

安阳市北关小区多层砖房的震害预测*

杨玉成 杨 柳 高云学 杨亚玲 杨桂珍

(中国科学院工程力学研究所)

陆 锡 蕾

(安阳机械厂)

摘 要

本文通过对安阳市北关小区多层砖房的震害预测,给出了当该小区遭遇VI—X度地震影响时的震害分布和震害矩阵,以期有关部门制定城市抗震防灾对策和采取抗震加固措施提供依据。同时,本文的研究结果说明,开展震害预测工作,经济效益是显著的。

一、概 述

晋冀豫交界地区,尤其是豫北地区,存在着发生强烈地震的背景,近年来又是我国地震工作的重点监视区之一。因此,自1980年以来,在这个地区开展了震害预测的研究。

安阳是河南省北部的最大城市,基本烈度为Ⅶ度。多层砖房是该市最主要的建筑结构类型,有近百万平方米。预测震害的北关小区,位置如图1所示。小区内,1981年5月前已建成的多层砖房有352幢,建筑面积29.1万平方米。它们大多是在六十年代初才开始建造的砖混结构,五十年代建造的砖木楼房数量不多,个别是三十年代的老房。层数以二、三层的居多,近年才建造四、五层的,最高的为六(七)层。在TJ11—74《工业与民用建筑抗震设计规范》颁发以后,该市部分多层砖房按Ⅶ度设防,1979年后,要求按Ⅶ度设防。

在1980年11月—1981年5月,对北关小区内的多层砖房,逐幢调查现状和测定典型房屋的动力特性,并依此预测它们在遭遇Ⅶ—X度地震影响时的震害。预测方法见文[1]。

该小区地形平坦,场地土一般都属Ⅱ类,只有局部地表土较软弱的为Ⅲ类。万金渠流经小区的中部,并曾几经改道,但受此渠影响的多层砖房数量不多。

砖结构的抗震性能主要取决于墙体面积和砂浆标号。预测震害时,采用的砖墙体的砂浆标号,一般以现场调查时的回弹仪测定值或宏观判定的标号为准,只有部分有设计图纸且又未经实测的房屋按设计标号采用。另外,纵横墙的联结强度对砖结构的抗震能力也有重要影响。据了解在小区内大多数房屋的纵横墙联结,在设计和施工中虽然没有特别注意,但从外观上看质量还是有保障的,至少在调查中未曾发现现有建筑物有因纵横墙联结不好而造成的

* 参加现场工作的同志还有:逢永湖、孟宪义、周四骏、于春风、丁世文。在调查中得到安阳市建委、安阳市抗震办公室、安阳县建筑厂、安阳地委设计室、安阳市房管局和新乡铁路分局安阳房产段的大力协助。

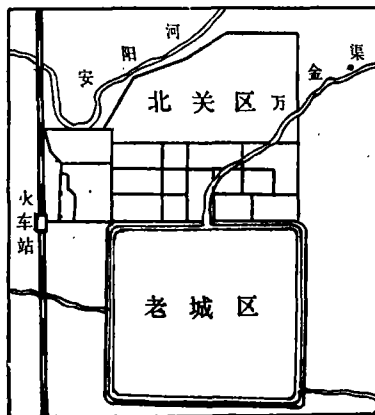


图 1

破坏现象。因此，所有的多层砖房，在预测震害时均未考虑联结强度不足的影响，估计这对预测震害分布不会有太大影响。

预测多层砖房的震害，按其破坏程度，分为六类，即：基本完好、轻微损坏、中等破坏、严重破坏、部分倒塌和全毁倒平。分类标准见文〔1〕。

二、震害预测的结果

预测小区内多层砖房遭受不同地震烈度影响时的震害矩阵见表 1，表中分别按幢数和建筑面积*统计，结果很接近。

北关小区中多层砖房震害预测的结果，与文〔1〕中的我国多层砖房震害概率的统计平均

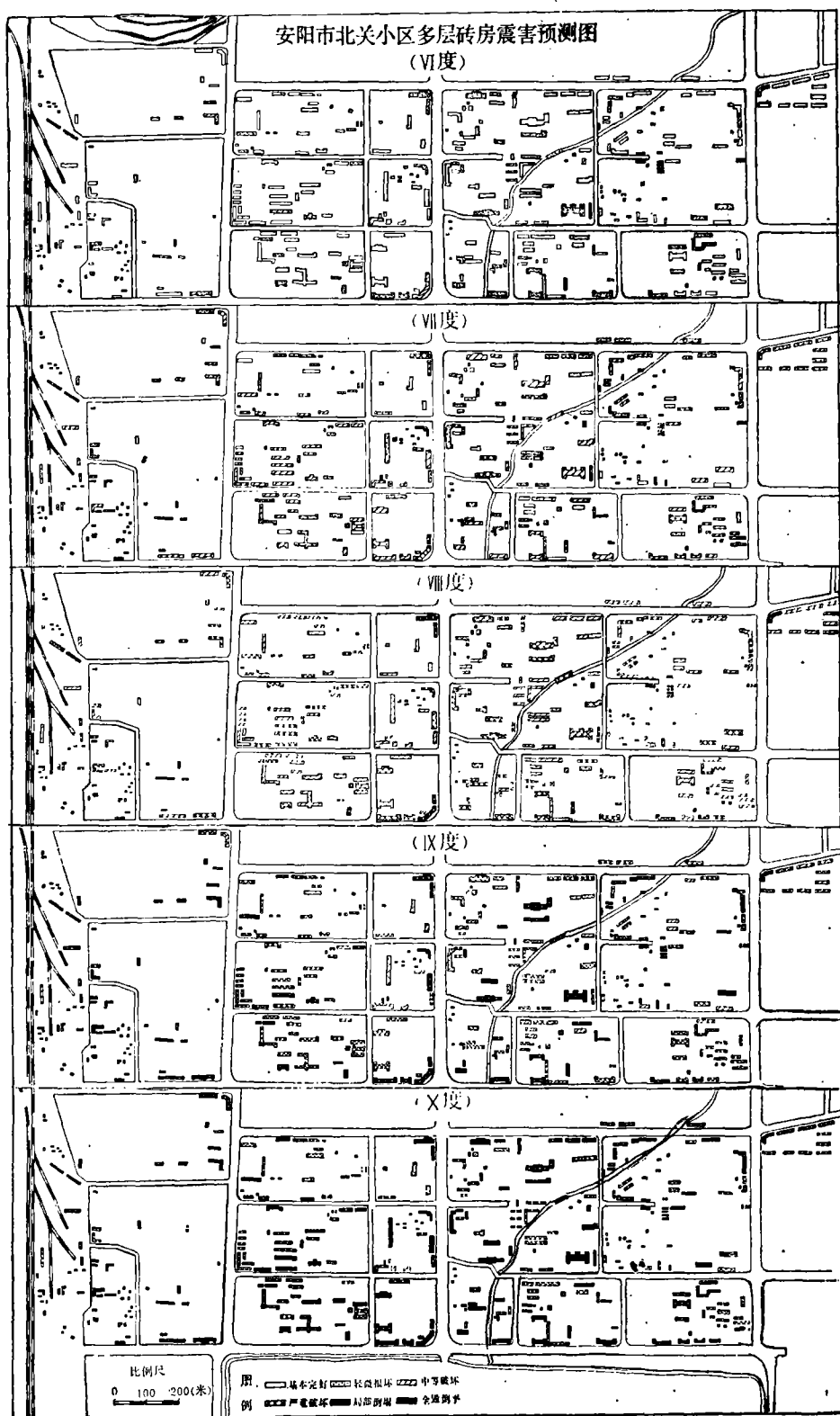
表 1 北关小区多层砖房震害预测矩阵

烈 度	震 害 程 度 （%）												震 害 指 数	
	基本完好		轻微损坏		中等破坏		严重破坏		部分倒塌		全毁倒平			
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Ⅵ	68.2	69.5	27.8	28.9	4.0	1.6	0		0		0		0.07	0.06
Ⅶ	12.8	11.4	33.5	31.5	42.6	48.6	10.5	8.4	0.6	0.03	0		0.31	0.31
Ⅷ	0		9.1	8.6	45.5	43.7	36.9	43.5	8.2	4.0	0.3	0.2	0.49	0.49
Ⅸ	0		0.3	0.03	10.5	10.5	54.0	61.5	24.4	23.6	10.8	4.3	0.67	0.64
X	0		0		0		18.2	18.5	31.5	37.0	50.3	44.5	0.86	0.85

注：A按幢数统计，B按建筑面积统计。

*按房屋外墙中线计，并包括外廊面积在内。

图 2



值相比,除Ⅱ度区之外,破坏率和倒塌率都要高一些。从震害指数看,几乎都接近于平均值加标准差的一半,即为 $M(1 + \frac{1}{2}\Omega)$,也可以说,接近相应烈度的上限值。若将小区内

多层砖房预测的震害指数,与以往地震区中相应的烈度区相比,在Ⅴ度时,相当于唐山市区的东缸窑、机场路两侧的地段,或唐山东矿区的马家沟、开平一带的震害;Ⅵ度时相当于唐山东矿区的林西和唐家庄;Ⅶ度时相当于海城镇;Ⅷ度时低于阳江,高于营口、昌黎、乌鲁木齐。

北关小区的震害预测结果比我国历次地震中多层砖房的平均震害为重,其主要原因:

①安阳市多层砖房的外墙厚一般为24厘米,且门窗洞口较多。它虽比南方(如阳江和通海)地震区多层砖房的抗震能力强些。但比北方(如海城和唐山)的抗震能力差。

②从多层砖房震害预测方法的可靠度来分析,预测的结果,震害偏重是必然的。因为我们所采用的预测方法,主要的判据是墙体抗震强度,用此方法在震前预测为良好而震后确实基本完好的概率高于震前预测为破坏而震后确实是破坏了的概率。例如,在Ⅶ度时预测为良

表 2 北关小区不同结构类型的多层砖房震害预测的比较

烈 度	结构类型	震 害 程 度 (%)												震 害 指 数	
		基本完好		轻微损坏		中等破坏		严重破坏		部分倒塌		全毁倒平		A	B
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
Ⅴ	砖 混	79.6	73.7	18.2	25.6	2.2	0.7	0		0		0		0.05	0.05
	砖 混 木	58.2	51.9	38.2	44.3	3.6	3.8	0		0		0		0.09	0.10
	砖 木	33.3	29.5	55.6	60.9	11.1	9.6	0		0		0		0.16	0.16
Ⅵ	砖 混	16.5	10.6	37.4	32.2	39.1	50.5	7.0	6.7	0		0		0.27	0.31
	砖 混 木	3.6	0.5	36.4	40.7	40.0	30.9	18.2	27.7	1.8	0.2	0		0.36	0.37
	砖 木	3.2	0.7	17.5	20.0	60.3	66.3	17.4	12.8	1.6	0.2	0		0.39	0.38
Ⅶ	砖 混	0		11.8	7.3	55.2	47.0	29.1	43.5	3.5	2.0	0.4	0.2	0.45	0.48
	砖 混 木	0		1.8	0.3	40.0	43.2	47.3	42.6	10.9	13.9	0		0.53	0.54
	砖 木	0		1.6	0.5	15.9	19.7	58.7	62.4	23.8	17.4	0		0.61	0.59
Ⅷ	砖 混	0		0.4	0.1	13.9	9.6	67.0	67.9	13.9	20.3	4.8	2.1	0.62	0.63
	砖 混 木	0		0		1.8	0.3	43.7	45.4	43.6	33.5	10.9	20.8	0.73	0.75
	砖 木	0		0		1.6	0.5	17.5	26.7	47.6	58.8	33.3	14.0	0.82	0.77
Ⅸ	砖 混	0		0		0		24.8	22.5	36.1	36.9	39.1	40.6	0.83	0.84
	砖 混 木	0		0		0		3.6	0.6	36.4	41.8	60.0	57.6	0.91	0.91
	砖 木	0		0		0		3.2	0.7	11.1	15.9	85.7	83.4	0.97	0.97

注: A按幢数统计, B按建筑面积统计。

好的震后确实是不坏的概率为98%，而预测为破坏的震后确实是破坏的概率为55%；在Ⅶ度时，确实是好的概率为89%，确实为坏的概率为68%；在Ⅷ度时，分别为82%和72%。这样，如果只用主要判据的可靠度来估计预测结果的可靠性，以Ⅶ度为例，在小区中的352幢

表 3

北关小区不同建筑形式的多层砖房震害预测

烈 度	结构类型	震 害 程 度 (%)												震 害 指 数	
		基本完好		轻微损坏		中等破坏		严重破坏		部分倒塌		全毁倒平			
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Ⅴ	单 元 式	83.1	80.2	16.9	19.8	0		0		0		0		0.03	0.04
	内 廊 式	58.6	60.3	37.1	37.6	4.3	2.1	0		0		0		0.09	0.08
	外 廊 式	73.7	76.9	21.0	20.0	5.3	3.1	0		0		0		0.06	0.05
	教 学 楼	73.3	68.9	26.7	31.1	0		0		0		0		0.05	0.06
	民 居	64.9	63.2	29.7	31.2	5.4	5.6	0		0		0		0.08	0.08
	其 它	53.9	51.7	41.0	46.0	5.1	2.3	0		0		0		0.10	0.10
Ⅵ	单 元 式	18.6	15.9	32.2	24.2	45.8	56.9	3.4	3.0	0		0		0.27	0.29
	内 廊 式	14.3	10.4	27.1	28.6	45.7	49.8	12.9	11.2	0		0		0.31	0.32
	外 廊 式	9.5	8.1	42.1	48.0	37.9	36.5	10.5	7.4	0		0		0.30	0.29
	教 学 楼	13.3	10.1	46.7	37.7	33.3	46.5	6.7	5.7	0		0		0.27	0.30
	民 居	13.5	14.5	32.4	33.8	46.0	41.8	5.4	7.3	2.7	2.6	0		0.30	0.30
	其 它	7.7	4.2	23.1	27.7	41.0	38.1	28.2	30.0	0		0		0.38	0.39
Ⅶ	单 元 式	0		15.3	14.7	62.7	52.8	22.0	32.5	0		0		0.41	0.44
	内 廊 式	0		10.0	6.3	31.4	30.5	48.6	57.5	10.0	5.7	0		0.52	0.53
	外 廊 式	0		6.3	5.2	56.9	59.8	30.5	31.3	6.3	3.7	0		0.47	0.47
	教 学 楼	0		13.3	10.1	53.4	50.4	33.3	39.5	0		0		0.44	0.46
	民 居	0		8.1	9.5	39.2	40.2	43.2	39.3	9.5	11.0	0		0.51	0.50
	其 它	0		5.1	2.6	25.6	29.5	43.6	40.8	23.1	21.6	2.6	5.5	0.58	0.60
Ⅷ	单 元 式	0		0		16.9	15.4	74.6	73.3	8.5	11.3	0		0.58	0.59
	内 廊 式	0		0		11.4	8.1	45.7	53.6	32.9	34.5	10.0	3.8	0.68	0.67
	外 廊 式	0		0		10.5	9.9	63.2	63.9	15.8	19.5	10.5	6.7	0.65	0.65
	教 学 楼	0		0		13.3	10.2	73.4	75.5	13.3	14.3	0		0.60	0.61
	民 居	0		1.3	2.0	6.8	7.6	40.5	40.8	36.5	33.9	14.9	15.7	0.71	0.71
	其 它	0		0		5.1	2.6	33.3	36.2	35.9	26.7	25.7	34.5	0.76	0.79

接上表

Ⅹ	单元式	0	0	0	27.1	22.4	55.9	56.3	17.0	21.3	0.78	0.80
	内廊式	0	0	0	17.1	12.1	22.9	27.3	60.0	60.6	0.89	0.90
	外廊式	0	0	0	22.1	27.4	34.7	34.1	43.2	38.5	0.84	0.82
	教学楼	0	0	0	26.7	24.2	40.0	36.3	33.3	39.5	0.81	0.83
	民居	0	0	0	9.5	11.1	21.6	21.8	68.9	67.1	0.92	0.91
	其它	0	0	0	10.3	7.4	17.9	12.6	71.8	80.0	0.92	0.95

注: A按幢数统计, B按建筑面积统计。

多层砖房中, 预测为良好的有163幢, 则在震后确实是良好的应为 $163 \times 0.98 = 160$ 幢; 而预测为破坏的有189幢, 则在震后确实是破坏的应有 $189 \times 0.55 = 104$ 幢, 其中3幢预测为良好的和85幢预测为破坏的多层砖房, 震后并不一定确实如此, 它们的震害程度可能相差一级。

图2为遭受Ⅵ—Ⅹ度地震影响时, 北关小区多层砖房的震害预测图。

三、不同结构类型的比较

小区中多层砖房的结构类型, 主要有砖混、砖木和砖混木三种。表2列出了多层砖房按不同结构类型预测震害的统计结果, 统计中也分别以幢数和面积为单位。由表可见, 砖木结构的震害指数比砖混结构要高, 可有地震烈度半度—1度之差。这是因为, 砖木结构的抗震能力一般比砖混结构要差, 且小区中的砖木结构大都建于五十年代或更早, 墙体的砌筑砂浆标号较低。这个预测结果与我国其他地震区的震害统计也是吻合的。在地震调查中, 砖混木结构的震害, 接近于砖混结构, 而小区的预测结果, 砖混木结构的震害介于砖木和砖混结构之间。这是因为在预测房屋中受到一定数量的非正规设计的民居的影响; 同时, 也因近几年按抗震设防要求建造的多层砖房均为砖混结构的缘故。

四、不同建筑形式的比较

我们将多层砖房的建筑形式分为五种: 即单元式(住宅)、内廊式(包括中间内廊和单边内廊)、外廊式(包括砖柱外廊和悬挑外廊)、民居和其他(包括商店、车库、空旷楼房等), 并将教学楼单独列出。表3为按不同建筑形式进行统计的预测震害的结果。由表可见, 单元式住宅的预测震害最轻, 民居和其他两种形式要重得多。内廊式房屋的抗震性能一般是较好的, 但由于在小区内包括较多的砖木楼房, 因此, 震害指数也高于小区的平均震害指数。

五、抗震加固问题

在1981年5月前, 小区中已经进行了抗震加固的多层砖房有14幢, 共23,714平方米, 占小区多层砖房建筑面积的8%。加固措施多数为构造柱、外圈梁和钢拉杆, 也有少数用增强

面层的。表 4 列出了加固房屋震害预测的统计结果，它的震害指数略低于小区的平均数，在Ⅶ度时可能严重破坏的为21.4%，在Ⅸ度时可能倒塌的，仍有20.3%。

通过区域性的震害预测，可从总体出发，对小区中的多层砖房进行抗震加固，以提高抵御地震的能力。若按鉴定标准的总则〔2〕来确定需要加固的房屋，我们可以理解为：首先考虑的应是预测在Ⅶ度时可能发生局部倒塌和全毁倒平的房屋，这在小区中有12,209平方米，只占建筑总面积的4.2%。其次应考虑的是预测在Ⅶ度时可能发生严重破坏的房屋。这样的震害，虽“一般不致倒塌伤人或砸坏重要生产设备”，但有些房屋在震后已无修理的价值，不能满足“经修理后仍可继续使用”的要求，这在小区内连同倒塌的共有138,861平方米，占建筑总面积的47.7%。在这里应该说明的是，鉴定标准中所指的“修理”应理解为一般修理，而不是大修和翻修。如果是后者，预测严重破坏的房屋便不需要加固了。由此可见，如果按鉴定标准来确定加固的房屋数量，只着眼于防止倒塌这一点那是很有限的；倘若不允许发生严重破坏，加固的数量便相当大。若按双重设防准则〔8〕来确定需要加固的房屋，不仅要考虑在Ⅶ度地震时预测为倒塌的房屋，而且还要考虑在高于基本烈度时（即Ⅸ度）可能倒塌的房屋。在小区中，预测在Ⅶ度时可能发生破坏，同时在Ⅸ度时可能倒塌的房屋，有81,486平方米，占建筑总面积的27.9%。其中除去无加固价值的和可以不加固（即使倒塌也不致伤人和砸坏重要设备）的房屋，需要加固的约占20—25%。我们认为从抗裂抗倒两方面来确定需要加固的房屋，在目前的条件下，是比较合适的。当然，无论按哪种方法，都需要考虑房屋的重要性。

表 4

北关小区已加固的多层砖房震害预测

烈 度	震 害 程 度 (%)										震 害 指 数			
	基本完好		轻微损坏		中等破坏		严重破坏		部分倒塌				全毁倒平	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Ⅶ	71.4	74.3	21.4	22.2	7.2	3.5	0		0		0		0.07	0.06
Ⅷ	0		50.0	68.4	42.9	28.1	7.1	3.5	0		0		0.31	0.27
Ⅷ	0		0		71.4	78.6	28.6	21.4	0		0		0.46	0.44
Ⅸ	0		0		0		78.6	79.7	14.3	16.8	7.1	3.5	0.66	0.65
X	0		0		0		14.3	15.6	50.0	46.8	35.7	37.6	0.84	0.84

注：A按幢数统计，B按建筑面积统计。

六、结 语

通过对安阳市北关小区的震害预测，可以归纳为如下几点：

1. 小区中多层砖房的抗震性能属一般。当遭遇到Ⅶ度地震影响时，大多数房屋将发生中等或严重破坏，基本完好和倒塌的房屋数量都很少。北关小区多层砖房震害预测的统计结果，对安阳全市乃至豫北地区的多层砖房震害预测，有一定的参考价值。

2. 小区中大多数房屋的纵向墙体的抗震能力远较横向为弱, 这在今后新建房屋的设计中应加以改进。

3. 小区中的民居, 抗震性能一般较住宅要差得多, 目前自建民宅楼房逐渐增多, 应注意普及房屋抗震知识和加强新建房屋的抗震性能的审定工作。

4. 在小区中预测为Ⅶ度倒塌的房屋, 建议有关部门及时采取抗震防灾的对策, 而预测在Ⅷ度时不发生严重破坏, 同时Ⅸ度仍不倒塌的房屋, 经有关部门认真复核后, 可以作为抗震防灾中的“安全岛”使用。

5. 在小区中, 大约有20—28%的多层砖房, 按Ⅶ度抗震设防需要加固。而安阳市有关部门上报需要加固的房屋约占现有房屋的80%, 如果按这种比例, 依据预测结果估算加固费, 仅小区内多层砖房可少投资100万元左右 (一般加固费为5—10元/米², 此值按6元/米²计), 此项科研经费仅9千元, 约占可能少投资费的1%。由此可见开展震害预测的经济效益是很显著的。

(1983. 5. 25收到修改稿)

参 考 文 献

- [1] 杨玉成等, 现有多层砖房震害预测的方法及其可靠度, 地震工程与工程振动, 2, 3, , 1982。
- [2] 工业与民用建筑抗震鉴定标准, 中国建筑工业出版社, 1977。
- [3] 杨玉成、杨柳、高云学, 多层砖房的地震破坏和抗裂抗倒设计, 地震出版社, 1981。