

陕南村镇住宅结构体系抗震能力评价研究 ——以汉中市留坝县为例¹

郭光玲

(陕西理工大学, 土木工程与建筑学院, 陕西汉中 723000)

摘要 村镇住宅倒塌或损毁是造成村民财产损失和人员伤亡的直接原因, 结构抗震性能是防灾减灾关注的重点。对汉中市留坝县 8 个行政镇 75 个自然村 11570 栋住宅结构体系、建筑年代、各组成部分损坏特征和抗震设防情况等进行调查, 统计分析村镇经济水平、住宅结构体系抗震设防缺陷、空间分布特征和危险性等级; 完成村镇住宅结构体系震害预测和易损性指数分析。研究结果表明: 97.72% 的村镇住宅满足正常使用要求, 但 74% 的住宅结构体系存在抗震设防缺陷; 村镇住宅受村镇经济水平和地理交通、施工技术及村民抗震设防知识等因素制约, 既有结构体系倒塌或损毁的概率大、易损性强、抗震能力差。

关键词: 村镇住宅 结构体系 危险性等级 易损性指数 抗震能力

引言

我国是一个农业大国, 至少有 9 亿人居住在农村, “三农”问题一直是党和政府关注的重点, 近年来随着国家新农村建设、精准扶贫和乡村振兴战略等政策的持续推进, 村镇住宅平均每年以 6—7 亿 m^2 的建设速度发展 (丁晓燕, 2016), 但其遭遇自然灾害时, “小灾大损、大灾巨损”的情况屡屡发生, 村镇住宅结构体系抗震能力已成为学术界研究的热点 (陈宝魁等, 2018; 郭文元, 2018; 吴珍云等, 2018; 姚新强等, 2017; 周强等, 2016; 姜旋, 2014)。汉中属地震活动强度和频度高的青藏高原地震区龙门山地震带的一部分, 域内村镇住宅受 2008 年汶川地震的影响震损严重。因此开展域内村镇住宅结构体系抗震能力评价研究, 在脱贫攻坚和乡村振兴战略实施过程中具有重要的现实意义。

本文以陕南地区汉中市留坝县为试点, 对县域内村镇住宅结构体系、建筑年代、各组成部分损坏特征和抗震设防情况等逐一展开详实调查, 客观展示域内村镇住宅结构体系抗震能力现状, 旨在为陕南地区科学合理地进行人居环境提升改造提供理论支撑和技术指导。

1 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] 2019-04-04

[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

续表

镇(办)名称	农户总数/户	贫困户户数/比例	非贫困户户数/比例
紫柏街道办	1255	61/4.86%	1194/95.14%
玉皇庙镇	1589	170/10.70%	1419/89.30%
武关驿镇	1708	209/12.24%	1499/87.76%
留侯镇	934	93/9.96%	841/90.04%
江口镇	2740	234/8.54%	2506/91.46%
马道镇	1599	140/8.76%	1459/91.24%
合计	11570	1098/9.49%	10472/90.51%

表 1 表明青桥驿镇、武关驿镇和玉皇庙镇贫困户比例高于 10%，而其余 5 镇(办)贫困户比例均低于 10%；青桥驿镇贫困户比例(17.39%)最高、紫柏街道办贫困户比例(4.86%)最低；贫困户比例高低和分布显示出不同行政镇的经济水平。同时由图 1 可知马道镇、武关驿镇、青桥驿镇、江口镇有银昆高速公路通过，留侯镇有紫柏山国家 4A 级旅游景区，紫柏街道办为留坝县县驻地，火烧店镇有陕西首家稻草人主题公园，因此随着国家对西部贫困地区交通设施、生态补偿和经济建设的大力投入，贫困地区经济水平不断提高。

2.2 村镇住宅结构体系空间分布特征分析

域内村镇住宅按承重骨架建筑材料可分为土木结构、砖木结构和砖混结构 3 类典型结构体系，其中土木结构包括土坯(夯土)墙承重结构(见图 2(a)、2(b))、木构架土墙混合承重结构(见图 2(c))和木构架承重结构(见图 2(d))；砖木结构(见图 2(e))承重体系为木屋(楼)盖、横向砖墙、石(砖)基础等；砖混结构(见图 2(f))承重体系为混凝土(木)屋盖、混凝土楼板、横向砖墙、石(砖)基础等。

各镇(办)结构体系空间分布统计结果如表 2 所示。

表 2 结构体系空间分布统计

Table 2 Statistics on spatial distribution of structure systems

镇(办)名称	房屋总数/户	房屋结构类型数量(户)/比例		
		土木结构	砖木结构	砖混结构
火烧店镇	1078	217/20.13%	144/13.36%	717/66.51%
青桥驿镇	667	296/44.38%	131/19.64%	240/35.98%
紫柏街道办	1255	92/7.33%	89/7.09%	1074/85.58%
玉皇庙镇	1589	580/36.50%	185/11.64%	824/51.86%
武关驿镇	1708	482/28.22%	247/14.46%	979/57.32%
留侯镇	934	208/22.27%	218/23.34%	508/54.39%
江口镇	2740	565/20.62%	278/10.15%	1897/69.23%
马道镇	1599	292/18.26%	198/12.38%	1109/69.36%
合计	11570	2732/23.61%	1490/12.88%	7348/63.51%

由表 2 可知，土木结构比例较高的镇为青桥驿镇(44.38%)、玉皇庙镇(36.50%)和武关驿镇(28.22%)，结合村民家庭经济情况，可知这 3 个镇的地理交通和经济水平一般，村



(a) 土坯墙结构



(b) 夯土墙结构



(c) 木构架土墙结构



(d) 木构架结构



(e) 砖木结构



(f) 砖混结构

图 2 典型结构体系

Fig. 2 Typical structure systems

民选择当地可得的木材和生土等材料建房；砖木结构比例最高的为留侯镇（23.34%），说明留侯镇地理交通经济水平较好，便于购买运输水泥、钢筋等建筑材料，并使用当地粘土和木材建房；砖混结构比例超过 60% 的镇（办）为紫柏街道办（85.58%）、马道镇（69.36%）、江口镇（69.23%）和火烧店镇（66.51%），说明这 4 个镇（办）的地理交通、经济水平、建筑材料和施工技术满足建造砖混结构的条件，村民重建、改造提升住宅的意愿迫切且建造速率较快。因此村镇住宅结构体系与行政镇地理交通位置、施工技术、村民经济水平、村民造房所用材料易得性、村民建房更新改造升级速率等因素有关。

2.3 村镇住宅结构体系建筑年代统计分析

依据调研数据, 域内村镇住宅结构体系建造时间统计结果如表 3 所示。

表 3 结构体系建造时间统计

Table 3 Statistics on construct time of structure systems

镇(办) 名称	结构 类型	住宅 户数	建造时间(数量及比例)							
			1980 年以前		1980—1990 年		1990—2008 年		2008 年以后	
火烧 店镇	土木结构	217	192	88.48%	23	10.60%	2	0.92%	0	0.00%
	砖木结构	144	2	1.39%	121	84.03%	18	12.50%	3	2.08%
	砖混结构	717	0	0.00%	7	0.98%	342	47.70%	368	51.32%
青桥 驿镇	土木结构	296	207	69.93%	85	28.72%	4	1.35%	0	0.00%
	砖木结构	131	0	0.00%	11	8.40%	112	85.50%	8	6.10%
	砖混结构	240	0	0.00%	3	1.25%	76	31.67%	161	67.08%
紫柏 街道办	土木结构	92	82	89.13%	10	10.87%	0	0.00%	0	0.00%
	砖木结构	89	9	10.11%	58	65.17%	17	19.10%	5	5.62%
	砖混结构	1074	3	0.28%	129	12.01%	308	28.68%	634	59.03%
玉皇 庙镇	土木结构	580	445	76.72%	128	22.07%	7	1.21%	0	0.00%
	砖木结构	185	4	2.16%	106	57.30%	71	38.38%	4	2.16%
	砖混结构	824	0	0.00%	139	16.87%	240	29.13%	445	54.00%
武关 驿镇	土木结构	482	315	65.35%	158	32.78%	9	1.87%	0	0.00%
	砖木结构	247	3	1.21%	198	80.16%	32	12.96%	14	5.67%
	砖混结构	979	0	0.00%	35	3.58%	243	24.82%	701	71.60%
留侯镇	土木结构	208	161	77.40%	34	16.35%	13	6.25%	0	0.00%
	砖木结构	218	2	0.92%	175	80.28%	31	14.22%	10	4.58%
	砖混结构	508	0	0.00%	58	11.42%	196	38.58%	254	50.00%
江口镇	土木结构	565	475	84.07%	72	12.74%	18	3.19%	0	0.00%
	砖木结构	278	12	4.32%	186	66.91%	74	26.62%	6	2.15%
	砖混结构	1897	0	0.00%	342	18.03%	476	25.09%	1079	56.88%
马道镇	土木结构	292	196	67.12%	95	32.54%	1	0.34%	0	0.00%
	砖木结构	198	0	0.00%	89	44.95%	103	52.02%	6	3.03%
	砖混结构	1109	0	0.00%	83	7.49%	252	22.72%	774	69.79%
合计		11570	2108	18.22%	2345	20.27%	2645	22.86%	4472	38.65%

表 3 数据显示出村镇住宅结构体系建造年代呈现出一定规律: 土木结构集中建造于 1980 年以前、砖木结构集中建造于 1980—2008 年、砖混结构集中建造于 1990 年以后, 这种变化规律与表 1、表 2 相对应, 说明村镇住宅结构体系更新升级与国家政策扶持力度、村镇交通便利性、村民经济收入和村民主观住房适居性相关。村镇住宅建造年代影响结构体系抗震能力, 1980 年以前建造的土木结构体系住宅因建造年代较久远, 经雨水冲刷、地震及外力等作

用, 出现木构件(木屋架、木梁、木檩、木柱)腐朽开裂、纵横墙风化剥落开裂坍塌和基础不均匀沉降等质量通病, 加之土木结构体系没有进行抗震设防设计或抗震设防薄弱, 住宅局部或整体处于受损或失效状态(郭文元, 2018); 建造于 1980—2008 年的砖木结构体系和主要建造于 1990 年以后的砖混结构体系住宅建造时间相对较短, 房屋选址、基础排水较好, 结构构件外观状态良好, 但这两类住宅结构抗震能力主要取决于砖墙墙体材料抗剪强度和纵横墙体及墙体与木(混凝土)屋盖之间的整体稳定性, 缺少抗震概念设计, 不满足要求。既有村镇砖木(混)结构体系住宅在地震作用下会出现不同程度的墙体裂缝、水平错裂、纵横墙体倾斜、倒塌及屋顶瓦片松动、梭瓦、掉瓦、屋顶瓦片局部滑脱、屋盖局部或整体坍塌等震害(王强, 2009)。

2.4 村镇既有住宅抗震设防缺陷分析

2.4.1 建筑场地选择

留坝县域内地质灾害发育, 灾害类型为滑坡、崩塌、泥石流与不稳定斜坡等(成琳, 2010)。依据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)(中华人民共和国住房和城乡建设部等, 2016)和《镇(乡)村建筑抗震技术规程》(JGJ 161—2008)(中华人民共和国住房和城乡建设部, 2008)中村镇建筑场地的划分, 域内村镇住宅建筑场地抗震有利地段占 28%、抗震不利地段占 43%、抗震危险地段占 29%, 这些建造在不利或危险场地上的住宅遭遇适当强降雨或 6 级以上地震时, 易出现滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等地质灾害, 致使地基失效, 从而引起上部住宅倒塌损毁。

2.4.2 建筑形体和结构布置

《建筑抗震设计规范》要求: “在抗震设防区建筑设计要考虑建筑平面、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、避免侧向刚度和承载力突变”。域内村民在建造住宅时往往依据主观意愿及当地风俗习惯自行设计, 造成建筑平面布置不规则(如 L 形、U 形)、立面过大的挑梁或局部突出(如房顶有出屋面的烟囱、高门脸、女儿墙)、部分门窗尺寸过宽过高和开间进深尺寸过大等缺陷。调研区村镇住宅自行设计建造占 68.8%(土木结构高达 79.3%)、村镇工匠设计建造占 19.7%、正规设计建造占 11.5%, 住宅平面上凹凸曲折不规则占 38.8%、立面上高低错落不规则占 26%, 门窗洞口布置过大不规则占 37%。这样的住宅因局部消弱或突变成薄弱部位, 从而因产生过大的应力集中而破坏, 或因塑性变形集中而破坏, 或因质量中心与刚度中心不重合在地震作用下产生扭转破坏。

2.4.3 抗震构造措施

(1) 土木结构

调研域内村镇土木结构体系住宅集中修建于 1980 年以前, 普遍存在木檩、木梁、木柱和木屋架等构件连接差且出现不同程度开裂、虫蛀和腐蚀腐朽等问题; 承重纵横土墙间无咬槎、硬山搁檩墙体与檩条之间搭接不足而连接不牢、前墙开设门窗使前后承重墙刚度相差悬殊; 围护墙与木柱(木梁)间无任何拉结措施。上述缺陷使结构功能性下降、危险性和易损性增强。

(2) 砖木结构和砖混结构

圈梁-构造柱能将砌体墙包围闭合成整体, 能有效提高结构极限承载力、变形和耗能能力, 防止墙体倒塌, 有效提高结构整体性能和抗震性能。域内村镇住宅砖木结构和砖混结构圈梁-构造柱设置齐全的仅占 26%、设置部分的占 32%、未设置的占 42%, 不符合《建筑抗震设计规范》和《镇(乡)村建筑抗震技术规程》的规定, 村民未意识到圈梁-构造柱对于提高砌体

房屋抗震性能的重要性。

纵横墙和钢筋混凝土(木檩)屋(楼)盖等的构造连接是影响砖木结构和砖混结构抗震构造措施的另一重要因素。调研域内纵横墙和钢筋混凝土(木檩)屋(楼)盖与周围构件的连接存在以下缺陷纵横:墙体未同时咬槎砌筑(如施工时留马牙槎)、无拉接措施,大梁与墙体无连接,檩条与山墙无锚固措施,硬山搁檩屋盖将檩条直接置于房屋横隔墙和山墙上等,这些部位的构件构造连接影响砖木结构和砖混结构的整体性。

2.5 村镇住宅结构体系危险性等级分析

依据《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—2015)(中华人民共和国住房和城乡建设部,2015)和《危险房屋鉴定标准》(JGJ 125—2016)(中华人民共和国住房和城乡建设部,2016)等对县辖区 11570 栋村镇住宅结构体系逐一进行危险性等级鉴定,统计结果如表 4 所示。

表 4 结构体系危险性等级统计

Table 4 Statistics on hazard grade of structure systems

镇(办)名称	总户数	危险性等级数量/比例			
		A 级	B 级	C 级	D 级
火烧店镇	1078	648/60.11%	394/36.55%	35/3.25%	1/0.09%
青桥驿镇	667	202/30.28%	438/65.67%	25/3.75%	2/0.30%
紫柏街道办	1255	931/74.18%	312/24.86%	11/0.88%	1/0.08%
玉皇庙镇	1589	686/43.17%	872/54.88%	29/1.83%	2/0.12%
武关驿镇	1708	783/45.84%	908/53.16%	16/0.94%	1/0.06%
留侯镇	934	409/43.79%	504/53.96%	17/1.82%	4/0.43%
江口镇	2740	1540/56.20%	1112/40.58%	73/2.66%	15/0.56%
马道镇	1599	944/59.04%	624/39.02%	28/1.75%	3/0.19%
汇总	11570	6143/53.09%	5164/44.63%	234/2.02%	29/0.26%

由表 4 可知, A 级住宅占比最高的为紫柏街道办, 为 74.18%; B 级、C 级住宅占比最高的均为青桥驿镇, 分别为 65.67%和 3.75%; D 级住宅占比最高的为江口镇, 为 0.56%, 说明紫柏街道办村镇住宅危险性水平低于其余 7 个镇, 青桥驿镇和江口镇域内村镇住宅危险性水平高于其余 6 个镇, 总体上全县 97.72%的村镇住宅满足正常使用功能要求、2.02%的村镇住宅需维修改造、0.26%的村镇住宅需进行排险拆除, 可见村镇住宅需维修加固或拆除重建的数量较少, 这得益于近年来政府对村镇住宅搬迁改造的大力支持。

《民用建筑可靠性鉴定标准》和《危险房屋鉴定标准》等评价村镇住宅结构体系危险性等级是基于结构状态评估的评价方法, 主要根据住宅构件、墙体、连接部位的表面感观或有无损伤进行粗略分析, 未考虑住宅结构体系的易损性。97.72%安全住房中的 21.78% (2463 栋) 为修建于 1990 年前无任何抗震设防的土木结构、12.69% (1435 栋) 为修建于 1990 年后缺少抗震设防的砖木结构、63.27% (7154 栋) 为修建于 2000 年后缺少抗震设防的砖混结构, 这些住宅在地震作用下会发生中等破坏、严重破坏甚至毁坏, 因此域内村镇住宅的安全率远远低于 97.72%。

2.6 村镇住宅结构体系震害预测

建筑物震害预测是指在可能遭遇到的各种强度地震作用下，一个地区工程结构发生某种破坏程度的概率及由此引起的人员伤亡和经济损失（姚新强等，2018）。本文在利用此次调研数据资料和汉中历史地震资料的基础上，采用建筑物地震易损性概率分析法，依据文献（尹之潜，1996）分析确定村镇住宅结构体系震害矩阵，如表 5—7 所示。

表 5 土木结构震害矩阵（%）

Table 5 Seismic damage matrix of civil structures (%)

地震烈度	破坏等级				
	基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	毁坏
VI	32.5	26.5	22.0	16.5	2.5
VII	16.5	18.5	20.0	26.0	19.0
VIII	7.0	12.0	16.5	27.0	37.5
IX	2.5	8.5	14.0	25.0	50.0
X	0.0	1.5	7.5	17.5	73.5

表 6 砖木结构震害矩阵（%）

Table 6 Seismic damage matrix of brick-wood structures (%)

地震烈度	破坏等级				
	基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	毁坏
VI	49.0	27.3	15.1	6.8	1.8
VII	28.0	21.2	22.1	20.3	8.4
VIII	12.0	16.4	23.1	30.2	18.3
IX	8.0	10.5	17.7	26.1	37.7
X	2.2	4.8	11.9	17.3	63.8

表 7 砖混结构震害矩阵（%）

Table 7 Seismic damage matrix of brick-concrete structures (%)

地震烈度	破坏等级				
	基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	毁坏
VI	77.0	20.0	3.0	0.0	0.0
VII	62.0	25.0	12.0	1.0	0.0
VIII	19.0	33.7	36.4	8.7	2.2
IX	16.8	19.6	14.5	38.1	11.0
X	2.4	8.9	17.3	33.2	38.2

由表 5—7 可知，发生中等强度地震时，土木结构、砖木结构和砖混结构破坏概率分别为

84.5%、72.0%和 38%；发生大震时，土木结构、砖木结构和砖混结构破坏概率分别为 93%、88%和 81%。可见村镇住宅结构体系抗震能力很低，未来发生地震时，住宅倒塌造成村民人员伤亡和财产损失的隐患仍存在。

2.7 村镇住宅结构体系地震易损性指数分析

建筑结构地震易损性是指在确定的地震作用下建筑结构发生某种破坏状态的概率（尹之潜，2010），采用文献（姚新强等，2018）给出的农居结构地震易损性指数建议公式：

$$VID = \frac{1}{5} \sum_{I=6}^{10} \sum_{j=1}^5 P[D_j/I]/(6-j) \quad (1)$$

式中， $P[D_j/I]$ 为房屋建筑震害矩阵； I 为地震烈度； D_j 为房屋破坏等级， $j=1、2、3、4、5$ 。

利用表 5—7 可计算出村镇住宅土木结构、砖木结构和砖混结构易损性指数分别为 0.59、0.50 和 0.37。依据文献（尹之潜，1995）中结构易损性指数分类（见表 8），土木结构和砖木结构易损性类别属于 D 类，抗震能力很低；砖混结构易损性类别属于 C 类，抗震能力低。说明有抗震设防缺陷的村镇住宅结构体系易损性强、抗震能力低。

表 8 结构易损性指数

Table 8 Structural vulnerability indexes

易损性类别	A	B	C	D
抗震能力	高	中等	低	很低
易损性指数	$VID < 0.20$	$0.20 \leq VID < 0.30$	$0.30 \leq VID < 0.40$	$VID \geq 0.40$

3 结论和建议

本文以汉中市留坝县为例，对陕南村镇住宅进行详实调查，得出以下结论和建议：

（1）村镇住宅典型结构体系包括土木结构、砖木结构和砖混结构，不同行政镇 3 种结构体系的比例有差异，这种差异与行政镇地理交通位置、施工技术、经济水平、村民造房所用材料易得性、村民建房更新改造升级速率等因素有关。

（2）村镇住宅结构体系危险性鉴定为 A 级、B 级、C 级和 D 级的比例分别为 53.09%、44.63%、2.02%和 0.26%，但村镇住宅结构体系危险性等级鉴定是基于结构状态评估的评价方法，A 级和 B 级住宅中的土木结构和砖木（混）结构并未进行抗震设防设计或抗震设防薄弱，因此域内村镇住宅安全率远远低于 97.72%。对于 C 级不安全住宅结构体系，须进行维修加固；对于 D 级不安全住宅结构体系，须进行拆除或易地重建，以提高村镇住宅结构体系的安全性。

（3）存在抗震设防缺陷的村镇土木结构、砖木结构和砖混结构住宅在发生中等强度地震时，破坏概率分别为 84.5%、72.0%和 38%；村镇土（砖）木结构和砖混结构住宅易损性类别分别属于 D 类和 C 类，因此域内村镇住宅结构体系易损性强、抗震能力低。既有村镇住宅中存在地震灾害隐患的结构体系应按照文献（陈宝魁等，2018；郭光玲，2016；姜旋，2014）进行抗震加固，以提高其抗震能力；从规划（选址）、结构体系选择、设计、施工、使用和维护等多角度加强拟建或新建村镇住宅防震减灾工作的监督和管理（周强等，2016）。

参考文献

- 陈宝魁, 史雨萱, 熊进刚等, 2018. 江西省既有生土结构房屋抗震性能及加固方法. 世界地震工程, **34** (3): 46—51.
- 成琳, 2010. 留坝县地质灾害危险性区划研究. 西安: 长安大学.
- 丁晓燕, 2016. 不同地区村镇住宅混凝土自保温砌块砌体的设计与研究. 南京: 东南大学.
- 郭光玲, 2016. 汉中农村既有砌体房屋抗震加固技术研究. 震灾防御技术, **11** (1): 111—116.
- 郭文元, 2018. 甘肃农村房屋危险性调查分析及加固方法研究. 兰州: 兰州大学.
- 姜旋, 2014. 既有村镇建筑的抗震加固对策研究. 天津: 天津大学.
- 王强, 2009. 砖木结构房屋抗震性能评价方法研究. 兰州: 中国地震局兰州地震研究所.
- 吴珍云, 章熙海, 李佳等, 2018. 江苏农居建筑结构特征及抗震性能分析. 防灾减灾工程学报, **38** (4): 753—762.
- 姚新强, 孙柏涛, 陈宇坤等, 2017. 我国农居抗震能力研究现状. 建筑结构, **47** (S1): 578—582.
- 姚新强, 孙柏涛, 杨在林等, 2018. 地震灾害农居易损性新方法研究. 工程力学, **35** (6): 191—199.
- 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.
- 尹之潜, 1996. 结构易损性分类和未来地震灾害估计. 中国地震, **12** (1): 49—55.
- 尹之潜, 2010. 现有建筑抗震能力评估. 地震工程与工程振动, **30** (1): 36—45.
- 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2008. JGJ 161—2008 镇(乡)村建筑抗震技术规程. 北京: 建筑工业出版社.
- 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2015. GB 50292—2015 民用建筑可靠性鉴定标准. 北京: 中国建筑工业出版社.
- 中华人民共和国住房和城乡建设部, 2016. JGJ 125—2016 危险房屋鉴定标准. 北京: 中国建筑工业出版社.
- 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 [2016 版]. 北京: 建筑工业出版社.
- 周强, 邵峰, 孙柏涛, 2016. 江西村镇房屋抗震能力调查与分析. 地震工程与工程振动, **36** (6): 188—197.

Research on Evaluation of Seismic Capability of Rural Residential Structure System in Southern Shaanxi Province —— in the Case of Liuba County, Hanzhong City

Guo Guangling

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

Abstract Rural residences collapse or structural damages are the direct reasons leading to the casualties of villagers and their property loss. The seismic performance of rural residences is the focus of disaster prevention and reduction. Based on a survey on the structure systems, the age of the buildings, damage characteristics of each component, earthquake resistance protection of 11570 residences in 75 villages, scattered in 8 administrative towns in Liuba County, Hanzhong City, this paper made a statistical analysis of the economic level, the seismic fortification defects, spatial distribution characteristics and hazard levels of residential structure systems. This paper completed the seismic damage prediction and vulnerability index analysis of rural residences. The results show that 97.72% of rural residences basically meet the requirement of normal use, but 74% of rural residences have seismic resistance defects. Due to the factors such as economic level, traffic conditions, construction technology and the knowledge of villagers in seismic resistance, the existing residences have a high probability of collapse or damage, strong vulnerability, and poor seismic resistance.

Key words: Rural residence; Structure system; Hazard grade; Vulnerability index; Seismic capability