

厦门市地震次生地质灾害防治及农村房屋、学校建筑抗震防灾分析

蔡志灵

厦门大学

学校编码: 10384

学号: 25320071152197

分类号 _____ 密级 _____

UDC _____

厦门大学

硕士学位论文

厦门市地震次生地质灾害防治及农村房屋、学校建筑抗震防灾分析

Prevention for Seismic Secondary Geological Disasters and Aseismic Analysis for Rural and School Buildings in Xiamen City

蔡志灵

指导教师姓名: 林树枝 教授

张鹏程 副教授

专业名称: 结构工程

论文提交日期: 2010年5月

论文答辩日期: 2010年6月

学位授予日期: 2010年 月

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2010年5月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。
本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

厦门大学博硕

摘 要

2008年5月12日,我国四川省汶川县发生里氏8.0级特大地震。此次大地震造成了大量的房屋破坏,农村房屋的破坏最为严重。农村房屋抗震能力低下、抗震措施不足是最主要的原因。学校建筑在这次地震中也受到不同程度的破坏,作为公共性建筑和避难场所,这样的破坏会造成很大的损失,其根本的原因是学校建筑结构体系的缺陷。除了以上两种原生灾害外,地震次生地质灾害所带来的破坏也极为严重。

地质情况不佳、农村房屋抗震性能差、学校在役建筑抗震能力低恰恰是厦门地区存在的抗震薄弱环节,如果地震来临,也将遭受严重的破坏,厦门市这几个方面的系统研究还比较少,为此,本文针对这三个方面做了深入的研究和探讨。

本文首先分析了地震次生地质灾害的类型及其特征,借鉴汶川地震中次生地质灾害的研究成果,着重探讨厦门地区所存在的不良地质问题,以地质条件为客观依据,针对不良的地质作用,研究了防御地震次生地质灾害的方法,提出了相应的改造措施。

其次,分析了地震中农村生土结构、木结构、石结构、砖木结构、砖混结构以及底部框架结构房屋的震害。对厦门地区农村房屋结构类型进行统计,并就两种典型的结构,指出抗震设防中存在的问题并提出提高抗震能力的措施。

最后,通过研究学校建筑震害,从各个方面分析震害原因。介绍现行的四种抗震鉴定方法,以厦门某在役学校建筑为例进行抗震鉴定,得出对学校建筑的抗震性能评估及鉴定结果。该结果可以为厦门市中小学建筑后期加固提供依据。

关键词: 次生地质灾害 农村房屋 学校建筑 防灾

ABSTRACT

A destructive earthquake with the seismic magnitude of 8.0 degree occurred in May 12 2008, known as Wenchuan earthquake in Sichuan Province. This severe earthquake led to the collapse and severe damage to huge numbers of buildings, especially the rural houses. The main reason is lower seismic defence capacity and deficient seismic measures. As a public building and evacuee shelter, school buildings were also destroyed in this earthquake, which led to harrowing loss. The fundamental reason is weakness of structural system of school buildings. Except two original disasters, secondary geological disasters induced by earthquake were also with serious damage.

Bad geological condition and lower seismic capacity of rural and school buildings exist in Ximen area, which would cause severe damage once earthquake came. This three aspects are studied and discussed in this paper.

Firstly, the type and characteristic of secondary geological disasters are analysed in this paper. Bad geological problem of Xiamen is discussed mainly, drawing lessons from secondary geological disasters in Wenchuan Earthquake. Prevention for secondary geological disasters and modification measures are researched based on geological condition.

Secondly, seismic damage of rural houses is analysed, including raw-soil and timber structure, stone structure, brick-wood structure, masonry structure, bottom frame structure. The structure types of rural houses in Xiamen area are stated in this paper. For typical structure, problems existing in the aseismic fortification of rural houses and measures for improving seismic capacity are presented.

Lastly, reasons for seismic damage are analysed through research on seismic damage of school buildings. Four current seismic evaluation methods are introduced. And then seismic evaluation result is obtained, which can provide the basic principle for strengthening.

Key Words: secondary geological disasters; rural houses; school buildings; disaster prevention

目 录

第一章 绪论	1
1.1 选题的背景及研究意义	1
1.2 国内外防灾现状	2
1.2.1 地震次生地质灾害防治现状	2
1.2.2 农村房屋抗震防灾现状	2
1.2.3 学校建筑抗震防灾现状	5
1.3 论文主要内容和章节安排	8
第二章 厦门地区地震次生地质灾害防御情况研究	10
2.1 地震次生地质灾害分析	10
2.1.1 引言	10
2.1.2 地震次生地质灾害的主要类型和特征	11
2.1.3 汶川地震中的次生地质灾害分析	13
2.2 厦门地区地震次生地质灾害防御情况研究	17
2.2.1 引言	17
2.2.2 厦门市地质条件及适宜性评价	17
2.2.3 厦门市不良地质作用及适宜性评价	26
2.2.4 地震次生地质灾害防御、改造措施	31
2.3 本章小结	33
第三章 厦门地区农村房屋抗震研究	34
3.1 前言	34
3.2 地震中农村房屋震害分析	35

3.2.1 生土结构与木结构房屋	35
3.2.2 石结构房屋	36
3.2.3 砖木结构房屋	36
3.2.4 砖混结构房屋	37
3.2.5 底部框架结构房屋	38
3.3 厦门地区农村房屋抗震研究	38
3.3.1 农村房屋结构类型分布	38
3.3.2 砖混结构、石结构房屋在抗震设防中存在的问题	40
3.3.3 其他方面的问题	48
3.4 提高农村房屋抗震能力的措施	49
3.4.1 砖混结构房屋	49
3.4.2 石结构房屋	50
3.4.3 底部框架结构房屋	51
3.5 本章小结	51
第四章 厦门地区中小学校建筑抗震性能评估与鉴定	52
4.1 概述	52
4.2 中小学建筑主要结构形式及震害分析	53
4.2.1 中小学建筑的结构形式	53
4.2.2 中小学建筑主要震害特征	56
4.2.3 震害原因	60
4.3 现行抗震性能评估与鉴定方法介绍	65
4.3.1 基于力与基于位移的抗震鉴定方法	65

4.3.2 基于现行抗震鉴定标准的抗震鉴定方法·····	67
4.3.3 基于反应谱分析的抗震鉴定方法·····	69
4.3.4 基于静力非线性分析的抗震鉴定方法·····	69
4.4 厦门中小学框架结构实例抗震性能评估与鉴定·····	72
4.4.1 典型框架结构的工程概况·····	72
4.4.2 基于现行抗震鉴定标准的抗震鉴定·····	73
4.4.3 基于反应谱分析的抗震鉴定·····	79
4.4.4 基于静力非线性分析的抗震鉴定·····	83
4.5 本章小结·····	90
第五章 论文总结与展望·····	91
5.1 论文总结·····	91
5.2 下一步工作展望·····	91
参考文献·····	93
致 谢·····	97
攻读硕士学位期间发表的论文和参加的科研及工程项目·····	98

CONTENTS

Chapter 1 Preface	1
1.1 Research background of this paper	1
1.2 Disaster prevention status at home and abroad	2
1.2.1 Prevention status of seismic secondary geological disasters	2
1.2.2 Disaster prevention status of rural houses	2
1.2.3 Disaster prevention status of school buildings	5
1.3 Main work and chapter arrangement of this paper	8
Chapter 2 Research on prevention situation of seismic secondary geological disasters in Xiamen area	10
2.1 Analysis for seismic secondary geological disasters	10
2.1.1 Introduction	10
2.1.2 Main type and characteristic of seismic secondary geological disasters ..	11
2.1.3 Analysis for secondary geological disasters in Wenchuan Earthquake ..	13
2.2 Research on prevention situation of seismic secondary geological disasters in Xiamen area	17
2.2.1 Introduction	17
2.2.2 Geological condition and suitability evaluation of Xiamen city	17
2.2.3 Bad geological process and suitability evaluation of Xiamen city	26
2.2.4 Prevention and improvement of seismic secondary geological disasters ..	31
2.3 Summary	33
Chapter 3 Aseismic research on rural houses in Xiamen area	34
3.1 Introduction	34

3.2 Analysis for seismic damage of rural houses	35
3.2.1 Raw-soil and timber structure houses	35
3.2.2 Stone structure houses	36
3.2.3 Brick-wood structure houses	36
3.2.4 Masonry structure houses	37
3.2.5 Bottom frame structure houses	38
3.3 Aseismic research on rural houses in Xiamen area	38
3.3.1 Structure type distribution of rural houses	38
3.3.2 Problems existing in the aseismic fortification of rural houses	40
3.3.3 Other problems	48
3.4 Measures for improving seismic capacity of rural houses	49
3.4.1 Masonry structure houses	49
3.4.2 Stone structure houses	50
3.4.3 Bottom frame structure houses	51
3.5 Summary	51
Chapter 4 Seismic capacity evaluation of school buildings in Xiamen city	52
4.1 Introduction	52
4.2 Analysis for structure types and seismic damage of school buildings	53
4.2.1 Structure types of school buildings	53
4.2.2 Main seismic damage characteristic of school buildings	56
4.2.3 Reasons for seismic damage	60

4.3 Introduction to the current methods of seismic capacity evaluation ····	65
4.3.1 The method of seismic capacity evaluation based on force and displacement ·····	65
4.3.2 The method of seismic capacity evaluation based on Standard for seismic appraiser of building ·····	67
4.3.3 The method of seismic capacity evaluation based on response spectrum analysis·····	69
4.3.4 The method of seismic capacity evaluation based on static nonlinear analysis·····	69
4.4 Seismic capacity evaluation of frame structure of school building example in Xiamen ·····	72
4.4.1 Engineering situation of typical frame structure ·····	72
4.4.2 Seismic evaluation based on Standard for seismic appraiser of building ·	73
4.4.3 Seismic evaluation based on response spectrum analysis ·····	79
4.4.4 Seismic evaluation based on static nonlinear analysis·····	83
4.5 Summary ·····	90
Chapter 5 Conclusions and issues for further study ·····	91
5.1 Conclusions of this paper ·····	91
5.2 Important issues for further study ·····	91
References ·····	93
Acknowledgements ·····	97
List of published papers and joined scientific research items ·····	98

第一章 绪论

1.1 选题的背景及研究意义

2008年5月12日14时28分,我国四川省汶川县发生里氏8.0级特大地震,造成6.9万余人死亡,1.8万余人失踪,37万余人受伤,举世震惊。这是距1976年唐山大地震32年之后,发生在我国的又一次毁灭性地震,造成了巨大的损失。灾难发生之后,在党政府的领导下,全国人民万众一心,开展了一场抗震救灾、重建家园的坚强斗争。

汶川地震过后,本文作者赶赴灾区现场进行调研,走访了彭州、都江堰等受灾较严重的地区,对地震次生地质灾害、农村房屋、学校建筑进行抗震调研,获得了第一手震害资料,这些资料丰富了本文的写作。

汶川地震发生在四川西部青藏高原东缘的高山峡谷地区,山高谷深、地质条件复杂、断裂构造发育,使得倾斜岩土体松动破碎,在地震作用下直接引发了大量的崩塌、滑坡、泥石流、堰塞湖等次生地质灾害,对山区的城镇、村庄以及各种交通设施、水利水电设施、通讯设施、旅游风景等造成了严重的破坏,特别是灾区的道路系统受到破坏,给灾区救援和灾后重建带来极大的困难。

在正常情况下发生火灾、水灾、瘟疫等自然灾害,由于城市的防灾实力强,可以较为迅速有序地得到控制,而由地震引发的次生灾害包括次生地质灾害、次生火灾、水灾、瘟疫等,救灾是在震后城市机能濒于消失的极其混乱困难的情况下进行的,城市的防灾能力便显得脆弱、不堪一击;又因为一些灾情会连续升级并迅速向周边地区辐射,因此城市往往是地震次生灾害的重灾区和释放地,其社会影响远远超出村镇和不发达地区。

除了次生灾害,原生灾害中破坏较严重的是农村房屋和中小学校建筑。汶川大地震中,农村房屋首当其冲,遭受到极其严重的破坏,这主要是由于农民抗震意识薄弱,建设的房屋大都不符合抗震规范的要求,有些甚至连最基本的抗震措施都没有。其次,学校建筑在这次地震中也受到不同程度的破坏,作为公共性建筑和避难场所,这样的破坏会带来很大的人员伤亡,最根本的原因是学校建筑结构体系上的缺陷。

地质情况不佳、农村房屋抗震性能差、学校在役建筑抗震能力低恰恰是厦门地区存在的抗震薄弱环节，如果地震来临，也将遭受严重的破坏，且厦门市在这方面系统的研究还比较少，因此，本文将针对这三个方面做初步研究，从一些已有的震害破坏事例入手，分析产生这些破坏的原因，努力提出可行的改善措施和加固方法，可以为政府做城市的规划选址提供依据，为农村建房提供有效的抗震措施参考，为学校建筑的后期加固提供研究依据。

1.2 国内外防灾现状

1.2.1 地震次生地质灾害防治现状

国内外在做城市规划的时候，要考虑到地震可能引发的一系列次生地质灾害。20世纪70年代左右，美国首先对加州的地震、滑坡等10种地质灾害进行了风险评估。该项工作于1969年由土地保护部提出，由该部的矿山地质处执行；从1970年7月1日至1973年6月30日，分三个阶段完成。研究内容包括：区域内现实和潜在的城市发展与地质环境冲突的识别；政府和私人部门责任的评判；建议优先项目及立法和组织要求，将最终项目报告作为州和地方政府以及私人部门决策的基础。通过该项研究，得出1970-2000年加州10种地质灾害可能造成的损失为550亿美元；如果采取有效的防治办法，生命伤亡可减少90%，经济损失也可明显减少。

国内这方面工作相对滞后，除了一些大城市比如北京、上海有做城市地震次生灾害防治规划外，大部分地区均缺少此方面内容的研究，相信随着我国城市化进程的不断加快，对地震次生地质灾害的防治规划也会进一步得到重视起来。

1.2.2 农村房屋抗震防灾现状

1.2.2.1 国外防灾现状

国外村镇居民地震防灾研究大体有三类^[1]。一类是发达国家，特别是美国和日本的居民地震安全工作措施。这些国家经济发达，抗震科技水平领先，其农村房屋抗震措施相对来说投入大、管理严格，工作机制也比较完善。第二类是拉丁

美洲和亚洲土耳其等多地震中等发达国家的民居地震安全推进方式,这些国家因为地震灾害频繁,地震安全工作是其基本的社会公共安全和社会经济发展工作之一。他们对村镇抗震减灾工作重视,并根据各自的经济实力,以有效的方式普遍推进村镇地震安全工作。第三类是印度、尼泊尔等亚洲和非洲多地震而经济欠发达国家的推进方式。这些国家限于社会经济发展水平,基本上没有大规模推进民居地震安全工作,而是采用有重点和优先适度推进的方式。

美国的村镇抗震减灾方式以法制建设、税收刺激和地震保险为主。在法制方面,美国联邦和各州的房屋产权和交易法律都明确要求在进行房产交易时,原房主必须准确全面地说明房产所在地区的地震危险性、房屋的抗震水平以及是否有地震保险。这样,就迫使在地震危险区的房屋产权人考虑建设选址、抗震设计以及地震保险。在税收方面,主要是对进行过抗震加固和依照抗震规范建造的民居进行税收优惠。在美国新建或者出售住房时,都要交纳一定的房产税。一些法律规定,如果该房屋是按照抗震标准建设或者做了抗震加固,房屋产权人可以申请税收减免。另一个办法就是地震保险。美国的加州法律要求所有房产保险商必须提供地震保险,其保费基本上是在房屋财产保险的基础上打一定的折扣。法律规定,所有保险商都必须告诉被保险人其房屋经过抗震加固或者满足建筑抗震规范时的折扣优惠。而对于那些没有进行抗震加固和不满足建筑抗震规定的房产,保险公司有权提高保费。如果住房完全经过抗震加固,那么 1 万美元的保费可以得到地震后重新维修和修建房产达到目前水平的赔偿。

日本是一个多地震国家,几乎每隔几年就会有一次强烈地震。但是,自从东京大地震以后,日本在地震中的伤亡人数却鲜有万人以上。日本是最早进行地震工程研究的国家,也是村镇民居地震安全工作较好的国家。但是,直到今天日本农村地区还存在相当数量的传统木结构房屋。对日本人来说,这些房屋是日本文化的象征,也是乡村生活的体现。但是,相对而言,修建较早的此类房屋由于缺乏抗震设计或者抗震设计标准较低导致其抗震能力较差,地震中容易发生火灾等次生灾害。于是,上个世纪 90 年代以来,日本政府通过对修建较早的木结构房屋给予一定比例的补贴来鼓励居民进行木结构民房抗震。先由政府聘请的经过专门训练的技术人员鉴定每栋木结构民房的抗震性能,确定需要加固的级别,然后根据相应级别提出抗震加固要求并由政府给予相应补助。经过数年完成这一工作

后，日本农村地区民房抗震能力有了很大的提高^[2]。

总的来说，美日两国将村镇民房地震安全问题直接纳入国家管理之内，主要通过强制性法规、地震保险、税收等来推行此项工作的实施。相对而言，美国更重视依靠市场机制来激励居民进行民房抗震设计和抗震加固，政府的直接投资和行政干预都比较少；而日本由于地震灾害比美国严重，加上其社会机制的差异，政府直接投资和行政干预比较多。在日本凡是农村居民地震安全的主要问题，都通过政府主导的方式推进，既有以国家补贴形式的激励措施，又有一些规范性建设法规^[3]。

拉丁美洲国家推民居地震安全工作的主要手段是：（1）进行符合当地气候、文化和经济条件的民居抗震技术研究；（2）通过政府补贴形式，激励居民提高抗震能力；（3）适度推进村镇抗震规划，特别对于新建村镇，一般都要符合一定抗震标准。

目前在非洲对民房抗震技术研究有所重视的是阿尔及利亚、摩洛哥等北非国家。但总的研究水平不高，除了在震后灾区重建外，实施推广也没多大的成效。然而，受经济发展水平的限制，多数发展中国家尚未将农村民房建设纳入国家规范管理，对民房抗震技术推广应用进展较慢，民房抗震能力仍普遍低下。

1.2.2.2 国内防灾现状

由于受我国经济的限制，一些城镇建设比较落后。因此抗震工作重点和难点在村镇，其主要原因是：

（1）村镇地区的经济发展较落后，贫困人口多，导致建筑经费不够充足。

（2）村镇住户建设以自建为主。通常是由当地的建筑工匠，根据居民的济状况和要求，按照当地的传统习惯建造的。其特点是结构简单，格调基本一致，造价低廉，易于就地取材，房屋的结构型式和建筑风格表现出明显的地域性并且房屋结构设计不合理和工程防震科学技术含量低，质量差。一些房屋根本没有抗震措施，这也是地震造成死亡人数多的主要原因。

（3）村镇地区缺少必要的建材。在汶川灾区农村普遍采用木材、土坯、石、砖、甚至砂子等房屋主体建筑材料，而缺乏抗震能力较好的混凝土、钢筋等主体建筑材料。

(4) 村镇地区建房缺乏技术人员的指导, 再加上居民普遍缺乏防震减灾意识和传统的不良习惯, 致使村镇房屋存在许多防震隐患。

上述问题是导致新建农村房屋抗震能力不足的主要原因。当遭遇大的地震时, 房屋破坏较为严重, 给农民带来了一定的经济损失。而我国抗震研究基本上是针对城市来说的, 对农村建筑没有明确的抗震规范和要求, 尤其是在地震高发区^[4]。

根据经济情况的不同, 目前我国村镇房屋抗震状况大致可以分为三类^[5]: 第一类是经济高度发达地区, 房屋为别墅式建筑。第二类是经济中等地区, 房屋以平房为主, 主要为粘土砖墙。第三类为山区和边远贫困地区, 其结构形式多为生土墙体承重房屋(土坯墙房屋、夯土墙房屋、土窑洞)、砖土混合承重房屋(砖柱土山墙)等。第一类房屋有统一的规划, 部分有设计图纸, 在一定程度上考虑了抗震设防; 但是仍然存在建筑布置不合理, 震后应急处理措施不完善等现象。第二类房屋基本上未考虑抗震设防, 老办法传抄, 数量最大, 居住的人口也最多, 也是抗震设防的最需注意的环节。第三类房屋无论是概念设计, 还是构造要求等均不能满足抗震要求。

由于我国抗震设计规范的不断更新、修订以及各地区抗震设防水平的不同, 导致现有房屋的抗震性能存在较大的差异。目前我国有很多省、市及自治区已经推广了一些符合抗震设防要求的民居工程建筑设计图集, 并且各个地区的建设部门根据我国农村地区现状, 也组织编制了一些《农村房屋抗震技术规程》。一些省、市还对村镇广泛采用的砖混结构房屋进行了抗震性能调查研究^[6]。

1.2.3 学校建筑抗震防灾现状

1.2.3.1 日本、美国防灾现状^[7]

(1) 日本:

位于亚洲东北部的日本, 自古以来就是一个地震多发的国家, 由此带来的毁灭性灾难令人震撼, 一次又一次的惨痛教训, 使日本人逐渐形成了防震抗震的意识和观念, 不仅建立起一套较为完善的灾害预防、灾害应急和灾后重建等灾害对策体制和综合防灾技术体系, 而且建成了具有世界先进水平的由政府、社会团体、个人组成的全社会的防灾体系。其中, 学校防灾在日本的防灾体系中扮演着重要

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

廈門大學博碩