

文章编号:1673-2049(2009)02-0116-05

“5·12”汶川地震后陕西宝鸡陈仓区 建筑物震害调查与分析

朱元祥,李航飞,孙东晓

(长安大学 建筑工程学院,陕西 西安 710061)

摘要:根据宝鸡市陈仓区在“5·12”汶川地震后的震害调查资料,对该地区建(构)筑物震害状况进行了统计,并分析了建筑选址、结构选型和建筑抗震构造措施等因素对震害的影响。结果表明:该地区建筑物应选取合适的结构体系来抵御地震作用;应重视建筑结构的抗震构造措施;建筑的选址应避开地质不良地区;宝鸡市陈仓区破坏异常严重,建议重新评定宝鸡市陈仓区的建筑抗震设防等级。所得结论可供该地区今后建筑抗震设计及施工参考。

关键词:“5·12”汶川地震;震害调查;结构选型;建筑选址

中图分类号:TU312.3 **文献标志码:**A

Damage Investigation and Analysis of Buildings in Chencang County of Baoji City, Shaanxi Province After “5·12” Wenchuan Earthquake

ZHU Yuan-xiang, LI Hang-fei, SUN Dong-xiao

(School of Civil Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China)

Abstract: According to damage investigation data in Chencang County, Baoji City after “5·12” Wenchuan Earthquake, the damage situations of building structures in this area were summarized and the influence of construction site, the choice of structural systems, the earthquake-resistance measures, etc. on damage of earthquake were analyzed. The results show that the suitable structure systems should be chosen to resist the seismic action in this area; the earthquake-resistance measures of building structures should be emphasized; the construction site should be chosen to avoid the adverse geological areas. Furthermore, great damage has been destroyed in Chencang County, Baoji City, so it is suggested that the seismic fortification levels should be renewedly assessed. The conclusions can provide references for building seismic design and construction of this area in the future.

Key words: “5·12” Wenchuan Earthquake; damage investigation of earthquake; choice of structural system; construction site

0 引言

2008年5月12日14:28:04,四川汶川县发生里氏8.0级地震^[1-5]。震中位于汶川县映秀镇(东经103.4°,北纬31.0°),震源深度14 km。直接受灾面

积达10⁵ km²,包括震中50 km范围内的区县和震中200 km范围内的大中城市,主要影响地区包括四川、甘肃、陕西等8个省市自治区,中国大部分地区有明显震感,而且泰国曼谷、越南河内等地区也有震感。这次地震具有影响范围广、人员伤亡多、经济

损失巨大的特点,是继 1976 年唐山大地震后中国的又一次特大地震。

1 震害统计

截至 2008 年 7 月 15 日,共发生 4.0 级以上余震达 234 次,其中最大余震为 5 月 25 日 16:21:46 四川青川 6.4 级地震(表 1)。陕西省宝鸡市陈仓区是此次地震陕西省受灾较重地区之一,受灾人数达 40 万,转移安置灾民 16 万,死亡 7 人,受伤 245 人。按照陕西省教育厅布置及要求,长安大学专家组对宝鸡陈仓区进行了房屋震害调查,调查信息统计见表 2。

表 1 4.0 级以上地震发生次数统计

Tab. 1 Statistics of Upward MS 4.0 Earthquake Frequency

时间	6.0 级以上 地震发生次数	5.0~5.9 级 地震发生次数	4.0~4.9 级 地震发生次数
20080512~20080531	5	25	161
20080601~20080630	0	3	31
20080701~20080715	0	1	10

表 2 宝鸡市陈仓区建筑受损调查统计

Tab. 2 Investigation Statistics of Building Damage in Chencang County, Baoji City

建筑用途		倒塌建筑	受损建筑	
			已停止使用	修复后仍可使用
住宅	农村	5 363 间	20 857 间	
	城区	0	50 栋	368 栋
机关单位办公楼		0	20 栋	32 栋
商业楼		0	6 栋	47 栋
校舍		0	20 栋	105 栋
医疗卫生机构		0	2 栋	5 栋

注:因为农村房屋数量多,仅按倒塌与未倒塌来统计。

2 各类结构形式的震害

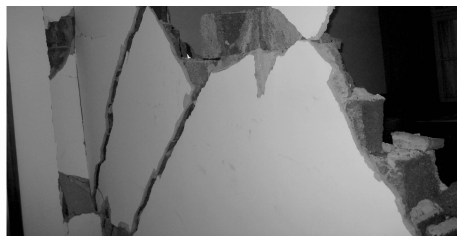
该地区的建筑结构形式主要有:砖混结构、框架结构、框架砌体混合结构、砖土(木)结构。

2.1 砖混结构

陕西省宝鸡市陈仓区建筑结构形式多为砖混结构。该结构在陈仓区不仅数量最多,而且震害也最为严重,倒塌的房屋主要为砖混结构。

砖混结构的破坏特征有:整体倒塌、墙体开裂(窗间墙 X 裂缝及八字裂缝)、预制板脱落、纵横墙拐角处破坏、女儿墙与屋面突变处鞭梢破坏等,如图 1 所示。

该砖混结构破坏的主要原因包括:结构的整体



(a) 梁柱节点的剪切破坏



(b) 柱角的冲切破坏



图 1 砖混结构的震害

Fig. 1 Damage of Masonry-concrete Structures

性差,抗震体系单薄,未设置圈梁、构造柱,预制板之间未拉结,预制板端头之间未填充混凝土等。

若按照《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)^[6]增加一定的构造措施(保证设计有圈梁或构造柱),砖混结构也能抵御一定的地震破坏。在调查中发现有些砖混结构房屋破坏轻微或仅有瓦片甩

落。图 2 所示的砖混结构房屋仅有瓦片甩落, 结构未受损。



图 2 设置抗震构造的建筑

Fig. 2 Building with Anti-seismic Structure

2.2 框架结构

框架结构体系的建筑在该地区数量不多, 虽破坏程度严重, 但据调查未发现有倒塌的情况发生。框架结构破坏有以下几种形式:

(1) 框架填充墙体开裂、倒塌。填充墙体在水平地震作用下横向变形能力差, 并且与柱没有有效的拉结措施, 在水平地震作用下易产生横向通缝或 X 裂缝。部分墙体在多次强余震冲击作用下, 损伤不断积累, 致使变形过大而发生倒塌(图 3)。



图 3 框架结构填充墙的剪切破坏

Fig. 3 Shear Failures of Filler Wall of Frame Structure

(2) 外墙装饰结构破坏。外墙装饰结构一般与主体结构连接较弱。

(3) 梁柱节点处破坏。图 4(a) 为一框架结构梁柱节点在水平地震作用下的剪切破坏, 图 4(b) 为底层框架柱在竖向地震作用下柱角的冲切破坏。

框架结构能抵抗较大的竖向及水平地震作用力, 整体延性好, 能通过变形来消耗地震力, 因此, 框架结构应作为优选的建筑结构形式, 并加以推广应用。

2.3 框架砌体混合结构

框架砌体混合结构有多种形式, 如底框砖混结构(底部框架、上部砖混, 竖向混合)、底层部分框架、部分砌体-上部砖混, 以及部分框架-部分砖混(水平

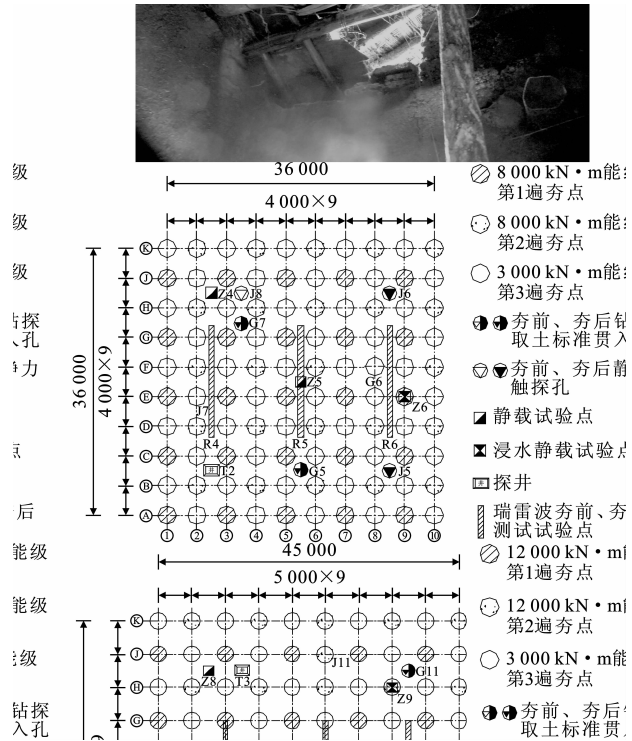


图 4 框架结构梁柱节点的破坏

Fig. 4 Failures of Beam-column Connections of Frame Structure

混合)等。该地区多采用底部框架、上部砖混的底框结构。这类建筑多为临街建筑, 底部采用大跨度、大空间的框架结构, 多为 1 层, 上部多为 4~6 层的砖混住宅。这使得底层框架与上部砌体承重墙构建的承载力和变形能力不协调, 平面抗侧刚度极不均匀, 这种下柔上刚的结构在地震作用下极易使得底层框架变形破坏严重, 但在此次调查中未发现该类建筑有倒塌情况发生。图 5 为底框混合结构的震害情况。

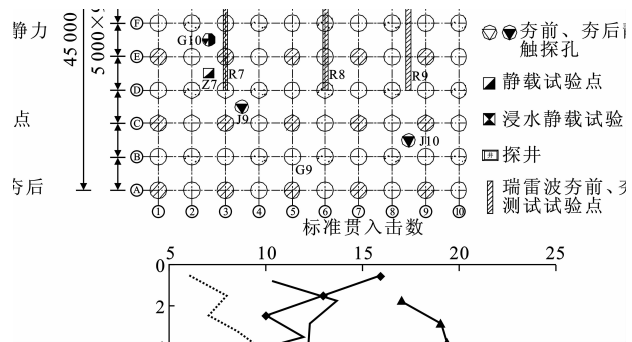


图 5 底框混合结构的震害

Fig. 5 Damage of Base Frame Masonry-concrete Structure

2.4 砖土(木)结构

在该地区, 大量的房屋为砖土(木)结构, 这种结构形式的房屋由于建筑材料强度低、结构整体性差、材料间的简单搭接而难以形成有效的拉结; 此

外,这类房屋使用年限已久,很难抵抗地震作用,结构破坏最为严重。砖土(木)结构在地震中的破坏形式有:

(1)整体倒塌。图 6 为一土坯房的整体垮塌。该地区土坯房的使用期至少有 30 年,并且墙片之间都是独立工作的,整体性很差,整体垮塌现象比较普遍。

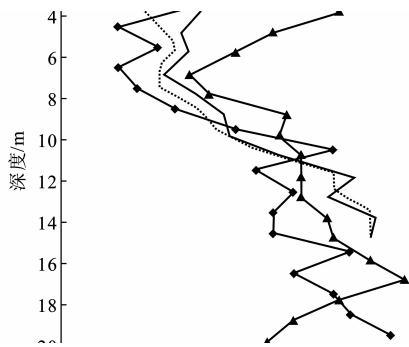


图 6 土坯房的整体垮塌

Fig. 6 Whole Collapse of Adobe Houses

(2)片墙开裂、倒塌。这种破坏形式表现为:山墙、外纵墙的竖向通缝(图 7);纵横墙拐角处的开裂;外纵墙的倒塌。

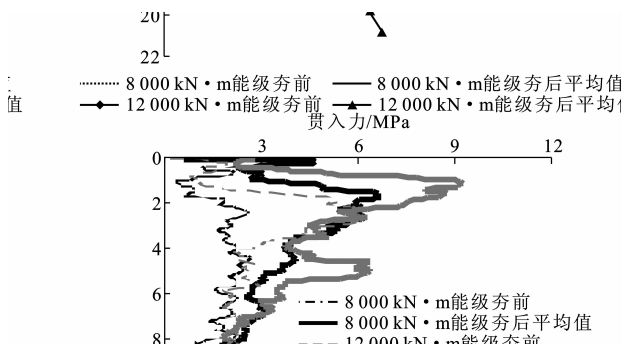


图 7 砖木结构纵墙开裂

Fig. 7 Vertical Wall Cracking of Brick-wood Structure

(3)屋架破坏。木屋架往往是直接搁置在山墙上,没有固定,在地震作用下,屋架易产生水平位移;当竖向地震作用较强时,木屋架下弦易发生断裂破坏(图 8)。

通过对上述 4 种结构体系的抗震能力比较,发现其抗震能力由大到小依次为:框架结构、底框混合结构、砖混结构、砖土(木)结构。因此,在经济允许的条件下,应优先采用框架结构形式的建筑,对砖混结构形式的建筑则应采取一定的抗震构造措施,加强结构的整体工作性能。

另外,调查发现陈仓区比宝鸡市其他区县的震害人员伤亡与经济损失均高出许多,其直接经济损失就达 9.73 亿元。此地区为烈度异常区,建议重新

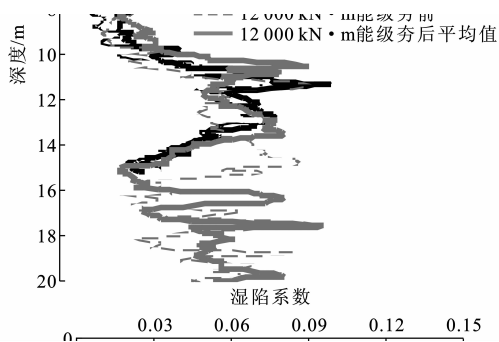


图 8 屋架断裂

Fig. 8 Rupture of Roof Truss

评定陈仓区的抗震设防等级。

3 震害原因分析

3.1 地质原因

陈仓区位于秦岭山脉北麓、渭河冲积平原阶地。地基土表层为黏土,下部为粉土,地下水位高。在地震作用下地基土易发生液化,造成建筑物基础的不均匀沉降,对于未合理进行地基处理的建筑物或未设置抗震构造措施的砖混结构,易导致建筑物整体倾斜或墙体开裂、倒塌。

3.2 抗震设计及施工原因

该地区建筑破坏严重,倒塌房屋基本为砖混结构与砖土(木)结构,而且多为民房。这类结构的房屋几乎均由农户自主设计或农民施工队自行设计,一方面结构的承重体系设计的不合理,而且根本没有抗震设计观念,未设置圈梁、构造柱,墙拐角处也未采用钢筋拉结;另一方面房屋的使用年限已久,土坯房的使用期大都在 30 年以上,砖混结构少则 5~8 年,多则 15~20 年。再者,施工质量差、技术不专业、偷工减料是造成房屋严重破坏的主要原因之一。凡是经正规设计施工的建筑均未发现有大的破坏,经过修补仍可正常使用。

3.3 选址原因

建筑的选址不当是造成此次地震房屋严重破坏的另一原因。调查发现部分建筑处在地质不良地段,如地裂缝处、悬崖下、边坡处、河道旁、低洼处等,这使得房屋在地震作用下隐患更大。因此在建筑修建之前,应探明地质情况,尽量避开地质不良地段或者采取适当的技术措施来保证建筑安全。

4 结语

(1)砌体结构的抗震性能需严格的抗震构造措施和施工质量予以保证,包括合理设置圈梁、构造

柱,纵横墙拐角处设置拉结钢筋,楼屋面最好采用现浇形式等。对于教学楼、医疗卫生机构更应该加强设计,保证有一定的安全储备。否则,这种结构体系在地震中极易造成严重的破坏。据资料统计,砖混结构应用最多,这种结构体系的破坏造成的人员伤亡也最多,尤其是单跨、大开间、大开窗、纵墙承重的教学楼。

(2)调查资料表明,框架结构的抗震性能明显优于其他的抗震结构体系,但框架结构的填充墙、外装饰结构破坏严重,仍造成了严重的人员伤亡和财产损失。在今后的抗震设计中应予以重视,加强填充墙和外装饰结构与框架主体的连接构造措施。

(3)框架砌体混合结构,它虽然结合了框架结构与砖混结构的优点,但这种结构也存在着一些缺点,如竖向刚度分布不均匀、变形不协调、应力集中等。另外,现有规范对这种结构体系未有详细的规定,设计理论不成熟等。今后应重视这种结构体系的研究工作。

(4)对于砖土(木)结构房屋,建议停止作为居住使用,并拆除已存在安全隐患的这类房屋。

(5)建筑施工前,应重视建筑的选址,避开地质不良地段,或者针对不同的地质情况采取合适的措施,保证建筑的安全性。建筑结构选型时,应结合当地的经济条件,选择更有利的抗震结构形式,提高房屋的可靠度。另外,加强对工程建设的监督和管理,避免在施工阶段出现不符合规范要求的建筑工程,保证施工质量。

(6)对于生命线工程,如供水、供气管线、供电设施及通讯设施等应加强设计,重视这类建筑的抗震性能研究,保证灾后救助顺利开展,为抗震抢险救灾赢得宝贵时间。

(7)宝鸡市陈仓区及其周围县区的震害设防调查显示,虽然此次宝鸡地区的地震烈度未超过其抗震设防烈度,但陈仓区的震害情况在宝鸡市最为严重,建议重新评定陈仓区的建筑抗震设防等级。当然,我们也发现规范的一些不足之处,即建筑抗震设计规范中仅给出一些主要城市和地区的抗震设防烈度和大地区内的基本设防烈度等级,对小地区及烈度异常区若按其等级设防,则设防等级较低,这也是宝鸡市陈仓区震害高于周围区县的一个主要原因,故建议细化小地区或烈度异常区的设防烈度等级。

(8)政府应加大房屋抗震知识的宣传,改变传统的建房观念,使人们接受科学的建房观念,提高农村

房屋的抗震能力。对于农村房屋建造,政府可派技术人员给予技术指导,采取合理的抗震构造措施。

参考文献:

References:

- [1] 娄宇,叶正强,胡孔国,等.四川汶川5·12地震房屋震害分析及抗震对策建议[J].建筑结构,2008(8):4-10.
LOU Yu, YE Zheng-qiang, HU Kong-guo, et al. Damage Analysis of Wenchuan Earthquake and Suggested Seismic Fortification Measures[J]. Building Structure, 2008(8):4-10.
- [2] 李宏男,肖诗云,霍林生.汶川地震震害调查与启示[J].建筑结构学报,2008,29(4):10-19.
LI Hong-nan, XIAO Shi-yun, HUO Lin-sheng. Damage Investigation and Analysis of Engineering Structures in the Wenchuan Earthquake [J]. Journal of Building Structures, 2008, 29(4):10-19.
- [3] 史庆轩,杨坤,王秋维,等.汶川大地震村镇中小学建筑的震害调查和分析[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2008,40(5):601-607.
SHI Qing-xuan, YANG Kun, WANG Qiu-wei, et al. Earthquake Damage Investigation and Analysis of Rural Primary and Middle School Buildings in Wenchuan Earthquake [J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology: Natural Science Edition, 2008, 40(5):601-607.
- [4] 宋战平,曾珂,韩晓雷,等.“5·12”汶川地震四川绵竹震害调查及相关问题的讨论和思考[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2008,40(5):625-630.
SONG Zhan-ping, ZENG Ke, HAN Xiao-lei, et al. An Investigation of the Seismic Damage in Mianzhu City and Analysis of Some Problems [J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology: Natural Science Edition, 2008, 40(5):625-630.
- [5] 王林科,薛建阳,赵鸿铁,等.“5·12”汶川地震对宝鸡市陈仓区工业厂房破坏的调查及震害分析[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2008,40(5):637-641.
WANG Lin-ke, XUE Jian-yang, ZHAO Hong-tie, et al. Investigation and Analysis: Seismic Damage to the Workshop Buildings in Chencang District of Baoji City [J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology: Natural Science Edition, 2008, 40(5):637-641.
- [6] GB 50011—2001,建筑抗震设计规范[S].
GB 50011—2001, Code for Seismic Design of Buildings [S].