙结构，26 层为框支剪力墙结构，建筑平面相似，非承重填充墙及隔墙，采用非承重空心砖。其震害特点为：32 层建筑非承重墙体裂缝最多，21 层建筑未出现非承重墙体裂缝；非承重墙体裂缝数量随建筑层数的增加呈上升趋势。具体震害情况为：

①竖向分布，裂缝集中发生在 5～21 层之间，连梁剪力较大的位置；

②平面分布，平面的凹形处裂缝较集中，损害程度较严重；

③门洞部位由填充墙构成的部位损害程度较严重；

④裂缝类型分别有：填充墙墙体的交叉裂缝、梁与填充墙之间的水平裂缝、填充墙与砼墙之间的竖向裂缝。

灾后根据墙体不同等破坏程度，对该小区建筑物进行修复：①采用修复外部粉刷层；②用水泥砂浆填充缝隙后，修复外部粉刷层；③拆除碎裂部分，重新砌筑后修复外部粉刷层的方式进行墙体维修。不含业主个体的维修费，仅小区公共部分的维修费用就花费 70 多万元。

4　震害原因分析

(1)非承重墙体受力破坏

通常高层建筑非承重墙使用的填充材料多为砌块，如非承重空心砖、砼加气块、粉煤灰加气块等。非承重墙体与承重墙柱之间常采用刚性连接，在地震发生时非承重墙体与承重墙柱同时受力。由于砌体是弹塑牲材料，从受力开始应力应变曲线就不成直线变化，而混凝土材料当应力水平在其强度值的 0.4 倍以下时，其应力应变曲线为线性变化，基本处于弹性状态。在地震力作用下当砼墙应力水平还很低，还处于弹性变形阶段时，砌体结构已达到其强度值。当砌体与砼墙刚性连接同时受力时，砌体材料在早期被剪切破坏，出现裂缝也就不可避免[14-16]。

(2)变形不协调引起的损坏

一般情况下，高层建筑随建筑层数的增加其整体侧向刚度减小，在地震荷载作用下结构层间变形加大。且混凝土墙与砌体材料之间由于弹性模量不同，两种材料变形不一致，在接缝处发生错动出现裂缝。

5　设防措施

(1)制定抗震设防目标

现行的建筑抗震规范[17]，对建筑主体结构制定的抗震设防目标是：“当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时，一般不受损坏或不需修理可以继续使用；当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时，可能损坏，经一般修理或不需修理仍可继续使用；当遭受高于本地区抗震设防烈度预估的罕遇地震影响时，不致倒塌或发生危及生命的严重破坏”。非结构构件的抗震设防目标应与主体结构设防目标相适应，制定明确的设防目标，使建筑结构设计对非承重墙的抗震设防有据可依，使灾后有可能对设计与施工的质量进行评估。

(2)加强构造措施

根据主体结构的抗震性能目标和建筑的装修标准，对于不同高度的建筑、不同平面形状的建筑，以及填充墙所处的位置，采取有区别的抗震构造加强措施。

结构设计时，不可一味追求减小整体刚度。当确需减少结构刚度时，可采用减少剪力墙片数的方式。除非剪力墙太长，否则尽量不采用剪力墙开结构洞将剪力墙肢分成接近短肢剪力墙的方案，减少不同材料在同一平面内的连接点。

在变形较大的楼层，非承重隔墙应优先采用与主体结构柔性连接的轻钢龙骨内隔墙，在接缝处实现弹性变形。

采用条板非承重隔墙时[18]，在 T 型、L 型、十字型交接处增设砼构造柱，在墙板与主体墙柱连接的 U 型、L 型抗震卡处填充弹性材料给结构变形预留空间。

在目前的技术经济条件下，我们还会大量的使用砌块材料，采用刚性连接时在砌体与砼墙体的交接处应加密连接钢筋的间距；或采用柔性连接，预留控制缝，控制缝内用弹性密封材料，如用聚硫化物、聚氨脂式硅树脂等填缝。

在砼墙的门窗洞口处，尤其是小洞口处，连梁上的砌体应加大墙体水平配筋，砌体与连梁接触面采用可滑动连接，砌体与砼墙体的交接处留控制缝[19]。

6　结束语

地震是一种自然现象，小震、中震是多发地震，是抗震设防的常遇多遇状态，汶川地震中发生的比当地设防烈度低 1 度的地区，其建筑物非承重墙抗震性能表现不尽如人意。现代社会人们对生存环境的要求越来越高，对建筑物的装修投入也越来越大，工程设计时应对非承重墙体设定不同的设防目标，有区别地采用抗震构造措施，最大限度地减少在常遇多发的小震状态下，地震造成的社会和经济损失。

参考文献:

[1] 都吉燮，张勤，宋立军，等. 四川汶川 8.0 级地震间接经济损失评估方法 [J]. 灾害学，2008，23(4)：130 - 133.

[2] 王亚勇，王言诃. 汶川大地震建筑震害启示 [J]. 建筑结构，2008(7)：1 - 6.

[3] 彭晋川，陈维锋. 四川汶川 8.0 级地震典型遗址遗迹综合评估 [J]. 灾害学，2008，23(4)：82 - 85.

[4] 陈国兴，景立平，周新贵，等. 四川汶川 8.0 级地震后中江县水库震害调查与分析 [J]. 灾害学，2009，24(3)：69 - 74.

[5] 樊跃新，非明伦，余庆坤. 汶川 8.0 级地震所引发的防震减灾工作启示 [J]. 灾害学，2009，24(4)：73 - 76.

[6] 张红梅，魏电信. 新《防震减灾法》浅议 - 以汶川 8.0 级地震为例 [J]. 灾害学，2009，24(4)：130 - 133.

[7] 李爱群，周铁钢. 汶川地震绵竹城区及村镇建筑震害纪实分析与思考 [J]. 建筑结构，2008(7)：10 - 14.

[8] 冯远，肖克艰，刘宜丰. 汶川地震灾害引发建筑结构设计者的思考 [J]. 建筑结构，2008(7)：25 - 27.

[9] 王敏，曾凡生，粟海涛，等. 陕西地区 5. 12 汶川震害案例调查 [J]. 建筑结构，2009(3)：57 - 60.

[10] 田志鹏，张新培，赵统. 汶川地震中多层钢筋混凝土框架结构房屋震害分析 [J]. 建筑结构，2009(11)：67 - 71.

[11] 乔建平，蒲晓虹，王萌，等. 大地震诱发滑坡的分布特点及危险性区划研究 [J]. 灾害学，2009，24(2)：25 - 29.

[12] 中国地震网. 互联网环境下的四川汶川 8.0 级地震和 4.0 级以上余震统计业[EB/OL]. [2008 - 12 - 23]. http：// data. earthquake. cn/data/we chuan8_catalog. jsp.

[13] 中国地震网. 互联网环境下的国家台网震相数据[EB/OL]. [2008 - 12 - 23]. http：// data. earthquake. cn/data/indexjsp? no = 11&number = 9.

[14] 黄世敏，杨沈. 建筑震害与设计对策 [M]. 北京：中国计划出版社，2009.

[15] 刘大海，杨翠如，陶晞暝. 建筑抗震构造手册[M]. 2 版. 北京：中国建筑工业出版社，2006.

[16] 王亚勇，戴回莹. 房屋建筑抗震设计 [M]. 北京：中国建筑工业出版社，1996.

[17] 中华人民共和国建设部. GB50011 - 2001 建筑抗震设计规范 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2001.

[18] 中华建筑标准设计研究院. J111 - 114 内隔墙建筑构造 [S]. 北京：中国计划出版社，2003.

[19] 中华建筑标准设计研究院. 06SG614 - 1 砌体填充墙结构构造)[S]. 北京：中国计划出版社，2006.

Investigation and Analysis on Earthquake Damages of Non-bearing Walls in Wenchuan Earthquake

Miao Aimei and Chen Kang

(*Shaanxi Architectural Design and Research Institute Co. LTD*, *Xi'an* 710003, *China*)

Abstract: According to surveys on earthquake damages of high-rise buildings in Xi'an and Chengdu (with seismic intensity of Ⅵ ~ Ⅶ degrees) after Wenchuan earthquake, and taking cracks of non-bearing walls of buildings as examples, prone position and floor of high-rise buildings to earthquake damages are pointed out, and causes of the cracks are analyzed. Related surveys show that: in Wenchuan earthquake, seismic performance of non-bearing walls are unsatisfactory in areas of seismic fortification intensity of Ⅵ ~ Ⅷ degrees as the seismic intensity is Ⅵ ~ Ⅶ degrees. Fortification objects of non-bearing walls are called for, and seismic fortification target of load-bearing structural elements should be adaptive to that of the main body structure, which could be a basis of earthquake resistance protection for non-bearing walls in structural design. Qualities of design and construction are thus easy to be evaluated after an earthquake. Earthquake damage and losses of buildings can be decreased by strengthening aseismic structure of non-bearing walls.

Key words: Wenchuan M8.0 earthquake; non-bearing wall; earthquake damage; fortification goal; aseismic structure