

# 陕南村镇房屋抗震性能调查研究<sup>1</sup>

郭光玲 张科强 刘喜平

(陕西理工大学, 土木工程与建筑学院, 陕西汉中 723000)

**摘要** 村镇房屋是历次震害中最薄弱的建筑, 提高其抗震性能刻不容缓。本文依据《中国地震动参数区划图》(GB18306—2015)的地震动峰值加速度、反应谱特征周期和地震烈度的取值, 以陕南6县18镇54个自然村的1161栋村镇房屋为抽样样本, 完成样本的结构类型、结构类型的破坏比及破坏损失比、场地条件、抗震概念设计、村民的抗震知识和抗震防灾意识等现状的统计分析。结果表明: 陕南村镇房屋的结构类型有生土结构、木结构、砖木结构、砖混结构和框架结构, 其中砖混结构是其主要的抗震结构类型; 砖木结构、砖混结构和框架结构在不同地震烈度影响下的破坏比有差异, 而破坏损失比相同; 陕南村镇房屋的场地条件变化复杂, 抗震概念设计存在缺陷且村民的抗震知识和抗震防灾意识淡薄, 亟待提高。

**关键词:** 村镇房屋 结构类型 地震动参数 抗震概念设计 抗震性能

## 引言

我国是一个地震多发、震灾严重且农业人口占比较多的国家, 许多村镇位于地震高危地区。历次震后灾害调查显示村镇房屋的倒塌和损毁远大于城市, 导致这种情况的原因是: 村镇居民缺乏抗震防灾意识、抗震防灾技术引导及抗震防灾的监管; 村民在修建房屋很少考虑房屋的抗震性能, 基本采用传统建造工艺和方法, 使用新材料建“旧”房子, 普遍未进行正确的抗震设防或设防不足, 在遭受地震时, 这些房屋将会出现“小震致灾、大震大灾”的灾害规律(王瑛等, 2005; 杨钦杰等, 2016)。因此在地震活动频繁的区域, 要防止和减轻村镇房屋的震害造成村民的人员伤亡和财产损失, 就必须提高村镇房屋的抗震性能(欧盛, 2011; 朱雁茹等, 2016)。

陕南地区北靠秦岭、南倚大巴山, 从西往东依次是汉中、安康、商洛三市, 属地震活动强度和频度较高的青藏高原地震区龙门山地震带的一部分, 2008年发生在汶川的8.0级特大地震使区域内房屋震损严重。为提高区域内村镇房屋的抗震能力, 笔者依据《中国地震动参数区划图》(GB18306—2015)(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等, 2015)的地震动峰值加速度、反应谱特征周期和地震烈度, 选取区域内有代表性的6个县, 对其内村镇房屋的既有结构类型、场地条件、抗震设防情况以及村民的抗震意识现状等进行了实地调研,

<sup>1</sup> 基金项目 陕西省教育厅科学研究计划专项项目(16JK1143)

[收稿日期] 2017-02-27

[作者简介] 郭光玲, 女, 生于1973年。副教授。主要研究领域为建筑结构抗震检测加固及试验研究。E-mail: ggl750320@126.com

客观描述区域内既有村镇房屋的抗震现状，为陕南地区科学设计新建建筑和合理地改造现有建筑（尹之潜，1995）提供技术支持。

## 1 抗震调查范围和内容

### 1.1 调查范围

为尽可能反映较大范围村镇房屋抗震设防的实际情况，本文采取分区抽样和入户调查的方式。依据文献（中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等，2015），考虑具有一定代表性的地震动峰值加速度、反应谱特征周期和地震烈度的行政区划县和镇，选取略阳县、宁强县、镇巴县、镇坪县、旬阳县、商南县等 6 个县 18 个镇 54 个自然村的既有村镇房屋（共计 1161 栋）为抽样调查样本，其地理位置分布和地震动参数分别如图 1 和表 1 所示。

### 1.2 调查内容

调查内容包括农户家的总收入、建房时间、结构类型、建房总费用、房屋面积、房屋层数，房屋纵横墙布置情况、房屋开间进深、层高、总高、房屋墙体厚度、楼（屋）盖类型、建造地形和场地条件、设计建造方式、承重构件建筑材料及外观状态、平立面结构布局、承重构件连接方式、抗震设防情况以及村民的防震意识情况等。

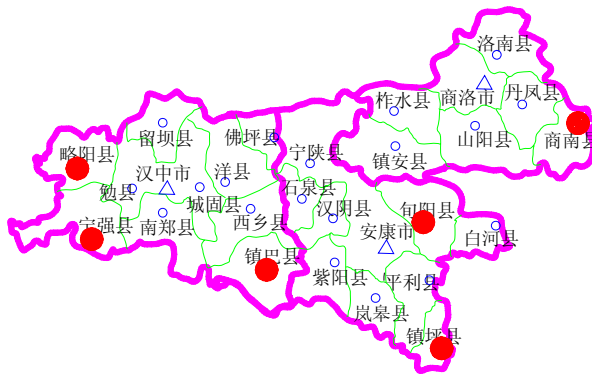


图 1 调查区域分布示意图

Fig. 1 Distribution of the investigated area

表 1 调查区域地震动参数（II 类场地）

Table 1 Seismic ground motion parameters of the surveyed area (Type II site)

行政区划名称（县）	行政区划名称（镇）	峰值加速度/g	反应谱特征周期/s	地震烈度
略阳县	郭镇	0.20	0.4	Ⅷ度
	两河口镇	0.15	0.4	Ⅶ度
	观音寺	0.10	0.4	Ⅶ度
宁强县	青木川镇	0.15	0.4	Ⅶ度
	高寨子镇	0.10	0.4	Ⅶ度
	神家崖岩	0.05	0.4	Ⅵ度
镇巴县	杨家河镇	0.05	0.35	Ⅵ度

续表

行政区划名称 (县)	行政区划名称 (镇)	峰值加速度/g	反应谱特征周期/s	地震烈度
镇巴县	长岭镇	0.05	0.35	Ⅵ度
	平安镇	0.05	0.4	Ⅵ度
镇坪县	子午镇	0.05	0.45	Ⅵ度
	两河口镇	0.05	0.4	Ⅵ度
	峡口镇	0.05	0.35	Ⅵ度
商南县	青山镇	0.10	0.35	Ⅶ度
	白浪镇	0.05	0.35	Ⅵ度
	十里坪	0.05	0.4	Ⅵ度
旬阳县	双河镇	0.05	0.4	Ⅵ度
	金寨镇	0.10	0.4	Ⅶ度
	石门镇	0.10	0.35	Ⅶ度

## 2 调查数据统计及分析

### 2.1 结构类型

本次抽查样本分布于平坝、丘陵和山地等 3 种地貌之中, 村民建房选择当地的木材、生土、粘土砖及购买少量的钢筋、水泥和白灰等, 建造结构类型有生土结构 (图 2 (a))、木结构 (图 2 (b))、砖木结构 (图 2 (c))、砖混结构 (图 2 (d)) 和框架结构等, 不同行政区域内的房屋结构调查统计如表 2 所示。

从表 2 可以看出, 陕南村镇房屋的结构类型有生土结构、木结构、砖木结构、砖混结构和框架结构等 5 种, 这些结构类型在不同行政县域内分布比例不尽相同, 但结构类型的分布趋势大致相同, 其比例的差异主要与县域所处的地理位置和交通环境有关 (村民新建房屋大多模仿周围的房屋结构类型及考虑取材方便), 其中砖混结构所占比例高达 60.3%, 说明砖混结构是陕南村镇房屋的主要结构类型。在调研中还发现这 5 种结构类型修建的年代也有一定的时间关系, 即生土结构和木结构修建于 1980 年以前, 目前少有村民居住; 砖木结构修建于 1980—1990 年, 砖混结构修建于 1990 年至今, 这两种结构类型目前正常使用; 框架结构只在近几年修建于地理和交通较好的个别村镇。同时在这 5 种结构类型中, 生土结构和木结构年久失修, 安全隐患多, 抗震性能差, 已在逐步被拆除; 框架结构抗震性能好, 虽然其造价高且设计建造难度大, 但也成为村镇的新型结构类型; 砖混结构由于其取材方便、设计建造工艺简单, 成为村镇房屋的主要抗震结构类型。

表 2 房屋结构类型统计表

Table 2 Statistics of structure type of the buildings

行政县名称	房屋结构类型数量 (比例)					样本总数
	生土结构	木结构	砖木结构	砖混结构	框架结构	
略阳	42 (16.1%)	3 (1.1%)	56 (21%)	156 (60%)	4 (1.5%)	261
宁强	30 (11.2%)	4 (1.5%)	89 (33%)	121 (45%)	24 (9.0%)	268

续表

行政县名称	房屋结构类型数量 (比例)					样本总数
	生土结构	木结构	砖木结构	砖混结构	框架结构	
镇巴	72 (22.2%)	4 (1.2%)	30 (9%)	218 (67%)	0	324
镇坪	21 (6.5%)	8 (2.5%)	112 (35%)	172 (53%)	11 (3.4%)	324
商南	10 (4.9%)	10 (4.9%)	14 (7%)	165 (81%)	4 (1.97%)	203
旬阳	12 (5.2%)	3 (1.3%)	45 (19%)	171 (74%)	0 (0)	231
合计	187 (11.6%)	32 (1.9%)	378 (23.5%)	971 (60.3%)	43 (2.7%)	1611



(a) 生土结构



(b) 木结构



(c) 砖木结构



(d) 砖混结构

图 2 结构类型

Fig. 2 Structure type

## 2.2 结构类型的破坏比及破坏损失比分析

### (1) 结构类型的破坏比

未来地震灾害的大小, 主要取决于地震强度和现有建筑的抗震能力。陕南农村地处中国农村房屋震灾脆弱性较高的地区(高晓路等, 2012), 发生破坏性地震的概率较大, 考虑区域内的房屋结构因素(结构类型的种类、比例、建造时间、建造方式、建造场地、抗震设防情况等)、地震因素(地震强度和现有建筑的抗震能力)和人口经济因素(经济条件、文化水平和抗震设防意识等), 参考和借鉴已有文献资料(尹之潜等, 1991; 周全光等, 2010; 刘毅等, 2011; 潘长明, 2012; 高晓路等, 2012) 分析得到陕南村镇的砖木结构、砖混结构和框架结

构类型房屋在不同地震烈度影响下的破坏比（中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等，2012），如表 3 所示。

表 3 砖木结构、砖混结构和框架结构的破坏比（%）

Table 3 The damage ratio of brick-wood structure, brick-concrete structure and frame structure (%)

地震烈度	结构类型	震害等级				
		毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
VI	砖混结构	0	0	6	14	80
	框架结构	0	0	11	55	34
VII	砖混结构	0	9	29	39	23
	框架结构	0	7	42	49	2
VIII	砖混结构	5	20	30	35	10
	框架结构	5	37	50	9	0
IX	砖混结构	20	40	25	10	5
	框架结构	58	39	3	0	0
地震烈度	结构类型	毁坏		破坏		基本完好
VI	砖木结构	2		22		76
VII		27		56		17
VIII		51		49		0
IX		90		10		0

## （2）结构类型破坏损失比

地震所造成建筑物的破坏损失比，是指不同破坏等级的建筑物修复、重建单位面积所需费用与其单价的比（周全光等，2010）。由于涉及到地震后各类不同破坏等级房屋本身的价值评估，损失比的确定显得更为困难。《地震现场工作（第 4 部分）：灾害直接损失评估》（GB/T18208.4—2011）（中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等，2012）提出将框架结构和砖混结构的破坏等级分为毁坏、严重破坏、中等破坏、轻微破坏和基本完好；砖木结构房屋的破坏等级分为毁坏、破坏和基本完好（即将毁坏、严重破坏合并为毁坏，将中等破坏、轻微破坏合并为破坏，基本破坏保留），规定了房屋建筑破坏损失比的取值范围，因此初步评估时可按表 4 选取陕南村镇房屋破坏损失比（杨钦杰等，2016）。

表 4 砖木结构、砖混结构和框架结构破坏损失比（%）

Table 4 Loss ratio of brick-wood structure, brick-concrete structure and frame structure (%)

结构类型	震害等级				
	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
框架结构	81—100	46—80	16—45	6—15	0—5
砖混结构	81—100	46—80	16—45	6—15	0—5
砖木结构	毁坏		破坏		基本完好
	80—100		30—50		0—5

### 2.3 村民抗震知识和抗震防灾意识情况

村民抗震知识和抗震防灾意识调查情况统计如表 5 和表 6 所示。由表 5 和表 6 可知, 陕南村民中有 89% 的村民了解地震, 有 21% 的村民对房屋抗震知识有所了解, 有 15% 的村民意识到房屋抗震的必要性, 有 14% 的村民对房屋抗震有自己的看法。村民了解抗震知识的途径匮乏, 通过村镇讲座这一途径了解的只占 5%; 而理解国家为保证房屋质量安全所颁布的抗震规范规定中的一些基本的强制性标准 and 要求的也只有 64%。因此, 本区域内大部分村民对地震是了解的, 因为经历过 2008 年的汶川地震, 大多数人对于房屋抗震的必要性还是比较认可的, 但是对房屋抗震知识的了解非常少, 且途径单一, 说明政府宣传普及抗震知识的力度不够。大多数村民对于房屋的抗震设防都是遵从村镇房屋建筑工匠的意见, 缺乏专业知识的支撑, 所以政府相关部门必须加快房屋抗震知识的宣传, 扩大宣传途径及范围, 让更多村民了解房屋抗震的必要性和房屋的抗震设防知识, 实施村镇房屋抗震安居工程; 同时应加强针对农村房屋抗震设防的相关法律法规和设计、施工规范的制定与政策宣传引导。

表 5 村民抗震知识情况统计表 (%)

Table 5 Statistics of anti-seismic knowledge of villagers (%)

问题	是 (有)	否 (无)	问题	选项	否 (无)
知道或了解地震吗?	89	11	通过何种途径了解抗震知识	电视	65
是否意识抗震的必要性	15	85		手机	13
是否了解房屋抗震知识	21	79		村镇讲座	5
对房屋抗震有没有自己的看法	14	86		其它途径	17

表 6 村民抗震意识情况统计表 (%)

Table 6 Statistics of anti-seismic awareness of villagers (%)

问题	观点选项	比例
为保证房屋质量安全, 对国家抗震规范规定的一些基本的强制性标准和要求, 以保证房屋的质量安全, 你的观点	国家应该规定, 可以接受	64
	国家可以规定, 但限于经济水平, 可能无法接受	28
	规定与否无关紧要	8

### 2.4 村镇房屋抗震概念设计情况

建筑抗震概念设计是指根据地震灾害和工程经验等所形成的基本设计原则和设计思想, 进行建筑和结构总体布置并确定细部构造的过程 (中华人民共和国住房和城乡建设部等, 2016)。在村镇房屋的建造设计时要考虑建筑场地、抗震构造措施、建筑形体及其构件布置的规则性。

#### 2.4.1 建筑场地选择

建筑场地的地质条件与地形地貌对建筑物震害有显著影响, 合理选择建筑场地, 可以减轻建筑物的震害。文献 (中华人民共和国住房和城乡建设部, 2008) 根据场地上建筑物的震害轻重, 把建筑场地划分为对建筑抗震有利、不利和危险的地段。依据文献 (中华人民共和国住房和城乡建设部, 2008) 中建筑场地地段的划分, 对图 1 和表 1 中确定的样本县、样本镇的房屋建筑场地地段情况进行了统计, 结果如表 7 所示。由表 7 可知, 不同样本镇的房屋

所处的 3 种地段的比例差异较大：建造在危险地段房屋比例最高的为略阳县郭镇（36.9%）、比例最低的为旬阳县双河镇（15.30%）；建造在不利地段房屋比例最高的为镇坪县两河口镇（60.4%）、比例最低的为镇巴县长岭镇（33.0%）；建造在有利地段的房屋比例最高的为旬阳县金寨镇（40.80%）、比例最低的为镇坪县峡口镇（18.90%），这些数据说明陕南村镇房屋所处的场地条件复杂，在进行陕南村镇房屋设计建造时要精准确定房屋的场地条件、选择场地类别并采用合理的地震动参数和有关的抗震构造措施。文献（中华人民共和国住房和城乡建设部等，2016）规定：“在选择建筑场地时，宜尽量选择对结构抗震有利的地段；尽可能避开对结构不利的地段；除非特殊需要，不得在抗震危险地段上建造工程结构”，由于陕南地势地貌（丘陵、平坝和河川）复杂，村民建房时只考虑居住出行方便，多选择依山沿路或傍水，不考虑建筑地段的地质灾害危险性。因此，对陕南已建在危险地段的村镇房屋，应考虑易地重建，这是因为危险地段的场地在地震作用下可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等，导致地基失效引起上部房屋的倒塌损毁；对陕南已建在不利地段的村镇房屋，应进行详细的场地评价并采取相应的基础隔震、消能减震或其它抗震加固措施，以保证建筑场地的稳定性；对陕南拟建在不利地段的村镇房屋，应提出避开要求。

表 7 村镇房屋建筑场地划分情况统计

Table 7 Statistics of construction sites of buildings in rural area

样本县 (样本数)	样本镇	有利地段 比例	不利地段 比例	危险地段 比例	样本县 (样本数)	样本镇	有利地段 比例	不利地段 比例	危险地段 比例
略阳县 (261)	郭镇	21.00%	42.10%	36.90%	镇坪县 (324)	子午镇	24.10%	54.80%	21.10%
	两河口镇	25.10%	40.40%	34.50%		两河口镇	21.30%	60.40%	18.30%
	观音寺	27.20%	42.20%	30.60%		峡口镇	18.90%	54.60%	26.50%
	合计	30.00%	50.00%	20.00%		合计	21.50%	58.00%	20.50%
宁强县 (268)	青木川镇	27.90%	50.20%	21.90%	商南县 (203)	青山镇	29.70%	47.20%	23.10%
	高寨子镇	28.50%	49.50%	22.00%		白浪镇	30.30%	49.00%	20.70%
	神家崖岩	33.60%	48.20%	18.20%		十里坪	32.40%	41.90%	25.70%
	合计	29.00%	37.00%	34.00%		合计	30.40%	45.20%	24.40%
镇巴县 (324)	杨家河镇	25.50%	47.80%	26.70%	旬阳县 (231)	双河镇	36.30%	48.40%	15.30%
	长岭镇	29.40%	33.00%	37.60%		金寨镇	40.80%	36.40%	22.80%
	平安镇	28.70%	43.10%	28.20%		石门镇	33.90%	45.90%	20.20%
	合计	28.00%	42.50%	29.50%		合计	36.00%	45.00%	19.00%

#### 2.4.2 建筑形体和结构布置

建筑设计应重视其平面、立面和剖面的规则性对抗震性能及经济合理性的影响，宜择优选用规则的形体，其抗侧力构件的平面布置宜规则对称，侧向刚度沿竖向宜均匀变化，竖向抗侧力构件的截面尺寸和材料强度宜自下而上逐渐减小，避免侧向刚度和承载力突变（中华人民共和国住房和城乡建设部等，2016）。由于调查区域内村镇房屋自行设计建造的比例为 76.8%，村镇工匠设计建造的比例为 21.7%，正规设计建造的比例仅为 1.5%，因此造成既有房屋平面上凹凸曲折不规则的比例为 47.8%、立面上高低错落不规则的比例为 23%，门窗洞

口布置过大不规则的比例为 39%。这样的房屋或因局部消弱或突变成薄弱部位,产生过大的应力集中或塑形变形集中而破坏,或因质量中心与刚度中心不重合而在地震作用下发生扭转破坏。

#### 2.4.3 抗震构造措施

##### (1) 墙体构造柱和圈梁

文献(中华人民共和国住房和城乡建设部,2008;中华人民共和国住房和城乡建设部等,2016)规定:“一层房屋所有纵横墙的基础顶部,每层楼、屋盖(墙顶)标高处应设置配筋砖圈梁且屋盖处内横墙方向上圈梁间距不应大于 8m;二层房屋设置现浇钢筋混凝土圈梁,楼梯四周应设置现浇钢筋混凝土圈梁,有檩屋盖山墙还应设置爬山圈梁”。本次调查统计区域内房屋层数的情况为:1层占 36.7%,2层占 62.3%,3层占 1%,可见村镇房屋以 2 层房屋为主。砖木结构和砖混结构(统称砌体结构)墙体是否设置圈梁和构造柱的统计结果如表 8 所示。

表 8 砌体结构抗震构造措施统计表

Table 8 Statistics of anti-earthquake measures for masonry structures

名称	圈梁、构造柱		
	设置齐全数量(比例)	设置部分数量(比例)	没有设置数量(比例)
略阳	67(31.5%)	53(25%)	92(43.5%)
宁强	55(26%)	67(32%)	88(42%)
镇巴	32(13%)	154(62%)	62(25%)
镇坪	(107) 37.5%	91(32%)	87(30.5%)
商南	25(13.8%)	125(69.5%)	30(16.7%)
旬阳	60(28%)	108(50%)	30(22%)
合计	345(26%)	598(44%)	407(30%)

由表 8 可以看出,圈梁和构造柱设置齐全的仅占 26%,不同县域内砌体墙体圈梁构造柱的设置情况比例不一致,这说明不同县域村民的文化水平、经济条件和抗震意识有差异,但总体情况为陕南村镇居民没有意识到圈梁和构造柱在提高砌体房屋抗震性能的重要性。文献(中华人民共和国住房和城乡建设部等,2016)要求处于抗震设防区的砌体结构必须设置圈梁和构造柱,这是由于圈梁是砌体房屋的一种经济、有效的抗震措施:首先,设置圈梁后由于圈梁的约束作用,使纵横墙可保持为一个整体的箱型结构,能有效地抵抗来自任何方向的水平地震作用;其二,圈梁作为楼盖的边缘构件,提高了楼盖的水平刚度,使局部地震作用等能够分配给较多的砌体墙来承担,减轻了纵横墙出平面破坏的危险性;再者,圈梁还能够限制墙体斜裂缝的开展和延伸,使墙体的抗剪强度得以充分发挥和提高;此外,楼(屋)盖处和基础处的圈梁,可以减轻和防止地震时的地表裂隙将房屋撕裂而造成的破坏。构造柱能显著提高墙体和房屋的延性,而房屋延性的提高能够有效耗散输入房屋的地震能量,即能有效提高砌体房屋的抗震能力,同时圈梁-构造柱能包围砌体结构使之闭合成整体,即可有效提高房屋结构的极限承载力、变形和耗能能力,防止墙体倒塌,有效提高结构的整体性能和抗震性能(陈婧怡,2013)。

##### (2) 钢筋混凝土楼盖、屋面板及有檩木屋盖结构

陕南村镇房屋楼(屋面)盖(板)的类型统计如表 9 所示。由表 9 可知,调查区域内楼



(屋面)盖(板)的类型中存在一定比例的预制板,同时在调查中还发现这些构件与周围构件的连接存在缺陷,如墙体没有同时咬槎砌筑(如施工时留马牙槎)无拉接措施、楼(屋面)盖(板)与墙体无连接、檩条与山墙无锚固措施、硬山搁檩屋盖将檩条直接放置在房屋横隔墙和山墙上而无搭(连)接措施、椽条与檩条无搭(连)接措施以及屋面瓦无防梭措施等。这些部位的构件整体性差,在地震作用下易发生严重破坏或散落伤人,存在安全隐患。

表 9 楼(屋)盖的类型统计

Table 9 Statistics of building roof types

名称	楼盖		屋盖	
	现浇钢筋混凝土板	预制圆孔板	现浇钢筋混凝土板	有檩木屋盖间板瓦结构
数量	712	169	1013	370
比例	80.8%	19.2%	72.8%	27.2%

### 3 结论

(1) 陕南村镇房屋的结构类型有生土结构、木结构、砖木结构、砖混结构和框架结构 5 类,其比例分别为 11.6%、1.9%、23.5%、60.3%和 2.7%。其中生土结构、木结构将逐步被拆除;框架结构为陕南村镇房屋的新型结构类型;砖混结构是陕南村镇房屋的主要抗震结构类型。

(2) 陕南村镇砖木结构、砖混结构和框架结构房屋在不同地震烈度影响下的破坏比显示:随着地震烈度的提高,结构的震害等级提高,且破坏比增大;砖木结构、砖混结构和框架结构破坏损失比显示:某类房屋在不同破坏等级下修复或重建时的破坏损失比相同。

(3) 陕南村镇的地震动参数变化幅度大且所处的场地条件复杂。既有房屋所处的建筑场地地段分布不均,应分情况采取工程措施保证建筑场地的稳定性,并严格按照文献(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等,2015)确定不同行政镇的地震动参数设计建造上部结构。

(4) 陕南村镇房屋在建筑平立面布置、门窗洞口布置、建筑材料选择、墙体圈梁和构造柱设置、构件之间的连接等影响房屋抗震性能的抗震概念设计方面存在缺陷。

(5) 陕南村民的地震知识、了解地震知识的途径、对抗震知识的理解运用、对房屋抗震设防必要性的认识,以及为保证房屋质量安全,对国家规定的一些基本的强制性标准 and 要求的接受程度等急需普及和加强,以便为推广建设抗震农居奠定文化基础。

### 参考文献

- 陈婧怡, 2013. 砖混结构抗震性能试验研究之三——外加圈梁和构造柱结构. 北京: 北方工业大学.
- 高晓路, 季珏, 金凤君等, 2012. 中国农村房屋震灾脆弱性评估及其成因分析. 地理学报, 7(2): 211—220.
- 刘毅, 吴绍洪, 徐中春等, 2011. 自然灾害风险评估与分级方法论探研——以山西省地震灾害风险为例. 地理研究, 30(2): 195—208.
- 欧盛, 2011. 砖砌体房屋震害预测方法研究. 北京: 中国地震局工程力学研究所.
- 潘长明, 2012. 西北农村地区房屋调查分析与危险性鉴定方法研究. 西安: 西安建筑科技大学.
- 王瑛, 史培军, 王静爱, 2005. 中国农村地震灾害特点及减灾对策. 自然灾害学报, 14(1): 82—89.

- 杨钦杰, 刘华贵, 高鹏飞等, 2016. 广西农村民居抗震性能调查研究. 震灾防御技术, **11** (1): 100—110.
- 尹之潜, 李树楨, 赵直等, 1991. 地震灾害预测与地震灾害等级. 中国地震, **7** (1): 9—19.
- 尹之潜, 1995. 城市地震灾害预测的基本内容和减灾决策过程. 自然灾害学报, **4** (1): 17—25.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2012. GB/T 18208.4—2011 地震现场工作 第4部分: 灾害直接损失评估. 北京: 中国标准出版社.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2015. GB 18306—2015 中国地震动参数区划图. 北京: 中国标准出版社.
- 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中国建筑标准设计研究院, 2008. SG618-1~4 农村民宅抗震构造详图 (2008年合订本). 北京: 中国计划出版社.
- 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2016. GB 50011—2010 建筑抗震设计规范 (附条文说明) (2016年版). 北京: 中国建筑工业出版社.
- 周全光, 卢永坤, 非明伦等, 2010. 地震灾害损失初步评估方法研究. 地震研究, **33** (2): 208—215.
- 朱雁茹, 谢杰, 钟宪明等, 2016. 既有村镇房屋现状调查及抗震对策研究展望. 工程抗震与加固改造, **38** (2): 150—158.

## Investigation on Seismic Performance of Buildings in Rural Areas of Southern Shaanxi Province

Guo Guangling, Zhang Keqiang and Liu Xiping

(School of Civil Engineering and Architecture, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, Shaanxi, China)

**Abstract** Since buildings in rural areas are usually the worst case in the previous earthquake damage, improving their anti-earthquake performance is urgent and without any delay. Based on the seismic peak ground acceleration, characteristic period of the acceleration response spectrum of China Seismic Ground Motion Parameters Zonation Map (GB18306—2015), we taken 1,161 buildings in 54 villages of 18 towns of 6 counties in southern Shaanxi as samples, to conduct statistical studies on the structural type, the damage ratio and the loss ratio, in-site condition, the anti-seismic knowledges and disaster prevention awareness of the villagers and the seismic concept design of buildings. The results show that the structure of the houses in rural areas of southern Shaanxi is composed of earth structure, wood structure, brick-wood structure, brick-concrete structure and frame structure. Among these structures, the brick and concrete structure are the main anti-earthquake structure system in southern Shaanxi. These brick-wood structure, brick-concrete structure and frame structure have different damage ratio but the same loss ratio, under the effect of different seismic intensity. Meanwhile, The in-site condition of southern Shaanxi buildings in rural areas are complicated, and there still exists defects in the anti-earthquake design. The anti-earthquake awareness of the villagers needs to be improved urgently too.

**Key words:** Buildings in rural areas; Structure type; Seismic ground motion parameters; Seismic concept design; Seismic performance