

文章编号:1671-5942(2014)03-0023-05

从巴东 5.1 级地震看提高农居工程 抗震设防标准的意义^{* 1}

袁丽¹⁾ 李恒²⁾ 王秋良^{2,3)} 陈圆圆²⁾ 冯静¹⁾

(1) 武汉工程大学,武汉 430073
(2) 中国地震局地震研究所(地震大地测量重点实验室),武汉 430071
(3) 中国地震局地壳应力研究所武汉科技创新基地,武汉 430071

摘要 分析 2013-12-16 巴东 5.1 级地震震害特征发现,造成农居破坏的主因是设防标准低或不设防。选取我国现代农村较有代表性的砖混结构和框架结构农居作为研究对象,计算不同结构农居在不同抗震设防标准下的单方造价和造价增加比例。结果表明,引起农居造价变化的主要原因是建筑材料费,而在所有材料费中,又以钢筋和混凝土增加的费用影响最大。所以,要提高农居工程设防标准,政府应给予适当的财政支持。

关键词 巴东地震;农居工程;抗震设防标准;工程造价;单方造价

中图分类号:P315.9 文献标识码:A

SIGNIFICANCE OF IMPROVING THE SEISMIC FORTIFICATION CRITERIONS OF RURAL RESIDENTIAL PROJECT LOOKING FOR BADANG 5.1 EARTHQUAKE

Yuan Li¹⁾, Li Heng²⁾, Wang Qiuliang^{2,3)}, Chen Yuanyuan²⁾ and Feng Jing¹⁾

(1) Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430073
(2) Key Laboratory of Earthquake Geodesy, Institute of Seismology, CEA, Wuhan 430071
(3) Wuhan Base of Institute of Crustal Dynamics, CEA, Wuhan 430071

Abstract Investigation of the damage characters and disaster loss of local-style dwelling houses, caused by Badong Ms5.1 earthquake, on Dec. 16, 2013, Hubei Province indicates that the main reason causing the change of the rural construction cost is the cost of raw materials. In all the cost of raw materials, the increased cost of rebar and concrete is the greatest impact. It is necessary to improve seismic-resistance ability of the rural projects, and the government must give appropriate financial support.

Key words: Badong earthquake; rural residential project; seismic resistance fortification criterion; project cost; cost per square meter

研究显示,地震中人员伤亡总数的 95% 是由房屋及建筑物倒塌造成的,仅有约 5% 的人员伤亡是

由地震及地震引发的次生灾害直接导致^[1]。在农村地区,因房屋破坏而造成人员伤亡现象更为严重。

* 收稿日期:2014-03-13

基金项目:中国长江三峡集团公司科研专项(SXSN/3354, SXSN/3511)。

作者简介:袁丽,女,1963 年生,副教授,硕士生导师,主要从事工程管理、项目经济评价及灾害管理等方面的教学与研究。E-mail: 957728122@qq.com。

近年来,农村“小震大灾、大震巨灾”的情况日益凸显^[2],农居的抗震问题引起广泛关注,逐步提高农村防震能力是当前迫切需要开展的工作。

1 巴东 5.1 级地震的震害特征及启示

2013-12-16 巴东 5.1 级地震,震中烈度Ⅶ 度,整体呈椭圆状,长轴呈 NWW-SEE 方向,长约 3.9 km,短轴长约 2.4 km。Ⅶ 度区面积约 7.7 km²,Ⅵ 度区总面积约 243 km²。地震共造成 5 人受伤,约 740 人失去住所,仅民居房屋建筑破坏损失就达 5 236 万元^[3]。

1.1 灾区房屋建筑类别与破坏特征

地震主灾区为农村山区。农村房屋类型以砖混结构为主,也有相当数量的土石结构(土墙木屋架的土坯房和碎石(片石)砌筑房屋)。城镇房屋以框架和砖混结构为主,少量为土石结构。框架结构房

屋主要集中在巴东县城和少部分移民安置点。

地震中,土坯房和碎石(片石)房屋破损较严重,特别是在Ⅶ 度极震区普遍破损(图 1(a));砖混结构房屋以普通砖混平房和多层砌体楼房为主,有部分墙体破损(图 1(b)),而设置了圈梁或构造柱的房屋则破损较轻;框架结构基本完好(图 1(c))。

1.2 各类型房屋建筑的破坏情况

据调查^[3],本次地震造成的房屋结构震害主要发生在Ⅵ 和Ⅶ 度区。从灾区各类型房屋建筑破坏统计(表 1、表 2)分析可以看出:1)农村地区,不管是土石结构还是砖混结构房屋,其破坏程度在Ⅶ 度区都比Ⅵ 度区严重得多;2)在同一烈度区内,同类型房屋,农村的要比城市的破坏严重;3)框架结构房屋损坏最轻,砖混结构房屋次之,损坏最重的为土石结构房屋。



(a) 倒塌的土墙



(b) 砖混房屋出现的斜裂缝位错



(c) 框架结构房屋呈现的裂缝、脱落

图 1 地震灾区不同结构民居的破坏现象

Fig. 1 The damage phenomenon of different structure in earthquake stricken area

表 1 烈度Ⅶ 度区各类房屋建筑破坏比(%)

Tab. 1 The damage loss ratio of different dwelling houses in the VII degree intensity area(%)

地区	房屋 类型	毁坏	严重	中等	轻微	基本
		破坏	破坏	破坏	破坏	完好
		毁坏	破坏	基本完好		
农村	土石结构	9.8	17.5	72.7		
	砖混结构	0.7	4.5	15.2	26.6	53.0

表 2 烈度Ⅵ 度区各类房屋建筑破坏比(%)

Tab. 2 The damage loss ratio of different dwelling houses in the VI degree intensity area(%)

地区	房屋 类型	毁坏	严重	中等	轻微	基本
		破坏	破坏	破坏	破坏	完好
		毁坏	破坏	基本完好		
县城	土石结构	0	1.7	98.3		
	砖混结构	0	0	1.5	17.2	81.3
	框架结构	0	0	0	7.8	92.2
农村	土石结构	0.7	3.7	95.6		
	砖混结构	0	0	1.4	21.3	77.3

1.3 各类型房屋建筑的损失情况

按湖北省巴东县 2012 ~ 2013 年房屋建筑市场平均造价测算,灾区各类型民居建筑损失如表 3。从表中可以看出,地震造成的民居建筑损失,农村地区占 90% 以上,城市地区不足 10%。同时,尽管土石结构房屋损坏最重,但由于现在农村这类房屋数量已经在减少,其民居建筑损失比砖混结构房屋损失要小。总体上,这次地震造成的砖混结构房屋损失最大,框架结构房屋损失最小。

表 3 震区各类房屋建筑破坏损失总值(单位:万元)

Tab. 3 The damage loss gross of different dwelling houses in earthquake area(unit: ten thousand Yuan)

地区	房屋类型	损失值	合计
	土石结构	23	
县城	砖混结构	320	488
	框架结构	145	
农村	土石结构	1 020	4 748
	砖混结构	3 728	

2 湖北农村地区不同抗震设防标准的农居工程造价分析

一次中等强度的地震,就能在我国造成较大的经济损失,甚至人员伤亡,其原因主要是我国经济相对落后,农村地区尤其是山区民居建筑长期不设防,或抗震设防标准偏低^[4-5]。

我国板内地震活跃,绝大多数地方都有发生中强以上地震的可能,如果要使农村民居做到地震安全,就必须对农居工程进行抗震设防^[6]。由于地震发生的偶然性和人类资源的有限性,不可能无限制地使用资源来保证房屋能抵抗百年不遇的地震,这样既不经济也无必要。因此,怎么确定房屋的合理投入,已成为社会各界关注的一个重要问题,而搞清不同抗震设防标准的农村民居建筑造价是解决这个问题的前提。

从部分专家^[7-10]的观点来看,提高民居房屋抗震能力所增加的工程造价目前还缺乏系统的科学的研究,更没有形成统一的看法。提高一级抗震设防烈度会使工程造价增加多少,不同领域的专家得出的结果差异很大,从高出2%到20%不等。也有专家认为,抗震设防烈度提高1度,每平方米的工程造价成本增加不到100元。但从目前农居工程的发展趋势来看,必须有一个综合考虑我国农村房屋的结构形式、当地房屋的结构特点、使用材料、施工特点等各方面影响因素计算出的造价指数作为决策依据。

2.1 农居工程的选择

随着我国农村地区经济的发展,土石结构民居越来越少。本文选择我国中东部,尤其是湖北农村地区较常见的普通砖混结构和框架结构农居作为研究对象,分析采用不同抗震设防标准引起的造价成本变化。

选择农居工程^[11-12]的设计为:地上2层,无地下室,抗震设防为丙类,设计地震分组为第一组,取50a内超越概率10%的地震烈度作为该地区抗震设防的依据。砖混结构农居工程基础为条形基础,建筑面积170.94 m²,建筑结构安全等级为三级。框架结构农居工程基础为柱下独立基础,建筑面积254.31 m²,建筑结构安全等级为二级。

2.2 不同抗震设防农居工程的造价预算

采用定额计价方式,其定额以2008年湖北省建筑工程消耗量定额及统一基价表^[13]和2008年湖北省建筑安装工程费用定额^[14]作为计价依据,计算得到不同抗震设防情况下砖混结构农居和框架结构农居预算的单方造价随设防标准的提高而增加(表4)。从不设防到Ⅷ度设防,砖混结构农居单方造价

从751元增加到1 057元,框架结构农居单方造价从909元增加到1 325元。

表4 不同抗震设防农居预算单方造价表(单位:元/m²)

Tab. 4 Budget of rural residence construction costs under different seismic fortification criteria (unit: Yuan / per square meter)

名称	不设防		Ⅵ度设防		Ⅶ度设防		Ⅷ度设防	
	砖混	框架	砖混	框架	砖混	框架	砖混	框架
土建工程	541	709	667	753	760	925	817	1 131
装饰装修工程	209	200	209	199	192	199	240	193
合计	751	909	876	952	952	1 124	1 057	1 325

2.3 在相同设防标准下不同结构农居造价的变化

通过表4计算,不同设防标准下砖混结构农居和框架结构农居的造价变化如表5所示。可以看出,在相同抗震设防标准下,框架结构明显高于砖混结构。

表5 不同结构农居在相同设防标准下造价对比

Tab. 5 Comparison of construction costs under same seismic fortification criteria

抗震设防 烈度标准	砖混结构 (元/m ²)	框架结构 (元/m ²)	单方造价增加额 (元/m ²)	(%)
不设防	751	909	158	21
Ⅵ度设防	876	952	76	8.7
Ⅶ度设防	952	1 124	172	18
Ⅷ度设防	1 057	1 325	268	25

2.4 不同结构农居造价变化的主要原因分析

从文献[11-12]可以看出,在相同抗震设防标准下,砖混结构农居和框架结构农居的人工费、机械费及综合费相差不大,仅材料费相差较大(表6)。

表6 不同结构农居在相同抗震设防标准下材料费对比(单位:元/m²)

Tab. 6 Comparison of construction material costs under same seismic fortification criteria (unit: Yuan / m²)

抗震设防烈度标准	砖混结构	框架结构	增加率(%)
不设防	379.16	525.11	38.49
Ⅵ度设防	459.06	542.38	18.15
Ⅶ度设防	508.65	666.10	30.95
Ⅷ度设防	555.65	811.13	45.98

目前,我国农居的抗震设防主要是通过增加配筋率、混凝土构件截面尺寸和使用数量来增强房屋构造的抗震能力。从表6可以看出,在相同抗震设防标准下,框架结构农居的材料费高出砖混结构的20%~45%。

对比分析两种结构农居在相同抗震设防标准下

的钢筋和混凝土使用量(表 7、8)可以看出,在相同抗震设防标准下,砖混结构的钢筋和混凝土使用量均小于框架结构,且从 VI 度设防提高到 VIII 度设防增加率越大,对造价的影响也越大,钢筋和混凝土的使用量变化带来的造价变化占总造价增加量的 50%以上。

表 7 每 100 m² 不同结构房屋钢筋使用量(单位:t)

Tab. 7 Rebar consumptions per 100 m² of buildings (unit:t)

抗震设防烈度标准	砖混结构	框架结构	增加率(%)
未设防农居	0.9	2.85	216.77
VI度设防农居	2.5	3.05	22.00
VII度设防农居	2.77	3.46	24.91
VIII度设防农居	2.89	5.61	94.12

表 8 每 100 m² 不同结构房屋混凝土使用量(单位:m³)

Tab. 8 Concrete consumptions per 100 m² of buildings (unit:m³)

抗震设防烈度标准	砖混结构	框架结构	增加率(%)
未设防农居	20.10	27.32	35.92
VI度设防农居	24.41	28.65	17.37
VII度设防农居	29.14	41.50	42.42
VIII度设防农居	38.18	58.61	53.51

3 提高农居工程抗震能力的造价分析

通过不同结构农居提高抗震设防标准带来的工程造价的变化(表 9)可以看出,提高农居工程的抗震设防标准,建筑物造价将持续增高。砖混结构从不设防提高到 VI、VII、VIII 度设防,每平方米造价分别连续增加 125、76 和 105 元;对框架结构,从不设防提高到 VI、VII、VIII 度设防,每平方米造价分别连续增加 43、172 和 201 元。

表 9 不同结构农居造价的增量(单位:元/m²)

Tab. 9 The incremental quantity of construction cost about the rural residence project of different structure (unit: Yuan /m²)

抗震设防烈度变化	砖混结构单方	框架结构单方
	造价增加额	造价增加额
不设防→VI度设防	125	43
VI度设防→VII度设防	76	172
VII度设防→VIII度设防	105	201

假设建设一栋建筑面积为 200 m² 的农居,结合表 9 可以计算出,从不设防提高到 VI 度设防、VII 度设防、VIII 度设防,对砖混结构,工程总造价分别连续增加 25 000、15 200 和 21 000 元;对于框架结构,分别连续增加 8 600、34 400 和 40 200 元。

据文献[15],湖北省农村地区 2012 年农民人均总收入为 10 525.66 元。从当前农民自身能力来看,将砖混结构农居从不设防提高到 VI 度设防存在

较大困难,而要提高至 VIII 度设防标准,或建设抗震性能更好的框架结构农居,农民无法承担其增加的费用,需要政府给予积极的政策支持和适当的财政帮助。

4 结语

1) 提高农居工程的抗震设防标准,建筑物造价会持续增高。对造价影响最大的是材料费,而在所有材料费中,又以钢筋和混凝土的费用影响最大,占总造价增加量的 50% 以上。

2) 在相同抗震设防标准下,框架结构的抗震性能优于砖混结构,但框架结构的造价也明显高于砖混结构。

3) 提高农居的抗震性能,能从根本上缓解我国农村地区地震灾害的危害性,对保障人民生命与财产安全、满足人民心理安全,推动社会经济和谐发展将有重要作用,但政府应给予积极的政策支持和适当的财政帮助。

参 考 文 献

- 孙柏涛,李山有.震害防御——房屋结构:生命的保险 [J].防灾博览,2008(4):6~17. (Sun Baitao,Li Shanyou. Earthquake disaster prevention—building structure, life insurance[J]. Overview of Disaster Prevention, 2008(4):6~17)
- 王兰民,吴志坚.岷县漳县 6.6 级地震震害特征及其启示 [J].地震工程学报,2013,35(1):401~406. (Wang Lanmin,Wu Zhijian. Earthquake damage characteristics of the Minxian-Zhangxian Ms 6.6 earthquake and its lessons[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013,35(1):401~406)
- 湖北省地震局巴东 5.1 级地震现场工作队.2013 年 12 月 16 日湖北巴东 5.1 级地震灾害直接损失评估报告[R].武汉:湖北省地震局,2013. (The Earthquake Field Work Team of M5.1 Earthquake Administration of Hubei Province. The disaster loss assessment report for Badong M5.1 earthquake, on Dec. 16, 2013, Hubei Province[R]. Wuhan: Earthquake Administration of Hubei Province, 2013)
- 邢灿飞,等,江西省九江-瑞昌 5.7 级地震应急与考察 [M].北京:地震出版社,2008. (Xing Canfei, et al. The emergency and investigation for Jiujiang-Ruichang M5.7 earthquake, Jiangxi Province [M]. Beijing: Seismological Press, 2008)
- 李书进,等.湖北农村民居抗震性能调查与分析[J].震灾防御技术,2010,5(1):116~124. (Li Shujin, et al. Seismic performance investigation and analysis of rural buildings in Hubei Province[J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 2010,5(1):116~124)

- 6 莫庸,王兰民.认真研究解决贫困山区经济可行的“抗震农房”刻不容缓[J].地震工程学报,2013,35(3):562.
(Mo Yong,Wang Lanmin. It brooks no delay to research and solve economically feasible “anti-seismic farmhouse” in the poor mountain areas [J]. China Earthquake Engineering Journal,2013,35(3):562)
- 7 曹凤.砖混住宅建筑抗震设防烈度由7度提高到8度对造价的影响[J].四川建筑,2009,29(3):110-114.(Cao Feng. The affect of the brick residential building from the seismic intensity of 7 degrees to 8 degrees on the cost [J]. Sichuan Architecture,2009,29(3):110-114)
- 8 谈一评,杨文旻.提高建筑抗震设防烈度对土建造价的影响[J].四川建筑科学研究,2010,36(4):193-194.(Tan Yiping, Yang Wenmin. The influence of improve building seismic precautionary intensity on construction cost [J]. Sichuan Building Science,2010,36(4):193-194)
- 9 王红.建筑抗震设计与工程造价[J].贵州工业大学学报:自然科学版,2006,35(3):100-102.(Wang Hong. The construct quotation and the seismic design of bulidings [J]. Journal of Guizhou University of Technology:Natural Science Edition,2006,35(3):100-102)
- 10 陈强.我国亟需加强房屋抗震能力[N].羊城晚报,2010-04-20(A6). (Chen Qiang. Our country should strengthen the aseismic ability of buildings [N]. Yangcheng Evening News,2010-04-20(A6))
- 11 袁丽,王婧,陈圆圆.不同抗震设防标准对框架结构农居工程造价的影响[J].自然灾害学报,2013,22(6):104-
109. (Yuan Li, Wang Jing, Chen Yuanyuan. Influence of different seismic fortification criteria on cost of frame structures of rural residence project [J]. Journal of Nature Disasters,2013,22(6):104-109)
- 12 袁丽,王婧,陈圆圆.砖混结构农居工程造价受抗震设防标准的影响分析[J].地震工程学报,2014,36(1):104-109.(Yuan Li, Wang Jing, Chen Yuanyuan. An analysis on the influence of seismic fortification criterions on the cost of brick-concrete structure of rural residential project [J]. China Earthquake Engineering Journal,2014,36(1):104-109)
- 13 湖北省建设工程造价管理总站.湖北省建筑工程消耗量定额及统一基价表(2008年)[S].湖北省建设厅,2008.(Hubei Province Management Station of Construction Engineering Cost. Unified basic price list as consumption quotas of construction engineering in Hubei Province(2008) [S]. Construction Department of Hubei Province,2008.)
- 14 湖北省建设工程造价管理总站.湖北省建筑安装工程费用定额(2008年)[S].湖北省建设厅,2008.(Hubei Province Management Station of Construction Engineering Cost. The cost quotas of construction and installation engineering in Hubei Province (2008) [S]. Construction Department of Hubei Province,2008)
- 15 湖北省统计局,国家统计局湖北调查总队.湖北统计年鉴—2013年[M].北京:中国统计出版社,2013.(Hubei Province Bureau of Statistics, NBS Survey Office in Hubei Province. Hubei statistical yearbook—2013 [M]. Beijing: China Statistics Press,2013)

(上接第22页)

- 2 GB/T 17742-2008.中国地震烈度表[S].(GB/T 17742-2008. The Chinese seismic intensity scale [S])
- 3 郝敏,谢礼立,李爽.砌体结构的地震动潜在破坏势研究[J].哈尔滨工业大学学报,2007,39(10):1 652-1 655.
(Hao Min,Xie Lili,Li Shuang. Study on the damage potential to masonry structures of earthquake ground motions [J]. Journal of Harbin Institute of Technology,2007,39(10):1 652-1 655)
- 4 彭小芹,马铭彬.土木工程材料[M].重庆:重庆大学出版社,2002.(Peng Xiaoqin,Ma Mingbin. Civil engineering materials [M]. Chongqing:Chongqing University Press,2002)
- 5 洪海春,等.江苏高邮、宝应Ms4.9地震现场震害调查与破坏原因研究[J].震灾防御技术,2013,8(3):283-291.
(Hong Haichun, et al. Field investigation and research on damage cause of Gaoyou-Baoying Ms4.9 earthquake in Jiangsu Province [J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention,2013,8(3):283-291)
- 6 曲哲,钟江荣,孙景江.芦山7.0级地震砌体结构的震害特征[J].地震工程与工程振动,2013,33(3):27-35.
(Qu Zhe,Zhong Jiangrong,Sun Jingjiang. Seismic damage to masonry structures in M7.0 Lushan earthquake [J]. Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration,2013,33(3):27-35)
- 7 闫增峰,赵敬源,刘加平.生土建筑围护结构表面吸放湿过程实验研究[J].长安大学学报:建筑与环境科学版,2003,20(4):16-19.(Yan Zengfeng,Zhao Jingyuan,Liu Jiaping. Experimental study on moisture absorption and desorption process of adobe building envelope [J]. Journal of Chang'an University:Arch. & Envir. Science Edition,2003,20(4):16-19)
- 8 王毅红,等.生土结构的土料受压及受剪性能试验研究[J].西安科技大学学报,2006,26(4):16-19.(Wang Yihong, et al. Experiment on shear properties and compressive properties of earth material of raw-soil structure [J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology),2006,26(4):16-19)
- 9 阿肯江·托乎提,亓国庆,陈汉清.新疆南疆地区传统土坯房屋震害及抗震技术措施[J].工程抗震与加固改造,2008,30(1):82-86.(Akenjiang Tuohuti,Qi Guoqing,Chen Hanqing. Seismic damage and seismic countermeasures of Xinjiang traditional adobe house [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting,2008,30(1):82-86)