

四川省天全县农民自建房震损情况总结

王昌兴, 徐 珂

(北京清城华筑建筑设计研究院有限公司, 北京 100085)

[摘要] 2013 年四川省芦山县发生里氏 7.0 级地震, 通过对灾后重建规划工作进行调研, 发现天全县震害具有“城镇轻、乡村重”的特点, 农民自建房受损严重。根据调研成果, 探讨农民自建房抗震安全存在的问题, 并结合当地特点, 提出农宅自救五步加固法和农民自建房防震减灾建议。

[关键词] 芦山地震; 农民自建房; 结构体系; 施工质量; 五步加固法

Abstract: Lushan County in Sichuan Province suffers Richter 7.0 earthquake in 2013. Through the Survey for the post-disaster reconstruction planning, the seismic damage in Tianquan County is severe in villages but relative slighter in towns. Houses built by famers themselves were badly damaged. Based on the survey results, seismic safety problems of the famer houses were discussed and five-step self-help reinforcement method of farmer house after earthquake and seismic damage reduction recommendations on farmer houses were proposed considering local characteristics.

Keywords: Lushan earthquake; farmers house; structural; construction quality; five-step reinforcement method;

0 引言

2013 年 4 月 20 日 8 时 02 分 46 秒, 四川省雅安市芦山县龙门乡、宝胜乡、太平镇交界处(北纬 30.3° 、东经 103.0°) 发生地震, 震级为 M7.0 级, 震源深度为 13 公里, 其中芦山、宝兴、天全三县灾情尤为严重。本次地震特点: 1) 震中距离 2008 年汶川地震震中 85 公里, 同处于龙门山地震断裂带上; 2) 本次地震持续时间约 30s, 主要能量释放在起震后 10s 内, 20s 左右有另一个小的能量释放, 可能为地震的破裂释放, 也可能属于一个强余震的情况(图 1); 3) 地震局在对宝兴县强震动记录经基线校正处理后, 得到东西向加速度峰值为 1005.4gal, 超过抗震规范^[1]9 度罕遇地震加速度时程分析时的最大值; 4) 依据震动台记录数据推导出芦山地震拟反应谱(图 2), 中国地震局工程力学研究所曲哲提出在周期小于 0.5s 的短周期段, 其拟加速度反应谱值超过 7 度罕遇地震(大震)水平, 在中长周期段则与 7 度设防地震(中震)相当, 高频分量显著, 在地震中的衰减很快, 实际震害显示, 受此影响, 砌体结构破坏明显。

受住房与城乡建设部和四川省住建厅的邀请, 北京清华同衡规划设计研究院于 4 月 27 日组建灾后重建工作组进入天全县, 开展规划灾后援建调研工作。分院北京清城华筑建筑设计研究院重点调研农民自建房受损情况, 根据实际情况提出农民灾后生产自救的技术解决方案。

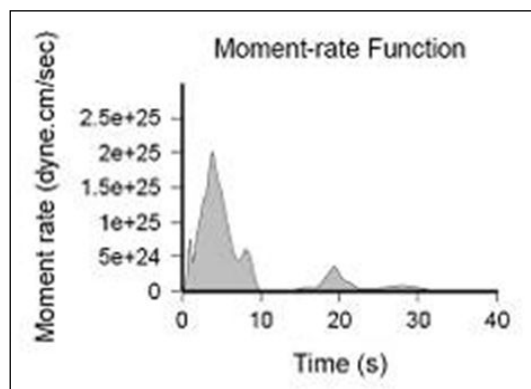


图 1 芦山地震能量释放与时间关系

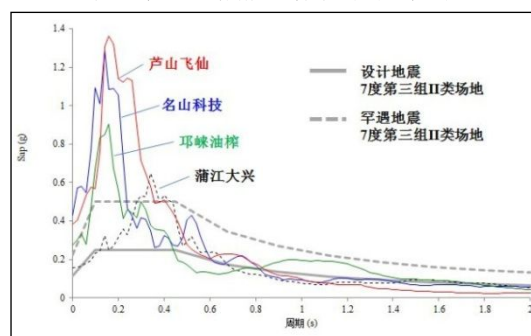


图 2 四个台站数据推导的地震反应谱(曲哲编制)

1 地理位置及地震作用

天全县位于四川盆地西部边缘, 隶属雅安市, 县辖 23 个乡(镇), 总面积 2400 平方公里, 北邻芦山县、宝兴县。按照 2002 版抗震规范^[1], 天全县和芦山抗震设防烈度为 7 度 ($0.15g$), 设计地震分组为第三组。在 2008 年抗震规范修订版中, 两县抗震

设防烈度仍为 7 度 ($0.15g$)，但设计地震分组修订为第二组，地震作用计算值在反应谱下降段是降低的。宝兴县设防烈度调整为 8 度 ($0.20g$)，设计地震分组改为第一组，地震作用计算值在反应谱下降段也是降低的。

根据中国地震局 2013 年 4 月发布的四川省芦山“4·20”7.0 级强烈地震烈度图（图 3）可知，在本次地震中，天全县实际烈度东部为 8 度区，中部为 7 度区，西部为 6 度区，呈现从东到西逐步减弱、南北变化不明显的格局，实际烈度属于小震至中震设防范畴。宝兴县与天全县类似，芦山县实际烈度属于小震至超大震设防范畴。

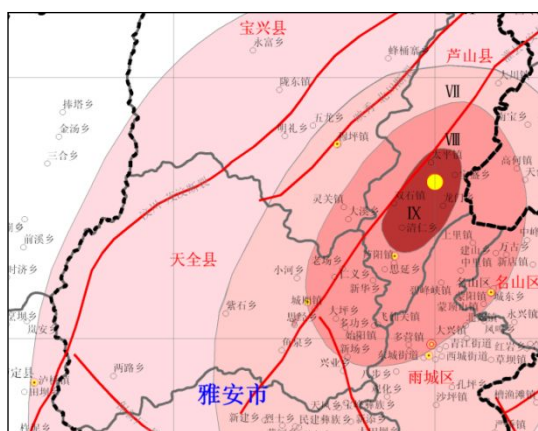


图 3 中国地震局公布的芦山地震烈度图（局部）

天全县实际烈度 8 度区分布在东部丘陵、平坝地区，约占全县面积的 10%。该区域是人员生活密布区，距离震中近的乡镇如新华乡、多功乡、仁义乡等受灾情况较为严重，受损房屋比例大。

实际烈度 7 度区分布在紫石乡南北一线至兴业、小河乡一线中部区域，约占全县面积的 20%，该区域以中、高山向丘陵、平坝地形过渡，人员生活较为密集，老旧房屋受损严重。

实际烈度 6 度区分布在西部中、高山地区，约占全县面积的 65% 以上，人员生活密度小，房屋受损比例小，震后次生地质灾害多，主要表现为山体滑坡、高山滚石等。

天全县震害具有“城镇轻、乡村重”的特点。城镇房屋特别是公共建筑一般采用框架结构，经过正常建设监督流程，工程质量有保证，在地震中震害较轻，主要表现以建筑填充墙裂缝为主。而乡村房屋，特别是农民自建房屋质量千差万别，缺乏执行质量监督流程，很多年久失修的老房屋，在地震中受损严重。这个特点符合“工程质量好，震害轻；工程质量差，震害重”的认识。

芦山地震震源破裂持续时间（约 30s）短于汶川地震震源破裂时间（约 105s），震后天全县房屋破坏情况整体上不如汶川地震相同烈度区严重，结构破坏主要以老旧房屋、农民自建房等木结构、砌体结构破坏为主，而汶川地震时相同烈度区各类建筑、不同结构类型均有主体破坏案例。

2 农民自建房建设特点

2.1 主要结构形式

农民自建房在结构形式上以木结构和砌体结构为主（图 4~6）。木结构是传统川西民居的结构形式，楼盖采用木板支撑，维护墙体以木板为主，也有采用石板材料。随着砌块发展以及其造价优势，很多木结构房屋采用砌块做维护体，老旧木板维护体破损后多采用砌块替代。屋盖一般采用木板条铺瓦方式。木结构房建成时间普遍在 20~30 年以上，这与国家退耕还林、限制砍伐木材政策有关，同时木材价格上涨抬高建房成本，采用木结构建造房屋对农民有很大经济压力，新建农民自建房已很少采用木结构。



图 4 木板维护的木结构房屋



图 5 石板维护的木结构房屋



图6 砌块维护的木结构房屋

调查发现，受农村主要劳动力外出打工情况的影响，掌握传统木结构房屋建造技术的工匠越来越少，农民普遍认为传统木结构房屋在工程造价、建造工艺、使用舒适性、卫生条件和日常维护等方面均不具有优势，更愿意采用砌体结构建设新房。经济因素是农民自建房质量的决定性因素，因此在农村推广新型材料、新结构形式需要考虑当地在一定时期内的接受吸纳能力。

砌体结构农民自建房一般为两层或两层以上楼房，首层一般为餐厨用房和农具仓库，二层及以上楼层为客厅和卧室，上下层使用要求不同，常出现纵墙竖向不连续布置，例如主入口处二层外纵墙设置在一层顶悬挑板端部，上下墙体水平距离为1.2~1.5m，又如中部纵墙，上层为小进深房间，首层为大进深房间，上部纵墙在首层顶用普通梁承托，汶川地震后的新建房屋中，梁端会设置构造柱（图7）。门窗洞口开设位置较为随意，如纵墙端部的门紧邻山墙开设。从规范角度分析，大部分砌体农民自建房的结构形式不符合竖向规则性要求。

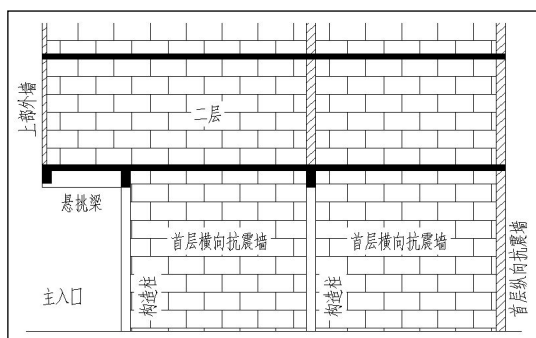


图7 农民自建房剖面示意

在楼盖体系上，天全县农民自建房普遍采用现浇钢筋混凝土楼板，与汶川地震大量预制空心楼板砌体房屋倒塌情况形成强烈对比，在芦山地震中，很多砌体房屋墙体破坏严重甚至局部坍塌，依靠现浇楼板整体性未导致房屋整体垮塌（图8，9）。屋

面层不做建筑保温防水层，一般利用女儿墙高度与屋面板形成的封闭盒做150mm深水层或100mm厚土层保护屋面。



图8 现浇楼板房屋墙角坍塌案例



图9 现浇楼板房屋内外墙局部坍塌案例

受经济条件所限，以及安全意识薄弱，农民自建房普遍没有正规设计图纸，通常做法是农民请乡村工匠来建房，工匠按农民的要求，根据自己的经验与农民商定房屋的建筑布局和立面形式，简单画出房屋布置图，并无结构概念和详细设计。

以砌体承重房屋为例，墙体厚度范围较大（60~370mm），汶川地震以前，主要结构墙体布局为内横墙240mm，外墙多数为120mm（图10），由于外纵墙开洞较多，横墙开动较少，横向抗剪能力强于纵向。汶川地震后，新建房屋的内外墙普遍采用240mm厚墙。



图10 全部采用120mm厚灰砂砖承重砌体房屋震害

受汶川震害宣传影响,农民开始注意在砌体结构房屋中设置圈梁和构造柱(图 11),但受经济条件制约,布置数量和位置较随意,调查发现单层面积 150m² 的房屋,布置构造柱数量常为 4~12 根,一般会在首层四角处设置通高构造柱,依据抗震规范,此类房屋应设置不少 8 根构造柱。调查时也发现有在汶川地震后新建房屋不设置构造柱案例。



图 11 汶川地震后建造的农民房

砌体结构的抗震能力主要取决于墙体厚度和砂浆强度。早期农民砌体房屋主要采用灰土加砂作为粘接材料,其在建成初期有强度,长期使用自然风化后,变成砂土粉末,强度迅速降低,墙体丧失抗剪能力,地震作用下很容易出现沿砖缝开裂形成的 X 形或一字形裂缝,房屋整体抗震性能差。汶川地震后主要使用水泥砂浆砌筑墙体,抗剪能力得到提高,在调研中发现存在以下问题:1) 砂浆配合比不规范,特别是水的比例难以控制,搅拌砂浆多在露天环境下进行,因四川雨水多,实际用水量变化大;2) 砖缝砂浆厚度变化大,各层抗剪能力有差异;3) 砖缝砂浆不饱满;4) 施工中不注意养护工作,例如直接用干砖砌筑,砖体吸收砂浆中水分,影响砂浆强度(图 12)。



图 12 呈粉末状砌筑砂浆

2.2 建筑材料多样化

农民本着物尽其用的原则,建房时往往利用原有建筑材料,常见情况有:1) 墙体砌块有多种材料组成(图 13),包括石材、土砖、青砖、灰砂砖、

黏土砖、页岩砖、空心砖等;2) 将原来木结构房屋改建在一层砌体房屋上,结构传力体系不清晰,连接节点不明确(图 14);3) 楼层板采用预制空心板,屋面板采用现浇混凝土板。



图 13 墙体材料由黏土砖和灰砂砖组成



图 14 下部为砌体结构上部为木结构

2.3 房屋楼层分阶段施工

受住房需求和资金限制,多数农民自建房采用分期建成方式,农民凑够一层建房资金后,先建设一层,若干年后,凑够二层建房资金后,再建设二层。两次建设间隔时间为 5~15 年,会导致两期建设标准不一样,主要体现在:1) 两期采用的砌块和砌筑砂浆不同,一期整体质量低于二期;2) 一期未设置构造柱或设置数量少。未对预留构造柱钢筋进行长期保护,甚至二期使用时钢筋已经破坏;3) 两阶段墙体厚度不相同,如一期墙体采用 120mm 厚,二期采用 240mm 厚;4) 二期墙体位置与一期预留位置不相符,承重墙体落于楼板上。

在芦山地震中,分期建设农民自建房的震害表现为一层破坏严重,二层破坏轻或没有破坏。图 15 中房屋一层建于 2000 年,二层建于 2012 年,刚完成装修工作就发生地震,一层墙体均出现裂缝,二层整体完好。



图 15 分期建设的农民房

2.4 农民参与施工过程

农民自建房重要特点是自己参与房屋建设工作，参与范围包括：建筑材料运输、地基平整、基础开挖、砌体墙砌筑、搅拌砂浆混凝土、房屋装饰等。

砌体结构中钢筋混凝土工序由乡村工匠来施工，即当房屋建设到混凝土工序时，农民请工匠来施工，包括基础混凝土施工、构造柱绑扎钢筋浇筑施工、楼板支模布筋浇筑施工、楼梯设计支模布筋浇筑施工、全楼标高控制、砌体墙垂直度控制等。农民作为辅助工人参与建设工作，包括砌筑墙体、搅拌砂浆及振捣工作。

工匠与农民结合施工方式，比较突出的问题是楼梯间有出屋面层，一般采用木楼盖或轻型屋盖，不进行混凝土施工，农民自己砌筑建设，墙体厚度为 120mm，在地震中破坏较多，甚至坍塌（图 16）。



图 16 楼梯间出屋面层坍塌案例

2.5 适宜修建房屋的安全场地少

天全县山地多，平坝少，很多山区农民自建房只能依山而建，地质灾害长期影响房屋安全，如地基不均匀沉降导致墙体开裂，地震未发生时结构就已经处于危房状态。还有在地震中常伴有山体滑坡、滚石破坏的情况，图 17 中房屋的右侧悬崖高 150m，因崖壁未作防护处理，房屋在地震中被滚石砸毁。



图 17 高山滚石砸毁房屋案例

3 汶川地震前后建设的农民自建房震害对比

在多功乡谢家坝有两栋相距很近、房屋朝向相同的 2 层砌体结构房屋，一栋建于 2000 年，未设置抗震构造措施，墙体质量差，在地震中破坏严重，无法加固继续使用，需拆除处理，经济损失大。另一栋建于 2008 年汶川地震以后，户主接受抗震建房理念，学习如何建造抗震房屋，在墙内布置 6 根构造柱，注意水泥砂浆搅拌和施工质量，在地震中房主自述摇晃明显，震后无明显破坏痕迹，房屋内粉刷墙壁未见裂缝，农民经济损失小。两者震害结果对比明显，房屋位置距离关系见图 18，其中左侧被老房子遮挡房屋是 2000 年建成房屋，右侧露出二层有出屋面楼梯间房屋是 2012 年建成房屋，两者直线距离不超过 15m，在地震中受到相同的地震动冲击，两者房屋高度接近、体型类似，地震作用在理论上相同。



图 18 两栋对比农民自建房位置关系

两栋农民自建房相似位置破坏情况对比见图 19，以震害表现初步判断，2008 年以后建成的农民自建房抗震性能有提高，但提高程度不能给予肯定性的结论，主要有以下问题：1) 新建农民自建房的抗震结构体系并未发生本质变化，农民依旧采用不合理结构形式；2) 芦山地震比汶川地震震级小，新建农房能否经受汶川地震级别考验存在疑问。芦山地震能量释放时间短，实际结构烈度影响低于场地烈度值；3) 农民自建房没有建设档案，施工质量难以定性评价，结合其他调研情况，很多有安全隐患的房屋，在建成后几年内的结构性能表现良好，但

随着时间推移构件性能开始下降，砌体结构最突出的表现是砂浆强度迅速降低；4) 抗震构造措施不完善。如构造柱中钢筋直径和箍筋间距不明确，受农民经济状况影响，纵筋直径 8~20mm，箍筋间距 100~300mm 均有实施。实际按规范建议纵筋宜采用 4 Φ 12，箍筋间距不易大于 250mm，且在柱上下端适当加密。



图 19 两栋农民自建房相似位置破坏情况对比

4 农民自建房在震后面临的问题

4.1 受损的房屋是否安全

震后应急鉴定评估工作主要针对余震情况下房屋可否继续使用的检查，为确保人身安全，这类评估一般采取危险从严的原则。在地震影响过去后，

农民并不清楚自己的房屋是否安全，这也是农民自建房屋如何开展后续工作的难点，是拆除还是加固维修，常常是由农民自己决定。

4.2 危险的房屋如何拆除

木结构房屋拆除难度低，农民可以自行操作，拆除费用在三千元以下，可重复利用的材料多。砌体结构拆除难度大，主要是因为其现浇楼板为整体构件，人工操作可能引发砌体墙倒塌造成人员伤亡，乡村工匠不愿意承接这类工作，采用机械破除两层楼板，总共台班费用在一万元左右，对于刚受灾农民无疑是很难接受的。

4.3 如何加固修复受损的房屋

对于受损的房屋，农民普遍倾向于加固维修，因为拆除重建的费用高，芦山地震前，一栋 300m² 的农房造价在 20~30 万（不含建筑装修费用），需要一户农民积攒 5~10 年。而加固维修费用低，可以避免农民因灾返贫。

5 农民自建房屋震后加固修复建议

结合当地普遍采用现浇混凝土楼板的特点，笔者建议采用成熟的钢筋网水泥砂浆加固修复方法，对农民自建房全部或部分墙体进行整墙面加固，具体做法是沿墙体两侧布置 Φ 6@300 钢筋网片，穿墙拉结筋锚固钢筋网片，然后分层抹水泥砂浆，砂浆总厚度不小于 40mm，建议水泥砂浆配合比为 1.0kg 水泥+5.0kg 中砂+0.9kg 水。针对现浇楼板整体性好的特点，要求按照先外墙后内墙的顺序，加固完一道墙再加固一道墙的原则施工。采用这种方法有以下优点：

(1) 墙体在震后受损出现各种裂缝，包括肉眼不可见裂缝，通过该办法可共同解决，还可以解决原墙砂浆强度低的问题，如果仅仅就裂缝去修补，未修补的墙体将会成为以后地震时的破坏点。整墙加固后，墙体抗剪能力由两侧砂浆层承担，只要控制好加固抹灰层的质量，全楼抗震安全性就有保障。

(2) 对于分期建设的农民自建房，上部楼层施工质量好于首层，可以仅加固首层墙体，不会造成二层装修破坏，最大限度地保护农民已投入的财产。

(3) 加固速度快。笔者在震区指导两户农民修复受损房屋，每层用时不到 10d，加固完成后，农民就可以恢复正常的生活秩序。

(4) 加固费用低。经两户农民自己测算，分别投入一万元和两万元，相比拆除和重建房屋，加固修复费用仅需 1/10 的费用，考虑政府给农民有救灾补贴资金，对农民生活影响小。

(5)该方法适用于未受地震影响地区的农民自建房减灾、防灾的加固。

笔者在清控人居建设(集团)有限公司的帮助下,将此次加固工作拍摄制作成“农宅自救五步加固法”宣传片和宣传册(图20),发放到灾区指导农民生产自救。



图20 农宅自救五步加固法宣传片

6 农民自建房防震减灾建议

从汶川地震、芦山地震救援情况可知,救援成本巨大,特别是山区因受泥石流、塌方、道路狭窄等因素限制,很难在第一时间到达救灾现场,因此建设安全的房屋是减少救灾成本的最有效方法。建议加强以下几方面工作:

(1)大力发展农村经济,增加农民收入,使农

民有更多资金用于自建房建设,增加房屋安全度。

(2)聘请专业广告单位,制作漫画、卡通形式的宣传材料,让农民直观了解什么是抗震房屋,简便掌握安全建房方法。

(3)加强农村工匠建房技术力量,定期组织免费学习国家现行施工技术规范的学习班。

(4)推广符合本地区抗震设防标准的标准图集及抗震构造详图,让农民选择外观造型和使用面积,按图施工建设抗震自建房。

(5)制定农民自建房设置抗震措施补贴政策,凡在新建房屋中设置构造柱、圈梁,符合最少钢筋用量和最小截面尺寸要求的家庭,可按构造柱实际长度和数量给予补贴,促进农民建设抗震房屋的积极性。

(6)为规范施工质量,农民住房宜集中安置,统一规划设计,由正规施工单位建设,实行监理制度,并纳入国家建设管理体系中。

参考文献

- [1] GB 50011—2010 建筑抗震设计规范 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [2] DB51 T5059—2008 四川省建筑抗震鉴定与加固技术规程 [S]. 成都:四川省建设厅,2008.