

张合, 吕国军, 孙丽娜. 邢台市重要建筑中砖混结构震害预测[J]. 华北地震科学, 2017, 35(1): 73-77.

邢台市重要建筑中砖混结构震害预测

张合, 吕国军, 孙丽娜

(河北省地震局, 石家庄 050021)

摘要:通过对邢台市重要建筑中的 21 栋砖混结构房屋进行现场调查, 运用砖混结构震害预测方法计算出了每栋建筑的破坏等级, 得到了所有重要建筑物的震害预测结果, 并以震害矩阵形式给出; 结合总平均震害指数对这些建筑物的抗震性能进行综合评价, 为邢台市防震减灾规划提供参考依据。

关键词:砖混结构; 震害矩阵; 抗震性能

中图分类号: P315.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-1375(2017)01-0073-05

doi: 10.3969/j.issn.1003-1375.2017.01.012

0 引言

邢台地区近年来大规模的城市建设和高速的经济增长不仅给城市带来了无限机遇, 也给城市规划和建设提出更高的要求, 以人为本的具有抵御灾害能力的城市规划和建设成为邢台市发展的关键环节, 而震害预测的开展也是城市新区规划和旧城改造不可缺少的环节, 是城市防震减灾基础工作的重要组成部分^[1]。其目的是根据其结果分析承灾体中导致严重灾害的薄弱环节, 并提出相应的加固措施, 进而为城市防震减灾工作提供科学的依据^[2]。

邢台市位于华北南部强震危险区, 在漫长的地质历史发展过程中, 地震活动频繁, 最强烈的一次是 1966 年在宁晋东南发生的东汪 7.2 级大地震。该次地震导致 8 064 人死亡, 38 451 人受伤, 受地震破坏的城市和地区有邢台、石家庄、衡水、邯郸、保定、沧州等 6 个地区, 共 80 个县市、1 639 个乡镇、17 633 个村庄, 倒塌房屋 508 万余间。

现阶段, 我国农村、城镇、城乡结合部、中小城市房屋类型仍以砖房为主, 而房屋在地震中的破坏直接影响着一次地震的人口伤亡和灾害损失情况。因此, 对砖混结构进行震害预测分析, 对减轻地震造成的损失有十分重要的意义^[3]。

1 建筑物分类

根据建筑物的重要性将现有建筑物分为重要建筑物和一般建筑物进行震害预测^[4]。

重要建筑物主要指对抗震救灾或维持城市功能

起重要作用的房屋, 以及破坏后可能造成重大次生灾害的建筑物, 主要包括市党政机关办公楼, 抗震救灾指挥中心办公楼, 公安局办公楼, 消防部门主要办公楼和宿舍, 医疗救护单位主要门诊楼和住院楼, 市医药采购中心, 市辖区内各大中小学校主要教学楼、实验楼和学生宿舍等, 人流集散量很大的商场、农贸市场、影剧院及体育馆等, 生命线工程系统的主要建筑, 如主要的水厂、电厂、变电站、通讯中心、火车站、汽车站、机场等主要建筑物, 次生灾害源(燃、毒、爆等)相关建筑。

一般建筑物指城市中量大面广的丙、丁类建筑, 即除重要建筑之外的其他建筑。根据工作区建筑物的统计资料, 主要分为多层砖混结构、钢筋混凝土框架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构、底层框架砖房、排架厂房、钢结构、老旧民房等。

多层砖房是我国量大面广的建筑形式, 对它的震害研究有着重要的意义, 同时, 多层砖房的震害资料也易于得到^[5], 因此本文主要对重要建筑中砖混结构房屋进行震害预测研究。

2 砖混结构建筑震害

历次地震, 砖房破坏都很严重, 1966 年 3 月 22 日河北宁晋东南 7.2 级大地震, 极震区最高烈度达到 X 度, 图 1 为该地震的等烈度线图。

根据历史记载, 该地震对邢台造成的破坏为: “全市原有房屋 8 万余间, 倒塌房屋 890 余间, 遭到破坏须重盖的占 2%, 须修理的占 16.5%, 七里河南岸约 0.2 km² 范围内出现地裂缝, 方向为 NEE, 缝

收稿日期: 2016-07-08

基金项目: 基于遥感技术的建筑数据获取方法对房屋类型抗震能力分析初步研究(DZ20160406032)

作者简介: 张合(1979—), 男, 河北新乐人, 高级工程师, 主要从事震害防御和地震应急工作. E-mail: hebgcy@163.com

宽 0.5~3.0 cm, 疏密不等, 在裂缝区有小喷沙口, 沙堆最大厚度约 5 cm。西部山区许多地方山石崩落, 七处飞石撞击引起火灾, 烧毁一部分山林。西黄公社北会村山岩崩落, 塞住公路”。

根据当时震害调查可以看到, 砖房破坏比较严

重: X度砖房倒塌破坏的占 90%~100%, IX度砖房倒塌破坏的占 60%~90%, VIII度砖房倒塌破坏的占 30%~60%, VII度砖房倒塌破坏的占 10%~30%, VI度砖房倒塌破坏的在 10%以下。

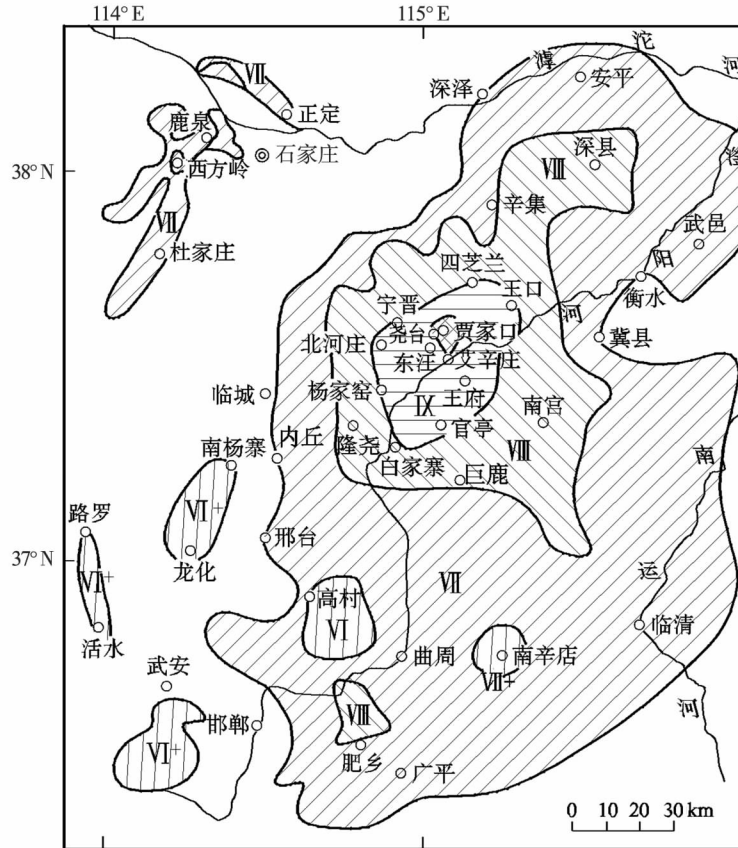


图1 1966年3月22日河北宁晋东南7.2级地震等烈度线图

1976年7月28日唐山7.8级地震后, 调查的900多栋房屋中, 70%多的房屋面积发生毁坏; 2008年汶川8.0级地震中绵竹城区内的砖房, 只有20%为基本完好和轻度破坏, 40%的房屋发生了中等程度破坏, 30%严重破坏, 其余的全部倒塌^[6]。因此对城市中砖混结构房屋的震害预测研究势在必行。

3 砖混结构震害预测计算方法

在地震作用下, 砖结构的房屋由墙体承担地震荷载。历次地震震害和试验均表明, 墙体的破坏主要是由剪力引起的, 因此, 墙体的抗剪强度是砖结构房屋抗震能力的主要标志。在砖结构房屋的震害预测中, 主要依据“建筑抗震设计规范(GB50011—2010)”和“建筑抗震鉴定标准(GB50023—2009)”中有关条款的规定, 并采用楼层单位面积的折算平均抗剪强度作为砖结构房屋的抗震能力指标:

$$A_{vi} = S_m k_i p_i \frac{\sum F_j}{2S_i} \quad (1)$$

式中: A_{vi} 为第 i 楼层单位面积的折算平均抗剪强度; F_j 为第 i 楼层第 j 片墙的断面积; S_i 为第 i 楼层平面面积; k_i 为楼层单位面积平均抗剪强度折算系数; p_i 为楼层墙体抗剪强度; S_m 为结构各层类型系数。

对于多层砖结构房屋, $S_m = 1.0$; 对于底层框架砖房, 上部各层 $S_m = 1.0$, 底层 $S_m = 1.176$; 对于底层内框架砖房, 各层均取 $S_m = 1.0$; 对于多层内框架砖房, 有:

$$S_m = \frac{1}{\left[1 - \sum_{i=1}^T \psi_c (\xi_1 + \xi_2 \lambda) / (n_i n_c)\right] p_m} \quad (2)$$

式中: ψ_c 为柱类型系数, 钢筋混凝土柱 $\psi_c = 0.012$, 外墙组合砖柱 $\psi_c = 0.0075$, 无筋组合砖柱 $\psi_c = 0.005$; ξ_1, ξ_2 分别为计算系数, 按表1取值; λ 为抗震横墙间距与房屋总宽度的比值, 当小于0.75时, 取

0.75; T 为第 m 层内框架的柱总数; n_b 为抗震横墙间的开间数; n_c 为内框架的跨数; p_m 为第 m 层的位置调整系数, 按表 2 取值。

表 1 计算系数

	2 层	3 层	4 层	5 层
ξ_1	2.0	3.0	5.0	7.5
ξ_2	7.5	7.0	6.5	6.0

表 2 位置调整系数

	2 层		3 层			4 层			5 层			
	1	2	1	2	3	1~2	3	4	1~2	3	4	5
p_m	1.00	1.10	1.00	1.05	1.20	1.00	1.10	1.30	1.00	1.05	1.15	1.40

在评定砖结构房屋的抗震能力时, 应综合考虑房屋的构造措施及结构特点, 对计算的楼层的平均抗剪强度进行修正。影响砖结构房屋抗震能力的其他诸因素中, 主要有各楼层横墙间距、楼盖及屋盖的类型、平面及立面的变化、施工质量、有无抗震设防或抗震加固及房屋结构现状等, 这些因素将对房屋结构的整体性及地震荷载的传递与分配产生影响。在得出砖结构房屋楼层单位面积的折算平均抗剪强度的计算结果后, 进一步确定上述诸因素对房屋抗震能力的影响, 给出砖结构房屋震害预测综合评定结果。

以邢台市人民医院病房扩建楼为例进行计算:

邢台市人民医院病房扩建楼, 2003 年建造, 邢台市建筑设计研究院设计, 4 层砖混结构, VII 度抗震设防。建筑平面呈矩形, 长 39.97 m, 宽 14.10 m, 建筑面积 2 374.20 m²; 建筑高度 14.40 m, 层高首层 3.60 m, 其他各层 3.40 m。

墙体采用 Mu10 机制砖, 地表以下基础部分采用 M10 水泥砂浆, 第一、二层采用 M7.5 混合砂浆砌筑, 墙厚 370 mm; 第三、四层采用 M5.0 混合砂浆砌筑, 墙厚 240 mm。房屋现状良好。震害预测结果见表 3。

表 3 邢台市人民医院病房扩建楼震害预测结果

地震烈度	VI	VII	VIII	IX	X
预测结果	基本完好	基本完好	轻微破坏	轻微破坏	中等破坏

4 砖房震害预测分析

本次共调查了邢台市区内典型砖混结构建筑物 21 栋, 总建筑面积 71 689.1 m²。从调查情况可以看出 6 层以下楼房较多, 主要用于办公、教学和医疗, 90 年代砖混结构建筑居多, 占调查总面积的 53%, 占调查总栋数的 52%(表 4), 多为预制楼板,

施工质量较差, 其抗震能力较弱; 2000 年以后建的多层砖混结构, 楼板为现浇钢筋混凝土材料, 施工质量较以前有所提高, 抗震能力有一定程度的提高。

对 21 栋建筑物在 VI 度、VII 度、VIII 度、IX 度、X 度 5 个地震烈度下进行震害预测计算分析。房屋的震害程度取决于其各组成构件的破坏情况, 根据构件的破坏等级可评定出房屋的震害等级。通常房屋的震害等级分为 5 级: 1 代表基本完好, 2 代表轻微破坏, 3 代表中等破坏, 4 代表严重破坏, 5 代表毁坏。

采用砖混结构震害预测研究方法对这 21 栋砖混结构建筑进行抗震能力分析, 得出破坏状态的震害预测结果(表 5)。邢台市抗震设防烈度为 VII 度^[7], 图 2 给出了邢台市所有重要建筑物中砖混结构房屋的总体平均震害指数^[8], 其代表了房屋震害程度的定量指标, 以 0~1 之间的数字来表示由轻到重的震害程度。结合表 6, 邢台市区重要建筑物中砖混结构房屋总震害矩阵中(表 6)可以看到, 当邢台市遭遇 VII 度地震影响时, 砖混结构房屋 13.29% 的房屋面积发生严重破坏, 8.35% 的房屋面积发生中等破坏, 57.86% 的房屋面积发生轻微破坏, 剩余建筑为基本完好; 当遭遇 VIII 度地震影响时, 13.29% 的建筑会全部毁坏, 8.35% 的房屋面积发生严重破坏, 45.85% 的房屋面积发生中等破坏, 25.08% 的房屋面积发生轻微破坏; 遭遇 IX 度和 X 度地震影响时, 几乎无基本完好房屋, 50% 以上房屋面积严重破坏和毁坏, 将会发生严重的人员伤亡和财产损失, 因此这些类型房屋应该采取必要的抗震加固措施。结构要合理、地基要夯实, 采用砼地圈梁, 截面一般 500 mm×300 mm, 可以加强基础的整体性, 烟囱采用轻质材料, 避免伸出过高、房屋的各部分和各构件的连接处要采取构造措施, 如配备地梁、圈梁和构造柱, 采用水泥砂浆胶结和现浇屋顶, 增强房屋结构的整体性, 避免房屋开间过大、高度偏高, 要达到“小震不坏, 中震可修, 大震不倒”的抗震设防标准, 以减轻地震灾害损失。

表4 邢台市重要建筑中砖混结构分类表

	年代			用途				层数			
	80年代	90年代	00年代	办公	医院	住宅	教学	3层	4层	5层	6层
栋数	5	11	5	7	5	3	6	7	7	6	1
面积	8 692.0	38 324.0	24 673.2	19 899.0	9 877.1	12 285.0	29 628.0	15 796.9	20 847.4	29 058.8	5 986.0
面积比/%	12	53	34	28	14	17	41	22	29	41	8
栋数比/%	24	52	24	33	24	14	29	33	33	29	5

表5 邢台市区重要建筑物中砖混结构房屋震害预测结果

序号	用途	结构类型	年份	建筑面积/m ²	层数	预测结果				
						Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	X
1	办公	砌体	1994	3 533.0	3	1	2	3	4	5
2	办公	砌体	1988	940.0	3	1	1	1	2	3
3	办公	砌体	1990	2 068.0	4	1	1	2	3	4
4	医院	砌体	2003	2 374.2	4	1	1	2	2	3
5	医院	砌体	1992	1 528.8	3	1	1	1	2	2
6	医院	砌体	1986	2 621.2	4	1	1	1	2	3
7	医院	砌体	1988	234.1	1	1	1	1	1	1
8	医院	砌体	1994	3 118.8	5	1	2	3	4	5
9	办公	砌体	1988	1 530.0	4	3	4	5	5	5
10	教学	砌体	1996	4 511.0	5	1	2	3	4	5
11	住宅	砌体	2001	5 986.0	6	2	3	4	5	5
12	教学	砌体	1994	1 987.0	4	1	2	3	4	5
13	住宅	砌体	2001	3 291.0	5	1	2	3	3	4
14	教学	砌体	1999	6 520.0	5	1	2	3	4	4
15	教学	砌体	2002	8 610.0	5	1	2	2	3	4
16	教学	砌体	1991	3 588.0	3	3	4	5	5	5
17	教学	砌体	2000	4 412.0	3	3	4	5	5	5
18	住宅	砌体	1991	3 008.0	5	1	2	3	4	5
19	办公	砌体	1987	3 367.0	4	1	1	2	2	3
20	办公	砌体	1996	1 561.0	3	1	1	2	2	3
21	办公	砌体	1990	6 900.0	4	1	2	3	3	5

表6 邢台市区重要建筑物中砖混结构房屋总震害矩阵(按面积百分比)

烈度	总面积/m ²	1	2	3	4	5	震害指数 D
Ⅵ	71 689.1	78.36	8.35	13.29	0.00	0.00	0.11
Ⅶ		20.50	57.86	8.35	13.29	0.00	0.25
Ⅷ		7.43	25.08	45.85	8.35	13.29	0.42
Ⅸ		0.33	17.29	29.11	31.63	21.64	0.57
X		0.33	2.13	15.15	28.58	53.81	0.75

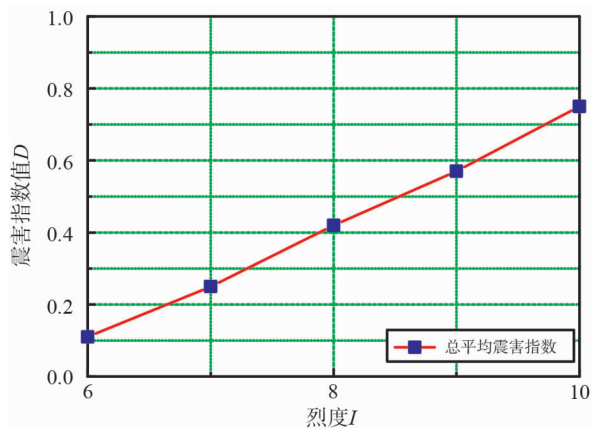


图2 邢台市所有重要建筑中砖混结构的总体平均震害指数

5 结论

通过对邢台市 21 栋重要建筑中砖混结构进行震害预测计算分析,得到了这些建筑物的震害矩阵和震害指数,并对他们的抗震能力进行分析,得到了房屋震害程度的定量指标:

1)当建筑物遭受Ⅵ度地震影响时震害指数为 0.11,78.36%的房屋面积为基本完好,8.35%的房屋面积受轻微破坏,13.29%的房屋面积为中等破坏;

2)当建筑物遭受Ⅶ度地震影响时震害指数为

0.25,20.50%房屋面积为基本完好,57.86%的房屋面积受轻微破坏,8.35%的房屋面积为中等破坏,13.29%的房屋面积为严重破坏;

3)当建筑物遭受Ⅸ度地震影响时震害指数为 0.57,17.29%房屋面积为轻微破坏,29.11%的房屋面积为中等破坏,31.63%的房屋面积为严重破坏,21.64%的房屋面积为毁坏。

按照建筑物功能来看,学校教学楼砖混结构相对较差,其中 2 栋楼在Ⅵ度时(1991 年建设和 2000 年建设),就达到了中等破坏,占所取样本数的 2/3;医院相对较好。建议对学校进行一个系统的调查分析工作。

综合分析,邢台市区内的砖混结构房屋除了极少量砌体房屋以外,都是 1978 年唐山地震之后,按照Ⅶ度进行抗震设防新建的,所以具有相对较好的抗震能力。但是有少数老旧房屋是 19 世纪 80 年代设计、90 年代初所建,其结构布置不规则、大开间,砂浆强度只有 M2.5,有个别砌体房屋高度超过规范规定的高度;极个别房屋结构形式为混合结构,中间一个大开间为框架结构,两侧为砌体结构,之间无伸缩缝,致使结构刚度在平面内不均匀分配,造成个别底层框架砌体房屋破坏较重,此类结构在历次震害中也破坏严重。对于这些老旧房屋我们应给予重视,并采取相应有效措施提高其总体抗震能力。

参考文献:

- [1] 汤皓,陈国兴,李方明.基于 BP 神经网络模型的多层砖房震害预测方法[J].地震工程与工程振动,2006,26(4):141-146.
- [2] 缪升,刘本玉,叶燎原.多层砖房震害预测的人工神经网络方法及实践[J].世界地震工程,2000,16(1):20-27.
- [3] 孟紫阳,郭明珠,赵慧乾.保定市典型多层砖混结构震害预测分析[J].震灾防御技术,2012,7(4):397-403.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.《地震灾害预测及其信息管理系统技术规范》(GB/T 19428—2013) [S].北京:中国标准出版社,2013.
- [5] 刘本玉,叶燎原,江见鲸.用模糊人工神经网络方法预测多层砖房震害[J].清华大学学报:自然科学版,2002,42(6):843-846.
- [6] 高本立,肖飞.汶川地震砖房震害的启示[J].江苏建筑,2010,17(2):55-57.
- [7] 高孟潭.《中国地震动参数区划图》宣贯教材[M].北京:中国质检出版社,中国标准出版社,2015.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008) [S].北京:中国标准出版社,2009.

Seismic Damage Prediction of Brick-concrete Structures in the Important Buildings in Xingtai

ZHANG He, LYU Guo-jun, SUN Li-na

(Earthquake Administration of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: In this study, we carried out field investigation on 21 important brick-concrete structure buildings in Xingtai city, calculated the damage levels of each building using earthquake disaster prediction method of masonry structure, and gave out the seismic damage prediction results of all these important buildings in the form of matrix damage. Combining with the total average seismic damage index, we also gave out comprehensive evaluation to the seismic performance of these buildings. The study may provide reference for the planning of earthquake prevention and disaster reduction in Xingtai.

Key words: brick-concrete structure; earthquake damage matrix; seismic performance