

文章编号:1673-2049(2005)03-0063-04

西安市低洼棚户改造房屋的抗震性能

苏东君¹, 王毅红¹, 傅鹏斌¹, 康 萍²

(1. 长安大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710061; 2. 武汉理工大学 土木工程与建筑学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 阐述了中国抗震设计规范的多次变化和在不同时期建造的砌体房屋在抗震性能上存在的差异。选择西安市 20 世纪 90 年代初期低洼棚户改造工程中有代表性的 6 层砌体结构住宅作为研究对象, 用不同抗震规范对该房屋进行抗震计算和分析; 指出墙体局部尺寸过小, 大洞口两侧没有构造柱加固, 墙段水平剪力分布不均与构造柱、圈梁数量及配筋率偏低等抗震薄弱环节, 最后提出了解决小墙段抗震承载力不足问题的方法。

关键词: 抗震设计规范; 房屋抗震性能; 砌体结构; 房屋加固; 防震减灾

中图分类号: TU352.11

文献标志码: A

Seismic performance of reconstructing low-lying shanty in Xi'an

SU Dong-jun¹, WANG Yi-hong¹, FU Peng-bin¹, KANG Ping²

(1. School of Architectural Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, China;

2. School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Many changes of code for seismic design of buildings were discussed, and the differences of performance for masonry structures in the different periods were pointed out. Meanwhile, authors analyzed the representative six stories masonry structures house that was the research object in low-lying shanty's improvement project in the beginning of 1990s in Xi'an. Authors found that the local size too small, no metabolite reinforced big hole, unsymmetry shearing force of level, the number of metabolite and ring beam and reinforcement too low were the weak links for seismic. Finally, the methods of improving the seismic capacity in small wall were presented.

Key words: code for seismic design; seismic performance of building; masonry structure; reinforcement for building; earthquake prevention and disaster decrease

0 引 言

中国抗震设计规范随着国家经济条件和科学水平的提高, 不断地修订、完善和更新。不同年代设计建造的房屋, 其抗震性能和设防标准也不相同。1974 年以前的房屋未考虑抗震设防; 1974~1978 年设计建造的房屋, 依据中国《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ 11-74) 设计; 1978~1991 年设计建造的

房屋, 依据中国《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ 11-78) 设计; 1990~2001 年设计建造的房屋, 依据中国《建筑抗震设计规范》(GBJ 11-89) 设计。在 1974~2001 年期间, 很多中国重点抗震城市开始实行抗震设防区划, 设计的地震动参数有所变化。2001 年中国颁布了新的《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001), 结构的抗震安全度又有了适当的提高。因此, 不同年代建造的各类房屋, 其抗震性能

收稿日期: 2005-03-22

基金项目: 西安市科技局软科学研究项目(R200124)

作者简介: 苏东君(1974-), 男, 河南南阳人, 工学硕士研究生. E-mail: sdj_318@yahoo.com.cn

存在很大的差异^[1~3]。笔者以西安市在 20 世纪 90 年代初期,按中国《建筑抗震设计规范》(GBJ 11-89)设计建造的大批砌体结构房屋为研究对象,分析了其抗震性能,为城市抗震及防震减灾工作提供了科学依据。

西安市的低洼棚户区危旧房改造工作(简称“低改”工作),从 1991 年 4 月试点起步,1992 年全面铺开,在“八五”期间,西安市走出了一条由政府扶持、单位资助、个人集资建设住房的新路子,加快了旧城改造的步伐,改善了城市的容貌。西安市“低改”项目的实施,使 2.8 万住房特困户,从环境恶劣、低矮危漏的住房搬进了居住条件较好的新楼房,回迁户的人均住宅面积由原来的 5.7 m^2 提高到 15 m^2 以上。到 1997 年,西安市“低改”工作已经基本完成,近 10 万居民的居住条件有了很大的改善^[4]。

西安市这批集中设计建造的房屋大部分为 5 或 6 层的砌体结构房屋。由于砌体结构材料的脆性性质,抗剪、抗拉和抗弯强度低,所以砌体房屋的抗震能力较差。在各国历次强烈地震中,砌体结构的破坏率都是相当高的。另外,西安市低洼棚户区危旧房改造是住宅小区改造项目,新建住宅小区房屋的人口密度高于其他类型建筑。因此,对此类房屋的抗震性能作出合理的评价,积极做好防震减灾的各项工作,对全面提高城市抗震减灾水平和制定相应的抗震防灾政策具有重要的意义。

1 房屋概况

选择位于西安市朱雀门附近,南广济街和四府街之间的保吉巷小区 5 号住宅楼作为分析对象。保吉巷小区是当时“低改”工作中具有典型性、代表性的地区。该小区共 1 700 多户,占地面积 11.53 hm^2 ,基本为 6 层砌体结构房屋,工程优良率在 95% 以上。

5 号住宅楼采用条形砖基础,基础埋深为 -2.20 m ,下设整片为 0.6 m 厚的 3:7 灰土垫层,压实系数要求达到 0.95;无地下室和屋顶间;室内外高差为 0.75 m ,层高为 2.80 m ,房屋总高度为 17.55 m ;每户均设净挑为 1.30 m 的阳台;每层设置钢筋混凝土圈梁;除隔墙外,墙体均采用 240 砖墙。 ± 0.000 以下采用 MU10 普通机制砖, ± 0.000 以上采用 KP1 型多孔砖;三层及三层以下采用 M10 混合砂浆,四层和五层采用 M7.5 混合砂浆,六层采用 M5 混合砂浆;梁、板、柱混凝土强度等级均为 C20,钢筋强度等级为 I、II 级。房屋采用以横墙承重为主,纵、横墙共同承重的结构体系,且纵、横墙的

布置均匀对称,基本沿平面内对齐,沿竖向上下连续;无削弱墙体的风道、烟道和垃圾道;房屋尽端无楼梯间布置。加之楼板多采用现浇板,使该楼具有良好的整体性。

2 典型房屋计算分析

按中国《建筑抗震设计规范》(GBJ 11-89)对 5 号楼房屋进行计算分析表明:房屋的各项性能指标均满足规范要求。1997 年实施西安市抗震设防区划和 2001 年颁布中国《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)后,西安市房屋的抗震设防水平有所提高。为了考察在新规范和抗震区划的标准下 5 号楼房屋的抗震性能,对房屋进行了计算分析。5 号楼房屋结构平面布置如图 1 所示。

5 号楼单体房屋采用中国建筑科学研究院开发的 PKPM 软件,按照中国《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)进行计算,地震动参数按西安市抗震设防区划取用,具体所选参数:抗震设防烈度为 8 度;地震影响系数最大值为 0.16;设计基本地震加速度为 $0.2g$;设计特征周期为 0.35 s ;场地类别为 II 类。

计算结果表明:第二层地震剪力较第一层增大不多,而墙体轴向压应力却减小很多,又因第一、二层墙体材料相同,所以第一层反而比第二层安全,故取第二层墙体的计算结果进行分析。抗震验算结果如图 2 所示。

由 5 号住宅楼第二层墙体的抗震验算结果可以看出:横墙均满足抗震要求且可靠度较高,而纵墙却有多处墙体不满足抗震设计要求。

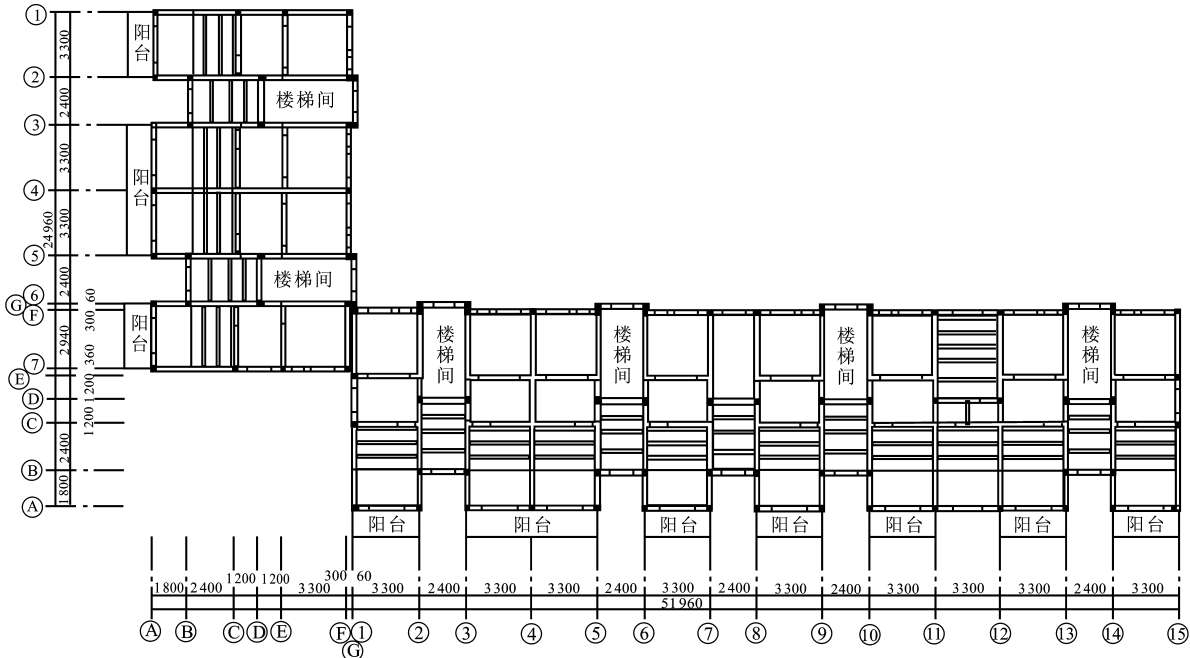
(1)⑥轴:本轴墙体虽然整体满足抗震要求,但却有多处小墙段抗震能力不足,这主要是由于该轴楼梯间两侧开有 $630 \text{ mm} \times 630 \text{ mm}$ 的小洞口(卫生间窗),使该洞口两侧墙段高度远小于该轴其他墙段高度,如图 3 所示。当 $b_1 = b_2$ 时, $h_1 > h_2$,故墙段 2 的侧移刚度 $D_2 > D_1$,墙段 2 分配的水平地震剪力比墙段 1 大的多,致使这些墙段承载能力严重不足,无法满足抗震要求。

(2)⑦轴:由于本轴墙体开有较多大洞口,又未在洞口两侧设置构造柱加强,所以多处尺寸不满足规范的小墙段墙体抗震承载力不足。

(3)⑧轴:本轴墙体为平面局部突出部分,结构对墙体的约束作用较差,为抗震关键部位。由于墙体开有大洞口,多处墙体局部尺寸不满足规范要求,所以抗震承载力不足。但由于设计时在纵、横墙交接处均设置了构造柱,而且本轴每层圈梁均通长设

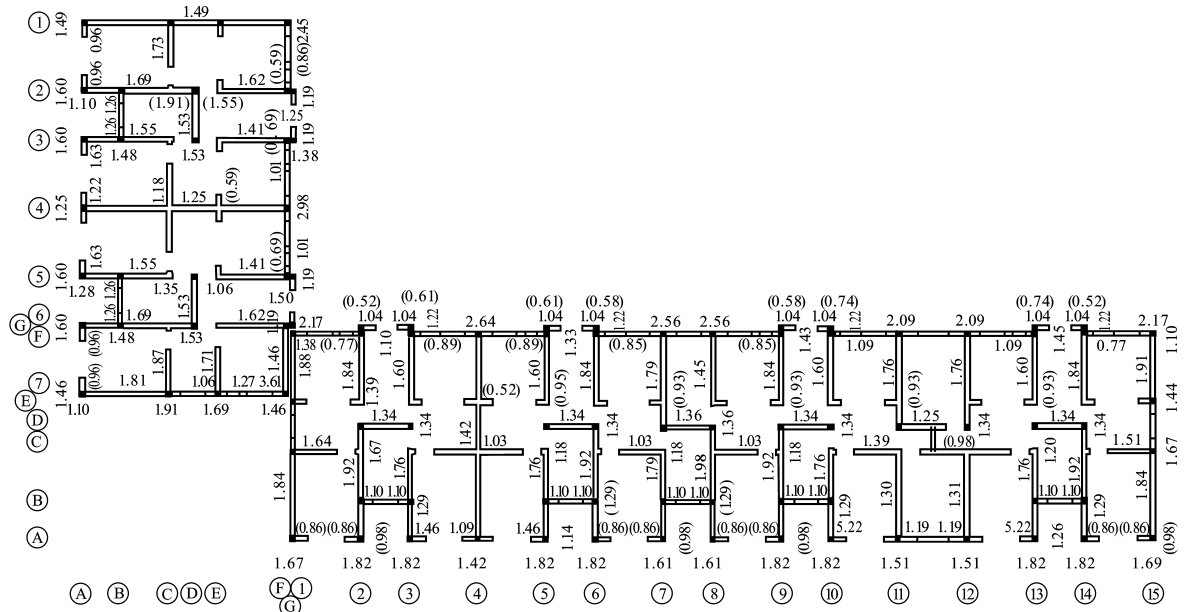
置,圈梁与构造柱整浇在一起,形成了钢筋混凝土的拉接体系^[5],共同约束墙体,提高了墙体的延性,增

加了墙体的抗倒塌能力。因此,本墙体在地震时仍能保持相当的竖向承载能力。



注: (1)图1中除标出部分为预应力空心楼板外,其余部分均为混凝土现浇板。
(2)图1中除楼梯间外纵墙处构造柱为240 mm×560 mm外,其余均为240 mm×240 mm。

图 1 标准层结构平面/mm
Fig. 1 Structural plane for typical floors



注: (1)图2中大片墙体(包括门、窗洞口在内)的抗震验算结果:数字的标注方向与该片墙的轴线垂直;门、窗间墙段的验算结果:数字的标注方向与该墙段平行。
(2)图2中数字为墙体抗震承载力与所受地震力之比;带括号数字表示抗震承载力与所受地震力之比小于1.0。

图 2 第二层墙体的抗震验算结果
Fig. 2 Computation result of seismic for the second floor

3 房屋抗震性能的不足

按照中国《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)的有关要求,从上述的分析结果以及结合其他

房屋的调查情况可知,按中国原《建筑抗震设计规范》(GBJ 11-89)设计建造的多层砌体结构房屋在抗震性能方面存在的不足之处有:

(1)一些墙体局部尺寸过小(多见于承重窗间墙

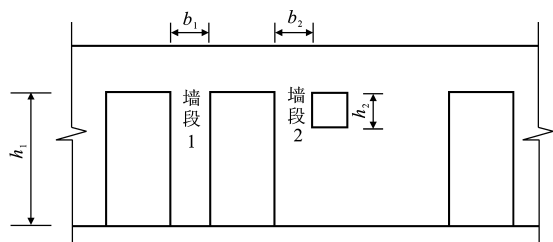


图3 小墙段计算高度 h 和计算宽度 b

Fig. 3 Calculation height h and width b of small wall

和外墙至门窗洞口处距离),不利于抗震。

(2)一些墙体洞口过大且没有设置构造柱加强,是抗震的薄弱环节。

(3)构造柱、圈梁数量偏少且配筋率偏小,因构造柱和圈梁对增加砌体结构房屋的整体性、延性和抗倒塌能力具有十分重要的作用。因此,构造柱、圈梁数量不足对房屋抗震性能有一定影响。

4 存在问题及建议

多层砖房具有取材方便、造价低廉和施工简便等优点,是城市居民住宅的主要结构类型之一。分析表明:用新规范(GB 50011-2001)的标准来分析依据老规范(GBJ 11-89)设计建造的砌体结构房屋,其抗震性能存在不足。但由于这类房屋是按中国抗震规范(GBJ 11-89)设计建造的,其基本抗震性能良好。对少数没有达到要求而需要加固处理的墙段,给出解决的方法:

(1)对于小洞口(如卫生间窗)两侧小墙段,其抗震能力不足主要是由于墙段高度小,水平侧移刚度大,分配到的地震剪力大,导致其承载能力不足,这可从中国现行《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)中的剪力计算公式(1)看出。规范规定:各墙段分配的地震剪力数值,视各墙段间侧移刚度比例而定。第 m 道墙第 r 墙段所分配的地震剪力为

$$V_{mr} = \frac{k_{mr}}{\sum_{r=1}^s k_{mr}} V_{jm} \quad (1)$$

式中: V_{mr} 为第 m 道墙第 r 墙段所分配的地震剪力; V_{jm} 为第 j 层第 m 道墙所分配的地震剪力; k_{mr} 为第 m 道墙第 r 墙段侧移刚度。

当第 r 墙段高宽比 $\rho_r = h_r/b_r < 1$ 时,侧移刚度仅考虑剪切变形的影响,其中 h_r 为洞口间墙段(如窗间墙)或墙端墙段高度, b_r 为墙段宽度;当 $\rho_r > 4$ 时,认为侧移刚度很小,可以忽略,即不分配剪力;当 $1 \leq \rho_r \leq 4$ 时,侧移刚度须同时考虑弯曲变形和剪切变形的影响。

可以看出:墙段所分配到的地震剪力是由其侧移刚度决定的,而侧移刚度的大小则由墙体的厚度和高宽比决定。因此,增加墙段的高宽比可以有效地降低墙段所分配到的地震剪力。若拆除小洞口下部部分墙体,增大墙段高宽比以降低其侧移刚度,减小此墙段所受水平地震剪力,可以使地震剪力在各墙体中的分配趋于均匀,也容易使墙段承载力满足要求。为使这种窗口满足使用功能要求,可以用填充材料砌筑,恢复洞口尺寸,做到既不影响用户使用,又达到了调配地震剪力的目的。5号楼单体房屋按照上述方法处理后的抗震验算结果表明:⑥轴墙体仅有两端开间墙体不满足要求,抗震性能明显得到了改善。

(2)对房屋的局部突出部分,根据抗倾覆等验算的结果,采用适当的拉结等构造措施进行加固。

(3)一些房屋的内承重墙采用 180、120 mm 的墙体,若墙体高宽比较小或承载能力不足,应进行加固处理。

5 结语

抗震设防是以现有的科学技术水平和经济条件为前提的。在中国的城镇建设中,多层砌体结构房屋的数量多、分布广,在今后相当一段时期内,受经济发展水平及人口环境等现实情况的限制,多层砖房仍将是住宅建筑的主要结构形式。笔者用中国现行《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2001)和西安市抗震设防区划的地震动参数,分析了已有多层砌体结构房屋的抗震性能,指出了抗震薄弱环节,给出了改进房屋抗震性能的一些措施和建议,对全面评价现有房屋抗震性能,制定城市抗震防灾、减灾政策提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 王毅红,蒋建飞,石坚,等.木结构房屋的抗震性能及保护措施[J].工程抗震,2004,22(5):47—51.
- [2] 卢先军,王毅红,苏东君,等.砌体结构房屋抗震性能评价与加固对策[J].长安大学学报(建筑与环境科学版),2004,21(1):4—7.
- [3] 崔莹,王毅红,石坚,等.城市老旧房屋抗震性能的调查研究[J].工程抗震,2004,22(6):41—44.
- [4] 张富春.亲历西安的城市建设[M].西安:陕西人民出版社,2002.
- [5] 卢存恕.建筑抗震设计实例[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.