

DOI: 10.13512/j.hndz.2014.01.003

基于抗震性能普查数据的城区群体建筑震害预测初探

何萍, 王挺

(广东省地震局, 广东 广州 510070)

摘要: 采用孙柏涛等人提出的基于已有震害矩阵模拟的群体震害预测模型, 在广东省防震减灾“十一五”重点项目“重点监视防御区县级以上城市建(构)筑物抗震性能普查”数据的基础上, 对已做过震害预测城市(区)与普查城市在设防标准、建筑年代、地上层数、建筑用途及平面形状等五方面进行相似度计算, 最后得出普查城市的震害矩阵, 对比分析结果表明, 应用该方法对群体建筑物实施震害预测是可行的。

关键词: 建筑抗震; 普查; 震害预测; 沿海城市

中图分类号: P315.943 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2014) 01-0021-05

A Preliminary Study for Earthquake Damage Prediction of City Building Group Based on Seismic Performance Census Data

HE Ping, WANG Ting

(Earthquake Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510070, China)

Abstract: Using the model of earthquake damage prediction of building group based on existing earthquake damage matrix proposed by Sun Baitao and others, on the basis of key project of the “11th Five-Year” earthquake disaster mitigation in Guangdong province; the seismic performance census of cities above county level buildings and structures in key area for earthquake surveillance and protection, the paper does similarity calculation for the cities that have done earthquake damage prediction and census cities on seismic fortification criterion, acquires building time, building storey number, building function and acquires plane shape these five parts, and the earthquake damage matrix of census cities. Comparative analysis results show that the application of the method for earthquake damage prediction of building group is feasible.

Keywords: Seismic performance census of building; Earthquake damage prediction of building group; Coastal cities of Guangdong

收稿日期: 2013-11-12

基金项目: 地震科技星火计划项目 (XH12034Y)

作者简介: 何萍, 女, 1978年生, 高级工程师, 主要从事地震应急及地震灾害研究。

E-mail: 153880563@qq.com.

0 引言

广东省防震减灾“十一五”重点项目“重点监视防御区县级以上城市建(构)筑物抗震性能普查”项目在 2009~2012 年对我省沿海 13 个地级市(广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山、湛江、茂名、阳江、汕头、潮州、揭阳)的部分建(构)筑物抗震性能进行了普查, 共计普查建筑物 57.3 万栋, 普查总建筑面积达到 12.6 亿平方米。普查的内容包括建筑物的建筑年代、结构类型、

设防标准等。这一普查项目的实施对广东省现有城市建(构)筑物的抗震性能总体情况有了大致的了解。

这次普查数据的房屋建筑分类以及房屋建筑的数据调查项都与震害预测项目中的房屋数据分项有很多的相似性, 作者认为可以以做过震害预测城市(广州、深圳、东莞、中山部分城区)的建筑物易损性研究成果作为基础, 采用结构类比方法来建立已普查建筑的震害破坏比, 从而进一步研究该地区建筑物的抗震性能。



图 1 已普查城市的建筑物分布

Fig.1 Building distribution of census cities

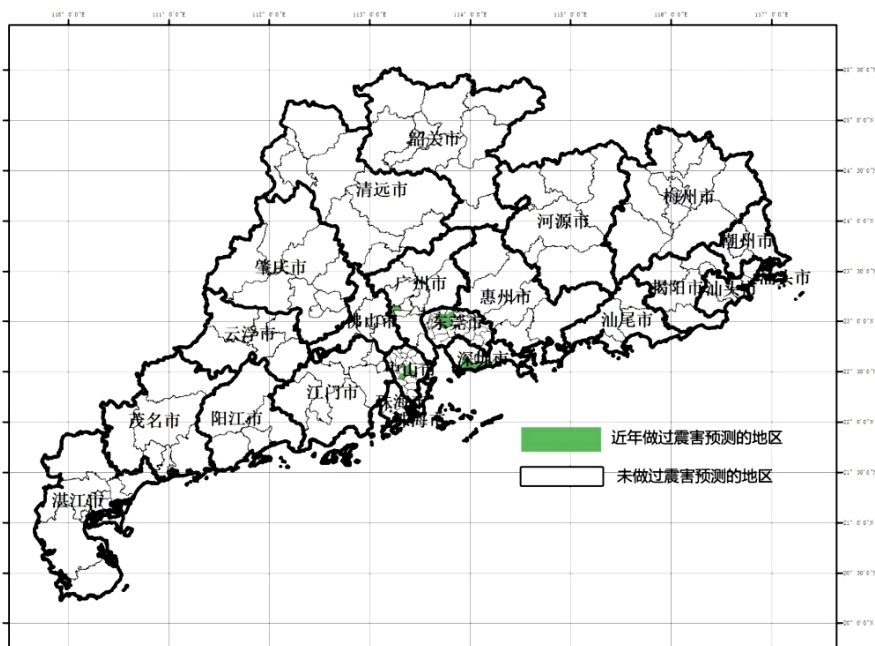


图 2 做过震害预测城市(区)的分布

Fig.2 The distribution of cities that have done earthquake damage prediction

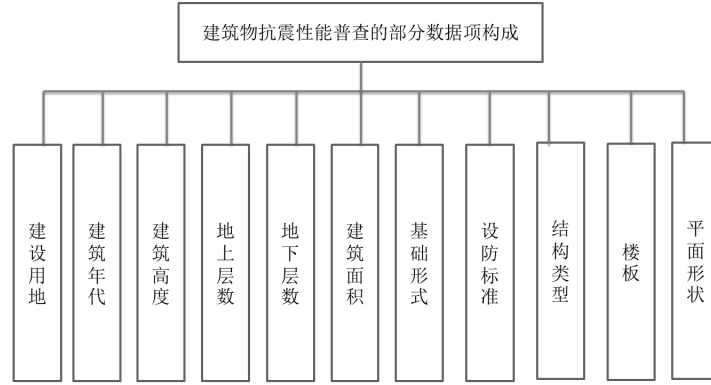


图3 建筑物抗震性能普查的主要数据项构成

Fig.3 The main content of seismic performance census data

1 震害矩阵预测方法

孙柏涛^[1]等人曾根据已有建筑物震害预测结果，再根据普查建筑物与已知矩阵的建筑物特征贴近来建立具体预测对象普查群体建筑物的震害矩阵，并给出了相应的数学模型，如下所示：

已知有 n 震害矩阵： $B_1, B_2, \dots, B_n, i=1, 2, \dots, n$ ，则欲模拟城市的震害矩阵为：

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i B_i \quad (1)$$

式中， A 为欲模拟城市 S 类建筑的震害矩阵； α 为欲模拟震害矩阵同已知震害矩阵 i 贴进度； B_i 为已知城市 S 类建筑同 α_i 相应的震害矩阵其中

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad (2)$$

贴进度计算：

由于建筑物各特征元素对震害矩阵的影响不同，因此借用模糊数学中加权海明距离的定义，取：

$$d_m(A, B_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{ji} |u_{Am}(j) - u_{Bim}(j)| \quad (3)$$

则采用多因素加权来定义欲模拟震害矩阵与已知矩阵的贴进度：

$$\alpha_i(A, B_i) = \sum_{m=1}^M \omega_m (1 - d_m(A, B_i)) \quad (4)$$

式中： M 表示预测单元 S 类建筑房屋总体分类元素的个数，如：用途，年代等，每一元素包括预测单元该类建筑的所有建筑物； n 表示总体分类每个元素的单因子的总数，如年代分类中的 50 年代，60 年代，70 年代等； $d_m(A, B_i)$ 表示欲模拟震害矩阵 A 与已知矩阵 B_i 考虑 m 元素时的距离； K_{ji} 表示第 m 元素中第 j 个因子对 i 个因子的建筑面积

占预测单元该类建筑所有建筑面积的比值，由房屋普查资料给出； $u_{Am}(j)$ 表示欲模拟矩阵 A 中第 m 元素中第 j 个因子的建筑面积占预测单元该类建筑所有建筑面积的比值，由房屋普查资料给出； $u_{Bim}(j)$ 表示已知震害矩阵 B_i 中第 m 元素中第 j 个因子的建筑面积占预测单元该类建筑所有建筑面积的比值，由房屋普查资料给出； ω_m 表示第 m 元素的权重，一般取等权； $\alpha_i(A, B_i)$ 表示欲模拟震害矩阵 A 与已知矩阵 B_i 的贴进度。

在这种方法能利用模拟震害矩阵与已知矩阵的贴进度来求得模拟矩阵的震害矩阵。在本文中，为了能快速求出震害矩阵，对已有方法进行了改进。

贴进度计算。在贴进度计算时不考虑不同元素中不同因子的影响，取等权，因此

$$d_m(A, B_i) = \frac{1}{n} |u_{Am}(j) - u_{Bim}(j)| \quad (5)$$

3 算例

在本文中，由于篇幅的原因，只对多层钢筋混凝土结构的震害矩阵进行算例。影响多层钢筋混凝土结构抗震能力的主要因素主要有以上几种，也即 $M=15$ ；总体分类中各个分类的因子如下所示^[1-3]：

(1) 设防标准：按Ⅵ度设防、按Ⅶ度设防、按Ⅷ度设防、按Ⅸ度设防、未设未设防标准、未设防非标准。

(2) 结构型式：框架、框架—剪力墙、剪力墙。

(3) 年代：1949 年以前、50 年代、60 年代、70 年代、80 年代、90 年代、2000 年以后。

(4) 用途：住宅、工业交通仓库用房、商业服务用房、教育医疗科研用房、文化体育娱乐用房、办公用房、其它用房；。

(5) 层数：1 层(平房)、2~3 层、4~6 层、7~10

层、11 层以上。

(6) 屋盖类别：现浇、装配整体、装配、木。

(7) 楼盖类别：现浇、装配整体、装配、木。

(8) 围护墙厚度：24 cm、12 cm、37 cm。

(9) 砖类型：粘土砖、空心砖、粉煤灰砖。

(10) 混凝土强度等级：C20、C25、C30。

(11) 砂浆强度等级：M2.5、M5、M7.5。

(12) 平立面规则：规则、不规则。

(13) 房屋现状：完好房屋、基本完好房屋、一般损坏房屋、严重损坏房屋、危险房屋。

(14) 场地土：Ⅰ类场地、Ⅱ类场地、Ⅲ类场地、Ⅳ类场地。

(15) 建筑物场址：无异常、液化区域、断层区域、滑坡区域。

在前面提到的十五种因素中，由于普查数据的有限性，在本文中只把影响多层钢筋混凝土结构抗震能力的主要因素归纳为五种， $M=5$ ，即：

(1) 设防标准：按Ⅵ度设防、按Ⅶ度设防、按Ⅷ度设防、按Ⅸ度设防、未设防标准、其它。

(2) 建筑年代：1949 年以前、50 年代、60 年代、70 年代、80 年代、90 年代、2000 年以后。

(3) 用途：办公楼、商业楼、居民楼、商住楼、学校、医院、厂房、其它。

(4) 层数：9 层以下、10~15 层、15 层以上。

(5) 平立面规则：规则、不规则。

由于广州老城区(范围包括越秀区、荔湾区、白云区及天河区部分城区)在 2003 年曾做过震害

表1 各城市不同设防烈度多层钢筋混凝土房屋所占的面积比

Table 1 Area ratio of multi-storey reinforced concrete buildings in different fortification intensity in cities

城市名	设防烈度/%					
	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	未设防	其它
深圳市	9.46	86.37	0	0	3.49	0.65
东莞市	93.8	1.9			1.75	2.55
中山市	4.97	89.11	0.1		4.98	0.83
广州市	8.15	88.65	0.07		3.13	0.07
阳江	32.08	57.37	0.32		40.14	0.09

表 2 各城市不同建筑年代多层钢筋混凝土房屋所占的面积比

Table 2 Area ratio of multi-storey reinforced concrete buildings in different building time in cities

城市名	建筑年代(面积)/%							
	解放前	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	2000 年以来	其它
深圳市	0.01	0.01	0.01	0.1	0	16.34	46.65	36.89
东莞市	0.06	0.48	0.32	1.21	17.3	44.11	34.79	1.73
中山市	0.09	0.54	0.52	1.55	18.17	40.51	38.62	
广州市	0.06	0.16	0.15	0.98	8.87	44.77	45.01	
阳江	0.37	0.09	0.44	1.1	8.64	38.6	50.52	0.23

预测，在这一次的建筑物抗震性能普查中又对广州市海珠区及天河区的建筑进行了普查，在本文中先利用中山、深圳及东莞的震害预测矩阵计算出广州市普查数据的震害矩阵，再与原有通过震害预测分析得到的震害预测矩阵相比较，证明其方法的可靠性，进而再利用此方法算出阳江市普查数据的震害矩阵。

经归一化后，待求的广州市的震害矩阵与已知矩阵的贴近度(表 4、5、6)。经计算得到广州已普查多层钢筋混凝土建筑震害矩阵。推算出的矩阵与实际震害预测得出的矩阵相比(表 7)，除个别值误差有点大外(相对误差超过 20%)，其它值的误差在可接受范围内(相对误差不超过 20%)。经计算得出阳江市已普查多层钢筋混凝土建筑的震害矩阵(表 9)。

4 结论

本文采用孙柏涛等人提出的基于已有震害矩阵模拟的群体震害预测模型，在广东省防震减灾“十一五”重点项目“重点监视防御区县级以上城市建(构)筑物抗震性能普查”数据的基础上，对已做过震害预测城市(区)与普查城市在设防标准、建筑年代、地上层数、建筑用途及平面形状等五方面进行相似度计算，最后得出普查城市的震害矩阵，通过简单的对比分析，认为应用该方法对群体建筑物实施震害预测是可行的。由于首次对该方法使用，有些影响因素未能给出相应的权重值，在计算中取了等权，可能会对结果有一定的影响。在今后的研究中将对影响建筑物抗震能力的主要因素分类、分层以及权重的划分进一步的研究，以便得到更为可靠的结果。这种方法的使用最大限度地开发和利用了已有的震害预测成果以及提高了近 10 个城市的建筑物抗震性能的普查数据的利用率，通过计算可以进一步分析相关城市的建筑物易损性，对研究该地区的抗震防灾能力，以及研究当地地震应急的快速评估模型有很大的参考价值。

表 3 各城市不同建筑用途多层钢筋混凝土房屋所占的面积比

Table 3 Area ratio of multi-storey reinforced concrete buildings in different building function in cities

城市名	用途(面积) /%							
	办公楼	商业楼	居民楼	商住楼	学校	医院	厂房	其它
深圳市	15.6	3.41	45.95	19.39	2.41	0.56	6.54	6.14
东莞市	4.9	17.24	52.68	7.63	3.12	0.78	9.94	3.71
中山市	4.13	8.82	48.07	15.91	9.21	0.73	7.11	6.02
广州市	3.26	7.82	51.20	25.81	6.29	1.2	2.82	1.59
阳江	3.26	3.04	61.62	23.17	3.18	0.69	4.40	0.63

表 4 各城市不同地上层数多层钢筋混凝土所占的面积比

Table 4 Area ratio of multi-storey reinforced concrete buildings with different building storey number in cities

城市名	地上层数(面积)/%		
	9 层以下	10~15 层	15 层以上
深圳市	54.7	10.1	35.2
东莞市	71.08	13.71	15.22
中山市	76.7	15.54	7.76
广州市	38.89	24.29	36.82
阳江市	90.45	6.51	3.04

表 6 待求地区与已知地区的各因素贴近度计算结果

Table 6 The close calculation result of various factors in unknown region and the known areas

城市名	用途	地上层数	建筑年代	平面形状	设防烈度	相似度归一化转换为权重值
深圳市 ^①	4.08	10.54	2.34	7.56	0.77	0.44
东莞市 ^②	5.42	21.46	2.76	6.72	29.39	0.17
中山市 ^③	4.19	25.21	2.67	25.19	1.04	0.39

表 8 原有震害预测项目得出的工作区多层钢筋砼房屋震害矩阵^④

Table 8 The earthquake damage matrix of multi-storey reinforced concrete buildings based on existing earthquake damage prediction project

房屋现状	面积比/%			
	VI	VII	VIII	IX
基本完好	99.9	89.5	45.1	0
轻微破坏	0.1	10.5	41.6	39.5
中等破坏			11.2	41.3
严重破坏			2.1	14.4
毁坏			0	4.8

表 5 各城市不同平面布置多层钢筋混凝土房屋所占的面积比

Table 5 Area ratio of multi-storey reinforced concrete buildings of different plane shape in cities

城市名	平面形状(面积)/%		
	规则	不规则	其它
深圳市	40.16	59.39	0.44
东莞市	61.49	38.41	0.1
中山市	13.71	86.29	0
广州市	38.89	48.5	0
阳江市	83.8	16.2	0

表 7 广州不同设防烈度多层钢筋混凝土房屋所占的面积比

Table 7 Area ratio of multi-storey reinforced concrete buildings with different fortification intensity in Guangzhou

房屋现状	面积比/%				
	VI	VII	VIII	IX	X
基本完好	98.59	88.72	46.62	11.16	1.97
轻微破坏	1.41	10.24	39.38	29.89	4.67
中等破坏	0	1.04	12.48	36.93	29.40
严重破坏	0	0	1.51	17.93	38.92
毁坏	0	0	0	4.14	25.04

表 9 阳江市不同设防烈度多层钢筋混凝土房屋所占的面积和比

Table 9 Area ratio of multi-storey reinforced concrete buildings of different fortification intensity in Yangjiang

房屋现状	面积比/%				
	VI	VII	VIII	IX	X
基本完好	98.38	85.52	39.60	8.70	1.56
轻微破坏	1.63	13.12	42.68	25.18	3.70
中等破坏	0	1.36	15.47	37.54	24.63
严重破坏	0	0	2.25	22.85	38.55
毁坏	0	0	0	5.79	31.56

参考文献:

[1] 孙柏涛. 基于已有震害矩阵模拟的群体震害预测方法研究, 地震工程与工程振动[J]. 2005, 25 (6): 102-108.
[2] 杨仕升, 申志敏, 谢开仲, 等. 我国村镇砌体房屋震害

分析与抗震加固研究进展[J]. 华南地震, 2012, 32 (3): 1-10.
[3] 我国农村震害及农居地震安全多种典型案例分析 [J]. 地震工程学报, 2013, 35(04): 936-941.

① 张令心, 孙景江. “深圳经济特区震害预测与防御对策系统建设”项目-深圳经济特区建筑物震害预测技术报告, 2009.
② 张令心, 孙景江. “东莞市市区震害预测与防御对策系统建设”项目-东莞市市区建筑物震害预测技术报告, 2006.
③ 张令心, 孙景江. “中山市城区震害预测与防御对策系统建设”项目-中山市区建筑物震害预测技术报告, 2009.
④ 张专, 张大名. “广州市部分城区地震小区划和震害预测”项目-广州市部分城区建(构)筑物地震易损性分析技术报告, 2004.