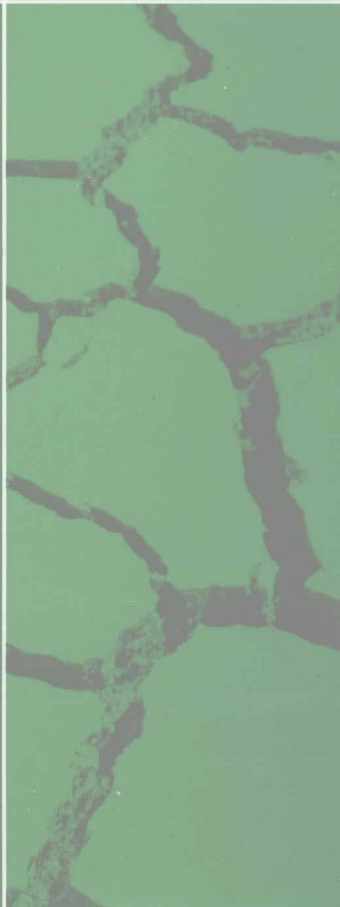




2008年 城市安全 减灾与工程规划 研究与进展



冯启民 主 编
罗 翔 高惠瑛 副主编



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

2008年城市安全减灾与工程规划 研究与进展

冯启民 主编

罗翔 高惠瑛 副主编

中国科学技术出版社

CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 北京 ·

BEIJING

图书在版编目 (CIP) 数据

2008 年城市安全减灾与工程规划研究与进展/冯启民 主编. —北京: 中国科学技术出版社, 2008. 11
ISBN 978-7-5046-5284-3

I. 2… II. 冯… III. 城市-灾害防治-城市规划-学术会议-文集 IV. X4-53
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 166055 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版
北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

策划编辑	林 培 李惠兴	责任校对	林 华
责任编辑	李惠兴	责任印制	安利平

发行部: 010-62103210 编辑室: 010-62103181

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京市迪鑫印刷厂印刷

*

开本: 889 毫米×1194 毫米 1/16 印张: 31.75 字数: 750 千字

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5046-5284-3/X · 101

定价: 60.00 元

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

《2008年城市安全减灾与工程规划研究与进展》

(全国学术研讨会论文集)

主办单位

中国城市规划学会城市安全与防灾学术委员会

中国城市规划学会城市工程规划学术委员会

中国勘察设计协会抗震防灾分会

承办单位

重庆市城市规划设计研究院

中国海洋大学地震工程与地质工程研究所

协办单位

北京工业大学北京城市与工程安全减灾中心

中国城市规划设计研究院城市公共安全规划研究中心

青岛市防震减灾协会

中国建筑科学研究院工程抗震研究所

河北理工大学建工学院, 河北省地震工程研究中心

北京市劳动保护科学研究所

组织委员会

主任委员: 罗 翔 冯启民

副主任委员: 刘志刚 谢映霞 马东辉

委 员: 苏幼坡 焦双健 黄世敏 汪 彤 戴慎志

秘书长: 焦双健(兼) 朱思诚 刘 萍

中国勘察设计协会抗震防灾分会学术委员会

主任委员: 周锡元

副主任委员: 张维嶽 冯启民 霍达 李杰 邵益生 刘志刚 王自法 金磊

李引擎 李忠献 程绍革 苏经宇

委 员: (姓氏笔画为序)

王伟 王宁伟 王晓云 马东辉 任爱珠 刘茂 孙金华 孙保卫 朱思诚

吴宗之 汪彤 张耀 李爱群 陆鸣 沈纹 苏幼坡 陈国兴 姚继韵

赵振东 钱新明 郭海燕 贾舒 高惠瑛 崔鹏 黄世敏 鄢飞 程晓陶
窦远明 缪升

城市工程规划学术委员会

主任委员：邵益生

副主任委员：谢映霞 戴慎志 罗翔 王建华

委员：（姓氏笔画为序）

丁年 王洵 王承东 左群英 丘建林 何永 何卫平 李红 李作臣 李晓涓
李惠成 宋宏伟 朱思诚 朱玉琦 束昱 吴荔珊 吴凤华 罗祖义 邱鸿斌
聂洪文 周健 高斌 郝天文 段龙武 张晓昕 张洪峰 张翰卿 徐承华
奚全富 傅爽 黄国贤 董伟 章礼尧 檀星

本书编委会

主 编：冯启民

副主编：罗翔 高惠瑛

编 委：

苏经宇 马东辉 蒋婧 吴艳 焦双健 李飞 冉晓艳 王俊杰 罗艳 谭黎明
谭文波 黄春 李英超 尹博 沈丽娜 郭红霞 马文婧 孙海 刘明琼 徐瑞
李清霞 别冬梅

序

2008年5月12日14时28分,我国发生了震惊世界的四川汶川特大地震灾害,受灾地区人民生命财产和经济社会发展都蒙受了巨大损失。痛定思痛,举世共识:震前做好城市安全减灾与工程规划工作是预防和减轻城市地震灾害的关键。

城市安全减灾与工程规划直接影响我国经济建设、社会发展以及城市化进程。城市安全减灾与工程规划以解决城市规划与建设中的安全减灾问题和基础设施问题为重点,逐渐发展成为新的综合性学科,经过多年的努力,在城市安全与防灾规划、城市基础设施规划方面取得了很多研究成果,先进技术不断涌现。

为了总结汶川特大地震的经验教训,为了促进规划和防灾两个领域相互融合以及学术交流,以及交流近两年来在城市安全减灾与工程规划领域的学术成果,2008年11月10日,在重庆市召开第二届全国城市安全减灾与工程规划学术研讨会。会议由中国城市规划学会城市安全与防灾学术委员会、中国城市规划学会城市工程规划学术委员会、中国勘察设计协会抗震防灾分会主办;由重庆市城市规划设计研究院、中国海洋大学地震工程与地质工程研究所承办;由北京工业大学北京城市与工程安全减灾中心、中国城市规划设计研究院城市公共安全规划研究中心、青岛市防震减灾协会、中国建筑科学研究院工程抗震研究所、河北理工大学建工学院、河北省地震工程研究中心、北京市劳动保护科学研究所协办。并得到国家建设部抗震办公室的鼎力支持。这是多家学术研究机构科研人员、工程技术人员与管理人员共聚一堂,进行多学科学术交流的一次盛会。这次会议将对促进社会发展和经济建设做出重要贡献。

学术研讨会论文集共收入学术论文79篇。主要内容涉及城市安全减灾的理论及方法,城市抗震防灾与综合防灾规划,城市工程设施与系统的防灾抗灾技术,城市与工程的灾害防御标准,城市与工程系统应急反应、紧急处置,城市与工程安全防灾策略与管理,灾害损失评估方法,灾害对社会经济影响分析,信息技术在防灾减灾中的应用,城市综合防灾与公共安全规划的理论、方法及实例交流,资源合理利用的工程规划方法研究,城乡生态环境保护与修复的工程规划方法研究,新农村市政基础设施规划方法与建设标准研究,以及城市工程规划中解决复杂问题的方法和经验等。这些论文基本反映了我国城市与工程安全防灾领域的最新研究成果,而且具有鲜明的多学科性以及学科间的相互交叉和渗透的特点。学术论文作者既有专家、教授,也有大批中青年学者,这表明我国城市安全防灾与工程规划领域已经形成了知识结构、年龄结构、职称结构比较合理的科学研究群体。它们分布在全国各地的科研、设计、勘察、管理、大专院校和企业集团。这是学科兴旺与这次学术研讨会圆满成功的重要保障。

衷心感谢为筹备这次会议做出贡献的所有部门单位和个人。

预祝第二届全国城市安全减灾与工程规划学术研讨会圆满成功。

目 录

城市安全与减灾的理论及方法

传统木构古建筑震害预测方法	高志新 郭小东 鹿娟 (1)
软弱土层对场地地震反应的影响分析	王宁伟 焉振 (8)
基于性能的抗震结构的失效概率	李英超 冯启民 罗艳 (14)
穿斗木结构及砖木结构房屋抗震性能探讨	高晓明 苏经宇 金秋颖等 (21)
地震中复合圆柱体的扭转断裂分析	唐永艳 王银邦 (28)
轻钢结构厂房冰雪灾害与原因分析	葛学礼 朱立新 于文等 (33)
学校建筑中非结构构件震害及减灾对策	尹青 苏经宇 雷丽萍 (38)
低造价农居抗倒塌实用技术研究	杜志超 田杰 (43)
低造价农居隔震技术的研究和应用	田杰 杜志超 (53)
论汶川大地震	向光中 吕德徽 董治平 (59)

城市抗震防灾与综合防灾规划

有关城市抗震防灾规划编制的几个问题探讨	王志涛 苏经宇 马东辉等 (68)
关于构建村镇防灾体系的初步探讨	张盛 苏经宇 马东辉等 (73)
城市综合防灾规划编制的探讨	朱思诚 (78)
生命线工程综合防灾规划决策方法研究	罗艳 冯启民 (83)
地震次生灾害的防御及规划	沈丽娜 高惠瑛 谭文波 (91)
城镇规划典型用地防灾适宜性分析	张宜磊 苏经宇 马东辉等 (98)

城市工程设施与系统的防灾抗灾技术

滨海干线公路交通调查	何继明 焦双健 李飞 (102)
城市供水管线防灾等级划分及防灾关键管网	马东辉 邱钦钦 王威 (109)
埋地管道在地震行波作用下反应的简化计算公式及参数讨论	侯本伟 苏经宇等 (116)
市政管线可靠指标计算的优化模型及其 MatLab 实现	王威 马东辉等 (123)
地震风险指数法在燃气管网震害评价中的应用	谭文波 高惠瑛 (130)
对滨海干线雾灾的初步探索	李祥东 焦双健 (136)

城市与工程的灾害防御标准

建筑抗震设防标准的优化方法研究	冯启民 罗艳 李英超 (143)
城市建筑物抗震风险分析的地震风险度判别法	冯启民 黄春 (152)

城市与工程系统应急、紧急处置

建筑震害现场应急评估	葛学礼 朱立新 于文 (158)
灾时应急运输车辆调度模型及算法研究	邹亮 徐峰 任爱珠 (164)

城市与工程安全防灾策略与管理

城市安全与防震减灾策略	王晓蕾 高惠瑛 (173)
我国城市综合防灾减灾规划的思考	黄春 冯启民 (178)
汶川地震灾后重建中防灾问题的若干思考	郭小东 马东辉 苏经宇等 (184)
城市地震次生环境灾害及其防治对策	焦双健 李文良 (190)

信息技术在防灾减灾中的应用

基于 ArcGIS Engine 的抗震防灾规划信息管理系统研究	王俊杰 冯启民 (194)
Primavera 在城市地震应急管理中的应用	谭黎明 高惠瑛 高微 (199)
莱芜市抗震设防区划 GIS 系统	江静贝 符圣聪 常兆中等 (204)
基于 MATLAB 的地震波频谱分析	钟骁珺 张明文 胡小勇等 (213)
基于 GIS 的震后交通需求预测研究	邢金鹏 马东辉 苏经宇等 (220)

城市综合防灾与公共安全规划的理论、方法及实例交流

基于 GIS 的固定避震疏散场所规划研究	尹博 高惠瑛 (225)
基于 GIS 的城市消防站布局规划研究	冉晓艳 冯启民 (234)
关于灾后重建安置点规划的一次探索	喻兰 代丹 郭大忠 (238)

资源合理利用的工程规划方法研究

浅谈城市规划中雨水利用的应用	吴君炜 方波 刘成等 (245)
基于随机过程的城市消防车辆数量配置模型	刘杨 戴慎志 王路 (252)
基于循环经济理论的深圳市城区雨水利用规划研究	魏杰 (257)
城市雨污分流制的效果探讨与展望	陈治刚 (263)
地下空间开发利用初探	任一兵 张洪斌 (269)
北京市奥运中心区雨水系统研究	张晓昕 马洪涛 王强 (275)
防火建材及其防火机理	王世敏 苏经宇 李炎锋等 (282)
基于可持续发展战略的疏浚泥倾倒政策初探	李飞 焦双健 (288)
江苏省城市洁净工程研究	顾军 (293)
循环经济推动城市科学发展	王晓东 邓洁 任一兵 (299)
开发和利用可再生能源前景广阔	邵文青 (304)
可持续雨水系统规划——以北京亦庄新城为例	龙瀛 何永 (311)
热电联产在城市集中供热规划中的作用	张延杰 苏红乡 李庆磊 (317)
页岩陶粒沥青混合料性能探讨	焦双健 邢彦青 (322)

城乡生态环境保护与修复的工程规划方法研究

TLI 法综合评价湖泊富营养化	刘亚丽 何波 孟庆 (325)
浅谈可持续城市的“绿色市政”规划	俞露 (331)
以城市内河水系为纽带改善城市人居环境	彭春 (334)
浅谈城乡生态环境保护与修复	邓立鸣 杨玉奎 (339)

新农村市政基础设施规划方法与建设标准研究

北京农村市政交通基础设施现状抽样调查及规划标准研究	魏保义 张晓昕 (346)
解决农村生活用能的主要措施及需要关注的问题	魏保军 (354)
新农村市政基础设施规划的编制方法与建设标准研究	魏博 (360)
农村消防概况及应对措施研究	付成云 李炎锋 苏经宇等 (365)
小城镇常见结构形式的震害指数评述	宋登鹏 苏经宇 马东辉等 (370)
新农村建设污水处理的方法与规划研究	岳宜宝 (380)

城市工程规划中解决复杂问题的方法和经验

把握关键环节, 实现科学规划	韩刚团 (388)
关于大型工业园区市政公用设施配套规划初探	孙黎 (393)
城市黄线控制规划实践	杨帆 (398)
城市水系规划编制方法探索——以杭州市为例	徐承华 毛斌 (403)
城市总体规划中市政工程系统专业规划编制模式的探讨	高晓昱 (407)
前车覆后车戒	王承东 (414)
室外给水设计规范中用水定额的校核	冯一军 (425)
水资源承载力理论在城市规模预测中的实际应用	黄国玓 (428)
新形势下城市电信工程规划中遇到的问题与思考	吴金广 (433)
以南部新区为例浅谈城市新区防洪规划	李晓涓 (437)
制定《城市消防规划规范》的思考	罗翔 (440)
城市排水系统规划成果实效分析	戴慎志 欧阳丽 王晓明 (446)
利用综合节电率法对北京市远期供电负荷预测的研究	魏保军 (453)
城市电网负荷预测负荷密度法及与其他方法的对比	李作臣 林颖庭 (470)
山地城市排水系统消能工程措施	黎廷明 (479)
浅谈城市化进程中人防建设的和谐发展	黄咏洲 朱建国 (484)
上海市政生命线系统防灾规划策略	金忠民 王洵 (490)

传统木构古建筑震害预测方法*

高志新¹ 郭小东² 鹿娟³

(1. 三合工程设备(苏州)有限公司 苏州 21500)

(2. 北京工业大学北京城市与工程安全减灾中心 北京 100022)

(3. 徐州市建设局 徐州 221000)

摘要: 对文物古建筑进抗震保护是城市抗震防灾规划的一项重要内容。本文针对我国木构古建筑的震害特性进行了研究,提出了一般传统木结构的模糊震害预测法。通过某城市古城区一般木结构震害预测的实例表明,该方法简单易行、结果可靠。本文提供的方法可为今后类似结构的震害预测提供参考。
关键词: 古建筑 木结构 模糊震害预测

Earthquake Damage Assessment Method for Historical Timber Buildings

Guo Xiao-dong, Ma Dong-hui, Su Jin-yu

(Institute of Earthquake Engineering , Beijing University of Technology, Beijing, 100022 , China)

Abstract: Protecting the historical buildings against the earthquake damage is an important mission on urban earthquake disaster prevention planning. This paper mainly discussed the earthquake damage assessment method for traditional timber buildings. The fuzzy damage assessment method is provided. The examples about timber buildings in ancient zone in some city indicate that this method is operable and reliable. The method presented in this paper provides a reference for similar structures in future research.

Key words: historical building; timber structure; fuzzy damage assessment

1 木构古建筑的震害特点

木结构建筑在很长的历史时期都是我国建筑的主要结构形式。古建筑木结构形式分类有:殿堂、厅堂、余屋、亭榭。其中殿堂、厅堂是主要形式。多数的殿堂和厅堂木构架为单层,主要传力方向从梁到锚榑至柱。

木构架的构造做法使得结构具有较强的空间稳定性。例如:①侧脚具有自动复位功能;②锚榑相当于弹性支座;③大屋盖柔性柱;④浮放柱脚可以滑移,减小上层结构的绝对加速度;⑤铺作层(斗、拱等)构造的减震;⑥结构的对称性减小扭转。因此,历次地震中木构架均表现出较好的抗震性能^[1]。震害经验表明,传统木结构的主体构架在强震下表现出较好的延性特点,抗倒塌性较好,这是与其结

*作者简介:高志新(1978~),男,江苏苏州人,工程师,主要从事工程管理与施工研究。

郭小东(1977~),男,江苏南通人,讲师,博士,研究方向为工程抗震与防灾减灾。

鹿娟(1979~),女,江苏沛县人,工程师,研究方向为工程抗震。

构造密切相关的,木构架和合理的节点型式提高了整体结构的抗震耗能性能;但维护结构连接薄弱,易破坏,表现为低烈度下的易损坏性。在唐山地震,通海地震及海城地震中,均有一些位于 9 度区或更高烈度区内的传统木构架古建筑保持主体构架屹立不倒的实例,例如位于 11 度区的唐山市刘家祠堂,木构架保持不倒,而周围各类建筑物则基本倒毁,但也有相当多的木结构在较低烈度下发生轻微至中等破坏的实例,例如唐山地震中,玉田县 8 度区的净觉寺、遵化县 7 度区的清东陵、天津市 8 度区的天后宫、蓟县 7 度区的观音阁及北京、承德地区 6 度区内的故宫、颐和园、北海、避暑山庄等处的古建筑震害,均表明了这一点。

2 一般木结构古建筑的震害预测方法

在我国许多城市老城区仍存在大量的木构建筑,特别是在城市古城保护区范围内。传统震害预测方法多采用基于抗震动力分析方法,通过建立结构简化的或者是较详尽的三维空间有限元模型进行分析,这样做通常需要详细调查结构的动力参数,显然既费时又费力,通常说来,这种方法较适用于重要保护古建筑的抗震性能评价,对于城市古城保护区中量大面广的一般木构传统民居则较难实施。

另外,也有规划工作者直接把木结构作为老旧民房进行处理,虽则简化,但难以较确切地反映木结构的震害特点。

近几年,作者在进行城市抗震防灾规划研究过程中,通过详细剖析国内外以往地震中木结构震害的经验资料,研究提取出对木结构震害具有较为显著影响的结构特性作为震害影响因子,在此基础上提出了基于模糊理论的一般传统木结构房屋震害预测法。

2.1 选择评定因素

所选择的评定因素用震害因素论域表示为:

$$U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7\} \quad (1)$$

式中, u_1 ——房屋总高:檐口到室内地面的高度,以米计; u_2 ——墙体材料: 1 砖; 2 石; 3 土; 砖石取 1~2; u_3 ——结构老损情况: 1 好; 1.5 中; 2 差; u_4 ——柱基错位量:以厘米计; u_5 ——柱脚与柱基连接方式: 1 嵌固; 2 锚固; 3 浮放; u_6 ——柱梁连接方式: 1 榫接; 2 铆钉; u_7 ——木构架整体性: 1 牢固; 2 不牢固; 介于之间则取 1~2 之间。

2.2 确定震害指数论域

历史资料中震害的描述一般是语言形式。目前一般把建筑物的破坏等级分为五级,即基本完好、轻微破坏、中等破坏、严重破坏、毁坏。根据文献[3]的建议,这些描述可视为震害指数论域

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_{11}\} = \{0, 0.1, \dots, 1.0\} \quad (2)$$

上的模糊子集,见式(3)。

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \text{基本完好} = 1/0 + 0.7/0.1 + 0.2/0.2 \\
 A_2 &= \text{轻微破坏} = 0.2/0 + 0.7/0.1 + 1/0.2 \\
 &\quad + 0.7/0.3 + 0.2/0.4 \\
 A_3 &= \text{中等破坏} = 0.2/0.2 + 0.7/0.3 + 1/0.4 \\
 &\quad + 0.7/0.5 + 0.2/0.6 \\
 A_4 &= \text{严重破坏} = 0.2/0.4 + 0.7/0.5 + 1/0.6 \\
 &\quad + 0.7/0.7 + 0.2/0.8 \\
 A_5 &= \text{毁灭} = 0.2/0.6 + 0.7/0.7 + 1/0.8 \\
 &\quad + 0.7/0.9 + 0.2/1.0
 \end{aligned} \tag{3}$$

式中的加号和除号均为 Zadeh 记号^[4]。除号后的值为震害指数等级，除号前的值为建筑物的震害对震害指数等级的隶属度。

2.3 单因素评判^[5]

单因素评判就是在某因素 u_i 为已知的情况下，求出该因素对各级震害指数等级的隶属度。可以通过历史震害资料统计法^[6]或信息分配法^[7]来构造因素 u_i 对各级震害指数等级 v_j 的隶属度或隶属函数。在此，我们采用信息分配法，依据历史震害资料来构造原始信息分配矩阵。

以 u_1 为例，设有 n 个历史地震资料，每个资料取两个分量 x 和 A ，其中 x 为因素 u_1 （木结构层高）的值， A 为震害。记第 k 个震害资料的信息值为 $D_k = (x_k, A_k)$ ，其中 x_k 和 A_k 为信息分量。

不失一般性，设木结构层高所属的范围为 $[a, b]$ ，根据分析精度的要求，取层高离散论域为

$$u_1 = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m\} \tag{4}$$

其中， $x_i \in [a, b]$ ， $i = 1, 2, \dots, m$

若 $x_i \leq x_k \leq x_{i+1}$ ，则将 x_k 分配给 x_i 和 x_{i+1} 的信息向量各为

$$\begin{aligned}
 s_k(x_i) &= 1 - \frac{x_k - x_i}{x_{i+1} - x_i} \\
 s_k(x_{i+1}) &= 1 - \frac{x_{i+1} - x_k}{x_{i+1} - x_i}
 \end{aligned} \tag{5}$$

若 $A_k = A_{ji}$ ， A_{ji} 是式 (3) 中的一个模糊子集，然后对 A_k 进行信息量总和为 1 的归一化处理，作为 A_k 在各震害指数论域上的信息分配。例如，对于轻微破坏，

$$A_k = A_2 = 0.2/0 + 0.7/0.1 + 1/0.2 + 0.7/0.3 + 0.2/0.4$$

归一化处理后得到 A_k 分配给 v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 的信息向量为：

$$\begin{aligned}
 p_k(v_1) &= p_k(v_5) = \frac{0.2}{0.2+0.7+1+0.7+0.2} = 0.07 \\
 p_k(v_2) &= p_k(v_4) = 0.25 \\
 p_k(v_3) &= 0.36
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

对于 n 个建筑, 可得到相应的信息矩阵

$$q_{ij} = \sum_{k=1}^n s_k(x_i) p_k(v_j) \tag{7}$$

则矩阵 $Q = \{q_{ij}\}_{m \times 11}$ 为所需要的原始信息分配矩阵, 它包含了待预测建筑物的抗震能力特征。

分别对 Q 进行行、列方向的归一化处理并进行取小运算, 即可的单因素判别的模糊关系矩阵 R 。

历史地震记录信息参见表 1。

对于层高离散论域为 $u_1 = \{3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7\}$, 可建立 7 度下的原始信息分配矩阵 (表 2) 和模糊关系矩阵 (表 3)。其他烈度下和其他因素的信息分配矩阵和模糊关系矩阵建立过程相似, 这里不再赘述。

表 1 木结构历史震害资料

编号	层高 (m)	墙体材料	老损情况	柱基错位量	柱脚与基础连接	柱梁连接方式	木构架整体性	7 度震害结果
1	3.9	2	1	1	1	1	1.5	轻微破坏
2	6	2	1	0	1	1	1	轻微破坏
3	6	1.5	1	0	1	1	1	轻微破坏
4	4.8	1	1	0	1	1	1	基本完好
5	3.9	1	1	1.5	3	2	1.5	轻微破坏
6	5	2	2	4	3	2	2	中等破坏
7	4	1	1	0	1	1	1	基本完好
8	4	1	1	0.5	3	1	1.5	轻微破坏
9	4	1	1	0	1	1	1	基本完好
10	4	1	2	0.5	3	1	1	轻微破坏
11	6	1	2	3	3	1	1	中等破坏
12	6.6	1.5	1	0	3	1	1	轻微破坏
13	4.5	1.5	1	1	3	1	1	轻微破坏
14	3	1	1	0.2	1	1	1	基本完好
15	4	1.5	1	1.2	2	1	1	轻微破坏
16	3.6	1	2	2.2	1	1	2	轻微破坏

(续表)

编号	层高 (m)	墙体材料	老损情况	柱基错位量	柱脚与基础连接	柱梁连接方式	木构架整体性	7度震害结果
17	3.6	1.5	1	0	1	1	1	基本完好
18	5	1.5	1	1	2	1	2	轻微破坏
19	4	1	1	0.5	1	2	1	基本完好
20	3.6	1	1	1	1	1	1	基本完好
21	3	1.5	1	2.5	2	1	2	轻微破坏
22	5.1	1	1	0.8	2	1	2	轻微破坏
23	3.3	2	2	4	3	1	2	中等破坏
24	4	1.5	2	4	3	1	1	中等破坏
25	3.6	3	2	2	1	1	2	中等破坏
26	4.5	2	1	1	1	1	1	轻微破坏

运用模糊推理原则, 根据单因素 u_i 可以推断单因素震害模糊向量 A_i 。

$$A_i = X_i \circ R_i \quad (8)$$

表2 因素 u_1 的原始信息分配矩阵

u_1 (层高 m)	V										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
3	0.07	0.25	0.39	0.35	0.214	0.1	0.03	0	0	0	0
3.5	0.932	0.89	0.65	0.45	0.3	0.15	0.04	0	0	0	0
4	2.668	2.83	2.21	1.2	0.336	0	0	0	0	0	0
4.5	0.282	0.4	0.4	0.25	0.07	0	0	0	0	0	0
5	0.444	0.67	0.78	0.7	0.486	0.25	0.07	0	0	0	0
5.5	0.014	0.05	0.07	0.05	0.014	0	0	0	0	0	0
6	0.14	0.5	0.79	0.75	0.5	0.25	0.07	0	0	0	0
6.5	0.056	0.2	0.29	0.2	0.056	0	0	0	0	0	0
7	0.014	0.05	0.07	0.05	0.014	0	0	0	0	0	0

表3 因素 u_1 的模糊关系矩阵

u_1 (层高 m)	V										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
3	0.026	0.09	0.18	0.29	0.428	0.26	0.07	0	0	0	0
3.5	0.349	0.32	0.29	0.38	0.322	0.16	0.05	0	0	0	0
4	0.943	1	0.78	0.42	0.119	0	0	0	0	0	0

u_i (层高 m)	V										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
4.5	0.106	0.14	0.18	0.21	0.14	0	0	0	0	0	0
5	0.166	0.24	0.35	0.58	0.62	0.32	0.09	0	0	0	0
5.5	0.005	0.02	0.03	0.04	0.028	0	0	0	0	0	0
6	0.052	0.18	0.36	0.63	0.633	0.32	0.09	0	0	0	0
6.5	0.021	0.07	0.13	0.17	0.112	0	0	0	0	0	0
7	0.005	0.02	0.03	0.04	0.028	0	0	0	0	0	0

其中 X_i 是 u_i 上的一个模糊子集, 算符“ $\circ$ ”为模糊运算符, R_i 为单因素模糊关系矩阵。

例如, 对于编号为 1 的房屋, $X = \{0, 0.2, 0.8, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$, 代入公式 (8) 可得 $A_1 = \{0.82, 0.86, 0.68, 0.41, 0.16, 0.03, 0.01, 0, 0, 0, 0\}$ 。对其余六个因素可以作同样的运算, 得到各单因素的震害模糊向量为:

$$A_2 = \{0.04, 0.14, 0.34, 0.67, 0.86, 0.5, 0.14, 0, 0, 0, 0\}$$

$$A_3 = \{0.84, 1.00, 0.89, 0.51, 0.14, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$$

$$A_4 = \{0.43, 0.72, 0.94, 0.65, 0.18, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$$

$$A_5 = \{1, 0.9, 0.55, 0.25, 0.07, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$$

$$A_6 = \{0.77, 1, 0.97, 0.62, 0.23, 0.05, 0.01, 0, 0, 0, 0\}$$

$$A_7 = \{0.025, 0.09, 0.18, 0.21, 0.105, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$$

2.4 多因素模糊综合判别

进行多因素判别时, 需要知道各因素的权重。在此采用历史震害建筑的震害结果矩阵的最大特征值的特征向量作为权重向量, 为 $W = \{0.15, 0.1, 0.2, 0.15, 0.15, 0.1, 0.15\}$ 。可得结构总的震害评判结果为

$$A = W \circ R \quad (9)$$

$$R = \begin{bmatrix} A_1^T & \cdots & A_7^T \end{bmatrix}^T \quad (10)$$

如对编号为 1 的房屋得到其在 7 度地震作用下的震害结果为

$A = \{0.59, 0.70, 0.66, 0.46, 0.22, 0.06, 0.02, 0, 0, 0, 0\}$ 它是震害论域上的模糊子集, 将其与式

(3) 求欧氏距离, 得到 (A, A_2) 的距离最小, 因此该木结构在遭受 7 度地震袭击时将产生轻微破坏。

3 某城市木结构震害预测实例

采用上述一般传统木结构的震害预测方法对某城市老城区抽样调查的 132 栋木结构房屋进行震害预测, 得到木结构震害预测矩阵见表 4, 计算相应的抗震能力指数并与城市平均指数对比见图 1。

从图 1 可以看出, 木结构整体抗震性能良好, 高于全市建筑物的平均抗震性能, 但其在低烈度下

的抗震性能与一般建筑物的抗震性能相差不大,显示出低烈度下易损坏和高烈度下抗倒性的双重特点,这与历史震害结果也是相吻合的。

表 4 某城市木结构震害矩阵

烈度	震害矩阵（%）					
	按面积统计					震害指数
	基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	毁坏	
6.5	37.01	62.99	0.00	0.00	0.00	0.1445
7.5	25.57	59.05	15.38	0.00	0.00	0.2001
8.5	23.57	38.39	31.031	7.01	0.00	0.2773
9	20.27	29.44	37.54	12.76	0.00	0.3273
10	0.00	44.01	35.05	20.94	0.00	0.3923
合计	总面积：18.23 万平方米					

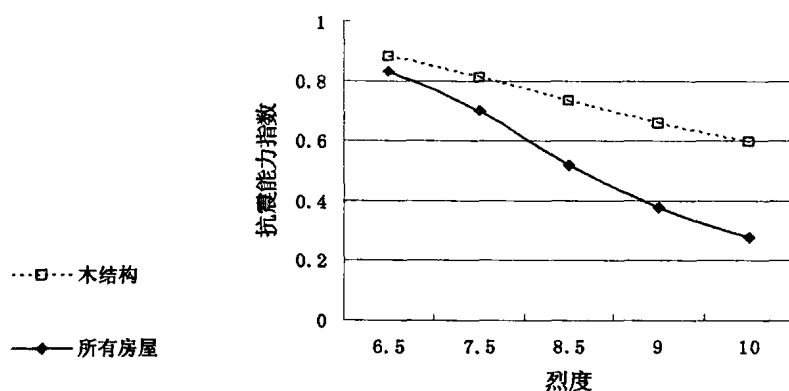


图 1 木结构与城市所有房屋平均抗震能力指数的对比

4 结语

文中采用模糊理论建立传统木结构的震害预测方法,并对我国某城市的传统木结构进行评价,表明,通过选取能够反映传统木结构抗震特性的结构参数,利用我国已有震害经验,采用本文方法可以较好地反映城市传统木结构的抗震能力特点,对城市抗震防灾规划的城区建筑抗震性能评价工作具有较强的现实意义。

参考文献

- [1] 四川省地震局. 一九八一年道孚地震[M]. 北京: 地震出版社, 1986.
- [2] 杨亚弟, 杜景林, 李桂荣. 古建筑震害特性分析[J]. 世界地震工程. 2000, 16(3): 12-16.
- [3] 刘锡荟, 王孟玫, 汪培庄. 模糊烈度[J]. 地震工程与工程振动. 1983, 3(3): 62-75.
- [4] 汪培庄. 模糊集论及其应用[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983.
- [5] 梁兴文. 震害预测的模糊综合评判及其识别方法[J]. 西安冶金建筑学院学报. 1992, 6(2): 197-205.
- [6] 刘锡荟, 董竟成. 烈度评定与震害预测中的模糊数学方法[J]. 地震工程与工程振动. 1982, 2(4): 26-37.
- [7] 黄崇福. 自然灾害风险评价理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 152-1533.

软弱土层对场地地震反应的影响分析*

王宁伟 焉 振

(沈阳建筑大学 土木工程学院 辽宁 沈阳 110168)

摘要:目的 研究软弱土层不同排列方式、在土层结构中的位置及其厚度变化对地表加速度反应谱的影响.方法 应用一维波动理论等效线性化分析方法。结果 求出了含软弱土层的不同土层结构在地震作用下地表加速度反应谱,分析了反应谱加速度峰值及特征周期 T_g 的变化趋势。结论 同样都是III类场地情况下,软弱土层的存在使地表地震动参数值与不含软土层的场地得到的值相比有很大变化,软弱土层在土层结构中的位置不同地震动参数值的差异也很大。

关键词: 软弱土层 土层结构 反应谱 特征周期

0 引言

场地条件是影响震害的主要因素之一,尤其是位于深厚软弱场地上的建筑物,其震害一般较为严重。最近一次的512汶川大地震,更使人们深刻体会到了河湖软弱场地土的震害性。因此,正确地估计场地条件对地震地面运动的影响是工程抗震设计的一项重要的基础性工作。理论研究和强震观测的结果都表明,土体中软弱夹层的存在对地表地震动参数有显著的影响。然而,在我国乃至其他国家的抗震设计规范中,由于缺乏具有场地条件的强震资料,在场地分类中未能考虑土层结构的影响。近年来,土层结构对地表地震动参数的影响受到了人们广泛的重视,开展了大量的研究工作。

现有的土层地震反应分析方法有波动法、集中质量法等。本文计算所使用的是目前我国地震安全性评价和地震小区划研究工作中广泛采用的一维波动理论等效线性化解法。多数情况下,工程场地土层的力学性质在横向的变化较之沿深度的变化为小,在估算土层地震反应时通常先予考虑土体和岩石力学性质沿深度的变化;同时,通常在计算地震反应时假定地震输入是竖直向上的剪切波,因此,土层地震反应问题通常简化为一维波动问题。

设备直接安装在地坑底面上运行时,采用人工合成地震波进行考核。(图1)作为由基岩向上入射的地震波,选择III类场地作为研究对象。所有计算土层结构均为13层,场地覆盖层厚度取110m。文中软弱土层指剪切波速小于140m/s的土层。土层结构按软弱土层的不同位置划分为在底部、顶部和中部三种情况,其确定方法为:底部为倒数第二、三层,顶部为第一、二层,中部为底部和顶部之间的其他各层。构造不含软弱土层的正常剖面时,只将其中软弱土层换为非软弱土层。(如表1)调整软土

*王宁伟:教授,博士生导师,任教于沈阳建筑大学研究生院岩土方向。

焉 振:就读于沈阳建筑大学研究生院防灾减灾工程及防护工程专业,导师:王宁伟。