

西部地区村镇房屋震害分析及抗震措施研究

陈 斌^{1,2}

(1. 甘肃省城乡规划设计研究院, 甘肃 兰州 730030 ;

2. 兰州理工大学 西部土木工程防灾减灾教育部工程研究中心, 甘肃 兰州 730050)

【摘要】通过对西部 40 多个县区的村镇房屋抗震与节能现状进行实地考察和调研, 分析总结了西部地区村镇房屋的典型结构体系、震害特点及其在抗震设防方面存在的普遍问题。重点结合 7.22 岷县、漳县地震中乡村房屋的震害表现, 给出了提高西部地区房屋抗震能力的若干建议。提出了将村镇建筑抗震与节能同步改造、通盘解决的方案, 介绍了试验研究的主要结果。

【关键词】村镇房屋抗震 结构抗震 西部村镇抗震设防 村镇震害

【中图分类号】TU375

【文献标志码】A

【文章编号】1671-3702(2014)06-0023-05

Analysis of Earthquake Damage of Rural Buildings in Western China and Study on Seismic Resistant Measures

CHEN Bin

(1. Gansu institute of urban planning and design, Lanzhou Gansu 730030, China; 2. engineering research center, education department of civil engineering disaster prevention and mitigation of western China, Lanzhou university of technology, Lanzhou Gansu 730050, China)

Abstract: Based on field investigation of seismic resistance of building and energy saving in 40's counties of western China, analyzed and summarized the typical structural system, characteristics of earthquake damage and general problem of earthquake fortification of rural buildings in western China. Some suggestions of improving the seismic resistant ability of rural buildings in western region were brought forward by referring the earthquake damage phenomenon of rural building during the 7.22 Minxian-Zhangxian earthquake. Proposed a scheme of which solving rural building earthquake resistant ability and energy saving rebuild synchronal and integral, and used as an example introduced main results of the experimental study.

Keywords: earthquake resistant of rural buildings; seismic resistance of structure; earthquake fortification of rural buildings in western China; earthquake damage of rural buildings

0 引 言

自 5.12 汶川地震发生以来, 西部地区近几年又接连发生玉树地震、雅安地震及岷县、漳县地震等几次较为强烈的地震, 其中大部分地震对西部村镇建筑造成了较大破坏^[1,2]。通过笔者的走访调研认识到, 地震安全性不足是我国村镇建筑普遍存在的问题, 即使发生不太大的地震, 处于城乡接合部、农村地区的村镇房屋倒塌、损毁的程度仍令人堪忧, 严重干扰了当地原本就薄弱的经济发展步伐。西部地区的村镇房屋目前主要采用价格相对低廉建筑材料, 如泥土、砖石或木构件

等组成的混合结构, 并且大部分仍然凭经验设计和施工, 缺少抗震意识, 房屋极少采取抗震措施^[3~6]。因此, 从经济、实用、易于接受的角度解决村镇建筑的抗震设计对有效保护群众的生命财产安全, 缩小城乡差别, 构建城乡共济的和谐社会有着重要的意义, 符合国家强化农村基础设施建设的总体战略。

本文结合笔者对 7.22 岷县、漳县地震乡村房屋的震害调查和对西部其他经济状况较为接近地区的房屋结构抗震性能的调查, 分析了西部地区村镇房屋的典型结构体系及破坏特征, 指出了影响西部地区村镇房屋抗震性能的普遍问题, 针对性地提出了加强西部村镇建筑抗震能力的若干建议, 并提出了一种有助于改善村镇房屋保温节能性能的构造方案。

基金项目: 国家自然科学基金项目(51178211); 甘肃省科技支撑计划(0708GKCA002); 甘肃省科技攻关基金(2GS066-A52-002-06)
作者简介: 陈斌, 男, 高级工程师, 研究方向为结构设计及结构抗震。

1 村镇房屋典型结构形式及震害分析

近几年来,笔者所在的研究团队承担了对西部近 40 个县市区村镇房屋的调研,笔者承担了甘肃、陕西及临近区域村镇典型结构体系和保温节能做法的调研。归纳出目前西部农村住房的主要结构形式,即砖木结构平房、木架与生土墙(或土坯)混合承重房、石砌结构平房、砖混结构平房,甚至在甘肃东部、陕西北部和山西的部分农村地区还有一定数量的土坯砌筑或夯土建造的生土窑洞。此处仅针对几类最常用的房屋震害特点进行归纳和分析。

1.1 砖木结构平房

这种房屋在全国各地都比较常见,采用砖墙支撑木屋架,在当地称砖托木。就本次在甘肃、陕西等地调研的这类农村房屋来讲,由于房间使用面积不大,结构布置比较对称,设计为纵墙承重,屋顶采用结构找坡的形式,有利于排水。屋顶由椽子、檩条、大梁等组成。屋面的做法采用麦秸泥挂瓦的形式,起保温隔热的作用,但在墙体上普遍没有采用保温隔热措施。这种结构在抗震方面存在的主要问题是:(1)砌筑砂浆强度偏低,有的工程甚至采用草泥代替砂浆,砌筑黏结材料没有足够强度,地震时墙体容易产生开裂破坏;(2)纵横墙(内外墙)连接不牢,没有同时咬槎砌筑(如施工时留马牙槎)、无拉接措施等,在水平地震作用下外墙拉脱外闪;(3)屋盖与墙体无连接,如梁与墙体无连接,尤其是檩条与山墙无锚固措施,使得山墙外闪屋架塌落;(4)房屋整体性差,承重砖墙中普遍未设圈梁。

1.2 木架与生土墙(或土坯)混合承重房

木架与生土墙(或土坯)混合承重房的主要承重结构是木结构,墙体只起辅助的维护作用。这种结构常见于西北地区。该地区经济不发达,农民人均收入较低,建筑物所采用的材料均采取就近取材的原则,根据各农户经济条件的不同,结构用料基本以阔叶木为主(主要指白杨木),也有采用针叶木的(主要指松木)。对于砌筑材料,有用自制的土坯作砌筑材料的,也有用黏土砖的,也有两者结合采用的。常用的辅助材料有:水泥砂浆、铁钉、结构用胶、苕苕、红柳、麦秸等。木构架自身抗震性能较好,地震时一般有“墙倒架不倒”的特点。在本次岷县地震调研中看到的情况是墙柱连接较弱,“干打垒”的墙体比较常见,不但自身剪切强度较差,而且

冬季寒冷季节冷风可直接透过墙缝,节能效果也较差。木架与砖墙房屋震害及木架与土坯墙房屋震害如图 1、图 2 所示。



图 1 木架与砖墙房屋震害



图 2 木架与土坯墙房屋震害

1.3 砖混结构房屋

由砖墙承重或砖柱承重结构的房屋,是我国各地村镇目前广为采用的一种建筑形式。此类房屋基础以砖、片石砌筑成条形基础,墙体结构以砖砌体为主,楼板、屋盖用预制板或现浇制作。该类房屋施工速度快,使用寿命长,如果采取合理的抗震构造措施,并设有圈梁、构造柱、配筋砖带等抗震构造措施的房屋,可以达到很好的抗震性能。但是,由于农村的建筑抗震意识淡薄或经济原因,普遍缺乏对结构正确设置圈梁和构造柱的必要性认识,很多构造措施没有落实或设置不当,使结构本身的抗震性能大大降低。从图 3、图 4 可以看出两栋房屋都出现了不同程度的震害,图 3 样本是来自岷县地震 8 度区的一个砖墙房屋,墙角部震害较为严重。图 4 是采集自同一地震烈度不太高的地区,但仍然发生了破坏。两者都没有设置圈梁和构造柱,初判为造成这个震害的主要原因之一。

2 村镇建筑抗震设防薄弱环节的主要表现

1)房屋选址未考虑场地的地震工程学性能。许多农房设计时,没有考虑当地的地震活动情况,工程场地选择时缺乏对抗震稳定性或场地放大效应的认识,选址

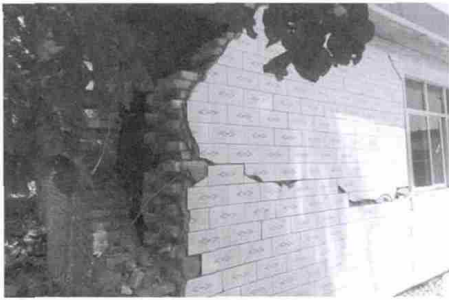


图 3 高烈度区的砖墙房屋震害



图 4 低烈度区的砖墙房屋震害

对次生灾害的考虑不足,如高坡底部的房屋没有考虑山体稳定和防洪要求等。

2) 忽视地基承载能力分析和基础设计。大多村镇房屋设计时,很少考虑工程地质有关资料。近年来,地震活动频繁,有相当一部分户主树立了房屋上部结构抗震措施的意识,但在调研过程中发现多个地基基础失效导致结构开裂、抗震性能降低的问题。

3) 村镇规划中,有些考虑了抗震规划的内容,但没有具体实施措施,有些偏远村镇的道路特别狭窄,车辆稍大,便无法进出,不利于疏散和救援。特别是这些区域的房屋抗震性能较差,无疑加重了乡村的震害后果。

4) 农民自建房屋自己模仿的多,聘请专业人员设计结构骨架的很少。部分农民自建房屋时盲目照搬临近民居的外观形式,却没有受力分析的意识,导致自建房屋中受力不合理的附属物多,如高门脸、高门头、高女儿墙和装饰悬挑部件过大过重等。震后调查中,往往发现同类震害在一群民居中连片重现。

5) 农房施工质量较差。20 世纪 80 年代以前的农房抗震设防意识薄弱,又限于当时的经济基础,农村房屋基本没有为抗震而选材、引进正规施工队伍的习惯,导致许多仍在使用的老旧房屋施工质量低下。近几年建造房屋时,村民逐渐有了抗震设防的意识,但由于农村村民自建施工队伍技术水平有限,加上对抗震构造正确做法的知识不到位,抗震构件的内在质量达不到

应有的抗震设防要求的情况仍然相当普遍。本次观察到的具体表现有:

① 砖砌体部分砂浆强度不足的现象比较普遍,加上砖块上墙前不浸水,很少考虑规范性的砌筑方法,就连大多数新建房屋都很少有放拉结筋的意识,墙体整体性差,甚至至今有不少村镇建筑中采用草泥代替砂浆,导致墙体破坏成为近年来几场地震中造成结构损害和人员伤亡最为严重的薄弱环节。本次岷县、漳县地震中发现有个别竣工不到 3 年的砖墙民居房屋出现大部分墙体倒塌的现象。

② 钢筋混凝土工程质量存在问题的也很多见,有部分村民尝试设置钢筋混凝土构造柱、圈梁,但混凝土拌制、水泥选材都存在隐患。有些住户使用的水泥长时间存放,结块后的水泥,敲碎后仍用于梁柱和屋盖。混凝土的配制没有采用正规的配合比,施工时拌制混凝土普遍不做计量,浇筑进模板后没有进行振捣,导致混凝土强度低下、空洞等先天不足。用于过梁和屋盖部分的混凝土梁、板出现破坏、断裂、垮塌的,大多有混凝土质量方面的问题。

③ 钢筋选材、制作和安装都不规范。有些钢筋是从非正规市场上采购来的便宜货,本身就属于加工粗糙,连粗细都明显不均匀的伪劣钢筋。还有些钢筋是村民个人从城镇公共建筑拆除过程中收集到的废旧钢筋,拆除时受到砸、压、撬、刮的影响,外形已经很规整。有些住户在结构中使用钢筋时,没有钢筋搭接和主筋保护层的概念,还有施工过程中有些原本应该设置于板顶部的负筋被踩得下降,甚至踩到板的中部,无法起到承担负弯矩的作用。

④ 部分施工队伍从外面引进,承担村镇建筑房屋时,对工程没有给予足够重视。施工队没有派任何技术工人来现场,而是由一些技术层次不高的“匠人”带着家庭成员和邻居、亲友施工。在整个建造过程中,没有落实施工企业基本的技术和质量管理流程。地基处理、模板安装固定、楼板架设的支座长度等多个工序的质量没有人把关,即使承重构件混凝土出现空洞,也是留到装饰抹灰时用砂浆一抹了事,为结构抵抗地震作用埋下了隐患。

3 提高村镇建筑抗震能力的几点建议

根据本次对岷县、漳县地震乡村房屋震害的实地调查可以看出,合理选材、施工质量和构造措施到位的

砖混结构房屋的抗地震倒塌能力相对较强,房屋震害不像其他材料的房屋那么严重。相反,生土墙体承重房屋的震害表现相当严重,即使在烈度很低的区域都发生较明显的破坏。针对这个结果,分别对村镇既有建筑和新建房屋提出如下建议。

1)20世纪80年代以前的房屋,有少量民居仍然在使用。这些建筑选材、施工时都没有考虑抗震设防。墙体多采用生土,有些即使采用了砖、石墙体,其墙体结构从强度和延性方面都存在隐患。这类房屋应进行一次全面的排查,特别是应该采用政府和民众力量相结合的方式,逐步淘汰生土墙体承重房屋,即土坯墙、夯土墙房屋,不为未来的地震灾害留下隐患。

2)对20世纪80年代以后,有抗震设防意识但构造不规范的房屋,也要进行一次全面的检查。即使在本次地震中没有倒塌,但存在墙体强度不足、结构体系不合理等问题的结构,其中该加固的应及早采取合理的加固措施。同时,也不应忽视对现有民居房屋地基基础性能的诊断,避免墙体在不均匀沉降作用下产生拉力,从而降低结构的抗震能力。

3)今后,村镇建设中的新建房屋施工设计中应抓好以下几点。

①目前部分地区农房改建时为节地和便利供水,推行连片开发的多层房屋。这些集中建设的民居工程选址时,要通过科学的论证和地质环境评价,由权威部门提供当地潜在的地震断层和活动情况,并通过正式地质勘察,获取详细的工程场地地质资料,对场地做出地震工程学性能的综合评价,避开抗震不利地段,降低工程场地的地震风险,节约新农村建设的抗震成本。这方面甘肃省一些基层政府已经做了有益的探索,如笔者考察过的金昌市双湾镇赵家沟村的康居示范工程,采取了政府出面组织,统一设计,统一组织施工队伍,统一建造过程的监理,保证了工程质量^[7]。

②城镇化过程中,应重视规划对村镇防灾减灾的作用。对旧农村改造时,应由地方政府统一规划,对于日常交通设施、应急疏散道路设置,应符合当前国家的村镇防灾减灾标准。工程建设前,整体规划布局要明确标出农居的间距、与地质灾害风险点的有效距离。特别是要标明主次干道和通往应急避险开阔地的出口地点等,有利于发生地震或火灾时开展人员疏散和应急救援工作。

③采取有效措施,把提高设计质量和施工质量的

措施落实到位。随着城镇化进程的加速,新农村建设的范围和规模也在不断扩大,在农村的经济水平和村民生活水平提高的同时,群众对农居工程内在质量的要求也在不断提高,这就要求乡村民居施工质量管理与城镇工程建设质量管理逐渐接轨。现阶段首先要强化对农村建筑设计和施工人员的技术培训工作,条件成熟的地区,应逐步推行农村“建筑工匠”持证上岗制,钢材、水泥、防水材料等主要建筑材料的选材来源要可靠,有合格证;混凝土施工过程中要留试块,关键构件和施工阶段应留存质量检验报告;设计和施工人员应具有地方政府部门认证的资质;县乡建设主管部门要定期组织农村房屋建设质量检查,及时发现并纠正抗震设防等方面存在的质量问题。

④对近年来村镇抗震建筑性能表现好的例证加以收集整理,给予推广。比如,本次岷县、漳县地震震后调研中发现,2012年5.10泥石流灾后重建项目中的一万多户农房建设过程中,由于省政府出台了合理的抗震措施激励政策,地方政府对构造措施和工程质量监管到位,在本次地震中表现非常出众。这表明,提高村镇房屋的抗震性能并非没有办法。

4 提高村镇房屋抗震能力应与保温节能改造同步进行

通过对西部地区村镇房屋的调研,在笔者走访过的大部分西部农村地区,除了建筑物抗震性能普遍存在问题外,建筑物的外墙厚度也远远小于目前国家倡导的节能标准要求,冬季太冷,夏季又过热,人体舒适度很低^[8]。为此,提出了将村镇建筑抗震与节能同步改造、通盘解决的一系列建议,并开展了分析和试验研究^[9~11]。本文列出一种将村镇建筑节能改造与提高结构抗震能力并举的方法作为示例。

为提高村镇建筑的保温节能性能,对单层房屋采用了在承重砖墙体外砌筑断热复合节能砌块或多孔砖的双墙结构方案。即以普通砖砌体作为承重墙体,在其中落实正常的抗震构造措施,而在房屋外墙的外部配砌轻质的断热复合节能砌块或多孔砖,并利用纤维砂浆在砌筑灰缝和轻质节能砌块设置交叉暗斜撑,以提高节能砌块砌体结构的延性,如图5所示。轻质断热保温墙体上的纤维砂浆带设置如图6所示,轻质断热保温墙体试件经过往复推剪模型试验后的破坏外观如图

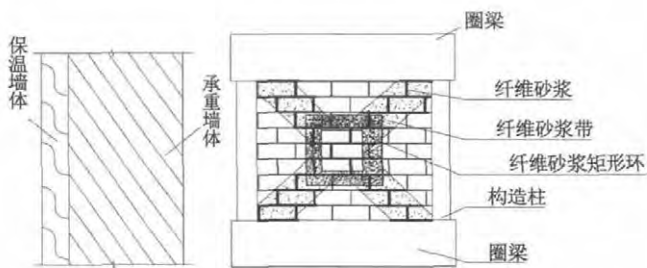


图 5 墙体构造

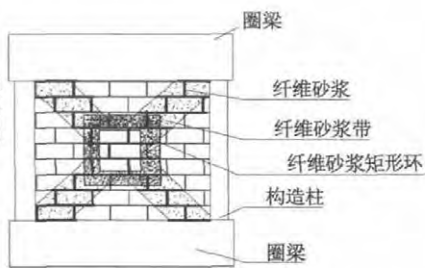


图 6 保温墙体纤维砂浆带

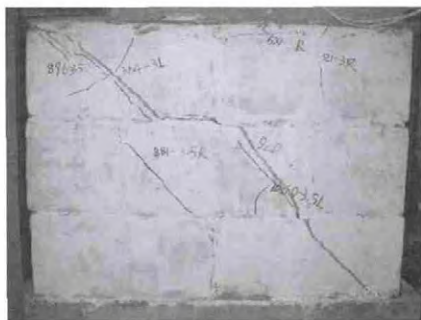


图 7 试件破坏外观

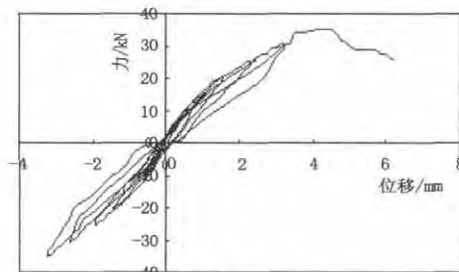
7 所示。

进一步比较普通砂浆和纤维砂浆砌筑墙体两种试件的滞回曲线形状可以看出,在墙体开裂前,两种墙体的滞回曲线都接近直线,滞回环面积很小,几乎无残余变形。墙体开裂后,普通砂浆砌筑墙体滞回环稍有弯曲,滞回环面积稍有增大,但总体来说滞回环图形比较窄,如图 8(a)所示。纤维砂浆砌筑墙体在开裂后滞回环弯曲比较明显。临近极限荷载时,滞回环面积明显加大,表明纤维砂浆砌筑墙体的滞回耗能能力有所改善,如图 8(b)所示。根据对岷县、漳县地震后所做的调研发现,砖砌体房屋采取了合理的抗震构造措施后,即使在震中区结构变形也不太大。据此推断,房屋外面配砌的轻质断热节能砌块应该能承受对应设防烈度的位移,故本文所建议的抗震与保温节能构造能满足村镇房屋基本的设防目标。

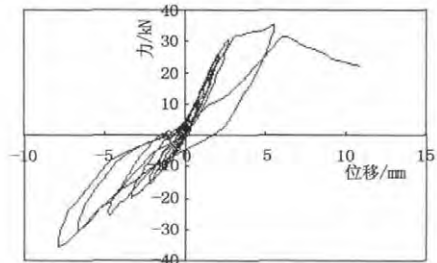
5 结 论

1) 村镇建筑抗震能力弱是制约我国建筑抗震能力提高的一个重要方面,在经济条件允许的地区要利用政策引导、政府与民众协同的方式逐步加以改善。特别是要通过村镇结构抗震知识宣传和实际地震考验的典型事例,提高对村镇建筑结构抗震的认识。

2) 为激励群众参与提高村镇建筑抗震能力,建议将村镇建筑抗震能力提高与节能能力改善结合起来。



(a) 普通砂浆砌筑



(b) 纤维砂浆砌筑

图 8 滞回曲线对比

本文建议的断热复合砌块与传统砌体结构相结合的方案,可以满足西部地区村镇建筑房屋的抗震和节能双重需求。

参考文献

- [1]杜永峰,武大洋.一种轻型消能摇摆架近断层地震响应减震分析[J].土木工程学报,2013,46(s2):1-6.
- [2]杜永峰,唐能.串联隔震结构震损倒塌动态模型分析[J].工程抗震与加固改造,2012(1):42-46.
- [3]郭永恒,周云.浅谈贫困地区防灾减灾的困境与对策[J].工程抗震与加固改造,2005,27(增):191-195.
- [4]黄海燕,叶燎原,缪升,等.云南地区村镇建筑结构的抗震设防对策[J].工程抗震与加固改造,2005,27(增):200-204.
- [5]王兰民,陶裕禄,袁一凡.中国地震安全农居示范工程综述[J].西北地震学报,2005,27(4):351-353.
- [6]魏祖英,郭金贵.西北地区农村房屋抗震设防现状及对策[J].西北地震学报,2005,27(4):354-356.
- [7]杜永峰,李慧.陇南建筑结构震害的宏观分析与重建指导思想的建议[C].
- [8]董海燕,祁少明,孙晓璐,等.寒冷地区既有居住建筑墙体节能改造技术研究[J].工业建筑,2009(7):4-6.
- [9]杜永峰,李慧.利用纤维砂浆提高砖砌体结构延性的探索试验[J].新型建筑材料,2008,10(S):213-216.
- [10]李慧,赵方成,杜永峰等.断热节能复合砌块砌体的抗震性能试验研究[J].四川建筑科学研究,2009,36(2):258-261.
- [11]杜永峰,李慧.纤维砂浆加固多孔砖砌体墙片抗震性能试验研究[J].兰州理工大学学报,2009,35(3):107-110.