

# 砌体结构房屋抗震性能评价与加固对策

卢先军<sup>1</sup> ,王毅红<sup>1</sup> ,苏东君<sup>1</sup> ,史耀华<sup>2</sup>

( 1. 长安大学 建筑工程学院 陕西 西安 710061 2. 新疆民用建筑设计院有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000 )

**摘 要 :** 针对目前我国现有砌体结构房屋建造年代不一、抗震设防标准不同和建造质量参差不齐的实际状况 ,在进行了大量的调查研究之后 ,选取了一幢具有代表性的房屋 ,依据现行建筑抗震鉴定标准和建筑抗震设计规范 ,按照不同的地震参数 ,用 PKPM 软件进行计算分析 ,对其抗震性能进行评价 ,得出抗震鉴定结论 .然后由点及面地分析了该类房屋在结构抗震设计方面普遍存在的问题 ,并在此基础上 ,对加固策略做了初步的探讨 ,提出了看法和建议 .  
**关键词 :** 砌体结构 ;抗震性能 ;抗震设计 ;抗震加固 ;对策分析  
中图分类号 :TU352 文献标识码 :A

## Seismic behavior appraisements and strengthening strategies of masonry buildings

LU Xian-jun<sup>1</sup> , WANG Yi-hong<sup>1</sup> , SU Dong-jun<sup>1</sup> , SHI Yao-hua<sup>2</sup>  
( 1. School of Civil Engineering , Chang 'an University , Xi 'an 710061 , China ;  
2. Xinjiang Civil Architecture Design Institute Ltd Company , Wulumqi 830000 , China )

**Abstract :** Masonry buildings have different construction ages , seismic fortification criterions and qualities at present in China . After a lot of investigations were done , a typical building was calculated and analyzed by PKPM which is a popular program of architecture and structure design for buildings in China according to different design parameters of ground motion . During the course , standard for seismic appraisements of building and code for seismic design of buildings were referenced . Then appraisements of seismic behavior for this building were given . A series of problems which are general in seismic design of masonry were analyzed . The strengthening strategies were also discussed . Finally , some suggestions for masonry structures were put forward .  
**Key words :** masonry buildings ; seismic behavior ; seismic design ; seismic strengthening ; strategies analysis

## 0 引 言

我国是一个多地震的国家 ,地震活动的分布范围十分广泛 ,绝大多数省份都曾发生过 6 级以上的地震 ,地震基本烈度 6 度及以上地区的面积占全部国土面积的 79% .我国 450 个城市<sup>[1]</sup>中 ,位于地震区的约占 74.5% ,其中有一半位于地震基本烈度为 7 度及其以上地区 ;28 个百万以上人口的大城市有 85.7% 位于地震区 ,50 ~ 100 万人口的大中城市和 20 ~ 50 万人口的中小城市有 80% 位于地震区 .在 20 世纪 ,震级大于等于 8 的强震达 9 次之多 ,其中发生于人口稠密之处者 ,损失更是惨重( 1976 年 7 月 28

日的唐山大地震便是一例 ,死亡 24 万余人 ,整个城市几乎全毁 ) .我国在 20 世纪 70 年代以前所建工程 ,一般未考虑抗震设防 ,因此这些房屋和工程设施 ,一般不能抵抗较大地震的袭击 .尤其是抗震能力差的大部分老旧房屋、农村建筑、土石结构房屋、南方地区的空斗墙房屋等 .而历次地震造成的人民生命财产的损失 ,则主要是由于抗震能力差的房屋和工程设施的破坏造成的 .  
历次震害表明 ,多层砌体结构房屋受地震的破坏最为严重 ,据统计<sup>[2,3]</sup> ,1923 年的日本关东大地震 ,东京约有 7 000 幢砖石房屋 ,大部分遭到严重破坏 ,其中仅有 1 000 余座平房可修复使用 .1948 年苏

收稿日期 :2003-05-10  
基金项目 :西安市科委软科学研究项目( R200124 )  
作者简介 :卢先军( 1979 - ) ,男 ,湖北谷城人 ,长安大学硕士研究生 ,主要从事结构工程研究 .

联阿什哈巴地震,砖石房屋的破坏率达70%~80%。1976年我国唐山大地震,在1000余幢多层砖混结构房屋中,倒塌率为70%~90%;1991年的新疆柯坪地震、1993年的云南普洱地震,多层砖混结构房屋的破坏率达到75%。由于砌体结构主要使用地方材料,具有良好的经济指标和保温隔热性能、施工简便等优点,因此在我国有极广泛的应用。目前,砌体结构房屋还是我国城市居民的主要住房结构形式之一。但砌体结构材料强度较低、变异较大、结构的整体性和抗震性能较差,在地基产生不均匀沉降或有温度变形作用时,极易产生各种裂缝。在长期的使用过程中会产生程度不同的损伤或破坏。建造年代不一、砌体结构房屋抗震设防标准不同、建造质量参差不齐,使城市抗震防灾形势变得十分严峻。如何分析和评价这类房屋抗震性能,本文以西安市某幢住宅楼为例做了一些探讨,希望能对其他城市的抗震防灾工作有所借鉴。

## 1 调查结果

陕西关中位于的地震区,即山西中南段至晋陕豫交界地区,是全国12个抗震防灾重点防御地区之一。全国77个重点抗震城市中,陕西有4个,西安为其首。

西安市建委从1999年12月起,历时7个多月,对市、区、县规划区范围内的建(构)筑物的抗震性能进行了全面普查,调查结果表明,在需要加固的2517栋建筑物中,多层砌体建筑物达1797栋,占71.16%;土木石结构297栋,占11.80%,这两类房屋的建筑面积占需要加固房屋建筑总建筑面积的81.24%。目前相当大一部分居民则生活在这类建筑中,能否解决好这部分建筑的抗震设防问题将直接关系到全市抗震工作的成效。

## 2 典型房屋实例分析

西安市在20世纪70年代抗震设防标准经历了两次重大变化,在1974年12月之前,均不设防;在1974年12月后至1978年间,均按7度抗震设防;1978年以后则按8度抗震设防。为了解在此期间建造的房屋的抗震性能,现以一个典型的砌体结构房屋,按照文献[4]进行抗震鉴定,并依据文献[5],采用中国建筑科学研究院开发的建筑结构设计软件PKPM,分别按7度和8度抗震设防,取不同的地震参数进行计算、对比分析如下。

### 2.1 建筑结构概况

西安市某单位职工住宅楼,三层砖混结构,房屋总高度为8.7m,层高为2.9m,采用MU7.5烧结普通砖、M2.5混合砂浆砌筑,楼板为预制钢筋混凝土板,该房屋建于1972年。

### 2.2 计算分析

按照《建筑抗震设计规范》(GB50011-2001),取7度和8度时的地震参数,分别进行验算。鉴于篇幅限制,现仅列出第一层①~⑨轴的计算结果(图1,图2)。

电算分析结果表明,按设防烈度7度计算,该房屋除⑨轴右侧,D、E轴之间的垃圾道和厕所墙体承载力不满足要求外,其余部分的承载力基本满足要求。但8度时,由于各层水平地震剪力成倍增加,有相当多的墙体抗震承载力不足(如图1所示括号内效应/抗力小于1的数据)。通过墙体受压承载力计算和高厚比验算,可以发现部分门垛的承载力不满足要求,大多数的120mm厚墙体高厚比不满足要求(如图2所示带中括号的数据)。

按照《建筑抗震鉴定标准》(GB5002-95)对该房屋进行鉴定,结果表明,该房屋满足刚性体系的要求,砖及砌筑砂浆的强度等级符合设计规定的强度要求,但楼屋盖预制板的支承长度不够,楼盖及屋盖处钢筋混凝土圈梁配筋不足,少数承重墙由外墙至门洞边的距离不满足要求。

## 3 砌体结构房屋抗震设计中的问题

通过典型房屋分析和大量的调查研究,可以发现,我国现有砌体结构房屋确实存在着大量的问题<sup>[6]</sup>,其中有些问题普遍存在于新老建筑之中,是结构抗震的隐患。

(1)房屋超高、超层,这在多层砌体结构房屋设计中时有发生。房屋越高,层数越多,房屋在地震中严重破坏和倒塌的比例越大,采取防倒塌的抗震措施也越困难。

(2)缺构造柱、圈梁或构造柱、圈梁配筋不够,形同虚设。这在老房屋中比较普遍,尤其是抗震设防等级出现过较大变化的城市或地区。构造柱和圈梁对增加砌体结构房屋墙体间的连结,约束墙体裂缝,抵抗不均匀沉降,提高房屋结构的整体性、延性和抗倒塌能力有十分重要的作用。因此,老房屋构造柱和圈梁的问题是特别值得重视的问题。

(3)房屋顶层为大空间,砖墙数量突然减少,而结构上又未采取有效措施,造成刚度突变,发生地震



渐增加,此时称建筑物已超过了其合理的使用寿命。在建筑物的合理使用寿命内,不应有结构构件的加固问题,但是随着我国科学的进步,经济的发展,抗震规范的多次修订,以及使用者对房屋抗震设防和安全性要求的不断提高,对现存老砌体结构房屋采取维护和加固补强措施是完全必要的。对于结构来说,虽然在设计基本周期内进行加固补强是一种损失,但对整个建筑物来说,经加固补强后,寿命得以延长,还可取得一定的经济效益。

1974 年我国第一部抗震设计规范(TJ11-74)正式颁布实施,但大多是采取构造措施进行抗震设防。1990 年以后,很多城市陆续实施抗震设防区划,抗震设计依据本地区的设计地震动参数,这些参数与规范的参数有所不同。2002 年 1 月 1 日,新的抗震设计规范(GB50011-2001)开始施行,这是对我国 12 a 来抗震设计理论研究和工程实践经验教训的总结,规范达到了较高的水平。科学和社会的发展要求,对不同年代建造的房屋做出科学的评价,并给出加固、处理对策。在 1974 年前建造的房屋,虽然唐山地震后,大多数都进行了抗震加固,但加固的质量和效果变异性较大,与现在的抗震设计规范(GB50011-2001)的要求相比还有差距,而且当时我国的房屋加固技术刚开始起步,理论还不成熟,大多凭的是经验,加之施工质量、材料的性能都不能完全保证,因此对于 70 年代之前建造的房屋,尤其是五六十年代建造的砌体结构房屋、土木石结构房屋,因为年代久远,也已到了“退役”年限,再加固使用意义已经不大,应考虑逐步予以拆除、重建。在 1974 年以后建造的房屋,还未到达退役年龄,但抗震措施薄弱,不满足抗震设防的要求,结构的可靠度偏低,对这些房屋,应按照《建筑抗震设计规范》(GB50011-2001)的要求,根据抗震鉴定的情况区别对待,综合考虑经济和安全因素,采取加固措施,或缩短其使用年限。1990 年以后设计建造的房屋,一般抗震都无重大问题,因此加固的重点应放在 1990 年之前建造的房屋及加固措施不到位的房屋上。抗震加固若能与房屋

的改造、扩建、加层等相结合,则效果会更好。

此外,在对不同年代建造的砌体房屋进行加固、改造的同时,应注意到城市现存的老旧房屋,特别是居民集中居住区的环境、布局尚存在许多问题,房屋的密度过大,疏散通道狭窄,不满足防火和发震时的疏散、救灾要求。因此,在考虑房屋的加固、改造,提高房屋本身抗震能力的同时,也必须考虑防火救灾的其它问题,拆除加固价值低的房屋,拓宽通道,降低密度,全面提高居住区的抗灾、防灾、救灾功能。

## 5 结 语

砌体结构房屋,在当前乃至今后相当长一段时期将仍是我国民用建筑的主要结构类型之一。限于目前我国经济发展水平及人口环境等现实情况,还不可能将现有不满足抗震设防要求的砌体结构房屋全部拆除重建。因此,只能在抗震鉴定的基础之上,综合考虑经济和安全的因素,采取不同的对策和加固措施,同时,切实加强现有抗震设计规范的贯彻和执行力度,使新建房屋满足抗震设防的要求。只有这样,才能全面提高我国砌体结构房屋的抗震防灾能力,使其在地震时的破坏降到最低限度。

## 参考文献:

- [1] 姚谦峰,苏三庆.地震工程[M].西安:陕西科学技术出版社,2000.
- [2] 郭继武.建筑抗震设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [3] 贾英杰,袁 泉,姚谦峰,等.砌体结构震害分析与防治对策研究[J].工程抗震,2001(1):16-21.
- [4] GB5002-95,建筑抗震鉴定标准[S].
- [5] GB50011-2001,建筑抗震设计规范[S].
- [6] 韩占增.多层砖房抗震与设计质量[J].工程抗震,1998(3):23-25.
- [7] 赵国藩,金伟良,贡金鑫.结构可靠度理论[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.

[责任编辑 任晶钰]