

学校编码: 10384 分类号_密级

学号: 25320141151795 UDC

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

中烈度高风压地区高层隔震建筑结构力学分析研究

Study On Structure Mechanics Analysis Of High - rise Isolated
Buildings In Moderate Earthquake Intensity And High Wind
Pressure Area

廖才振

指导教师姓名: 张建国副教授

专 业 名 称: 建筑与土木工程

论文提交日期: 2017 年 04 月 20 日

论文答辩时间: 2017 年 05 月 23 日

学位授予日期: 2017 年 06 月

答辩委员会主席:

评阅人:

200 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈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其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

隔震建筑经历了实际地震的考验，表现出了优良的减震性能；目前，人们对于高层隔震建筑的减震原理并未清晰，高层隔震建筑也存在结构倾覆稳定的问题，隔震技术并未广泛的应用于高层建筑中。高层隔震建筑在减震与抗风方面对隔震层刚度的要求存在矛盾之处，结构减震效应与风控的均衡，尤其是中烈度高风压地区，是个很有研究价值的课题。

本文对高层隔震建筑隔震层的设计展开了详细的介绍，输入三维地震波，验算了本文研究案例隔震层设计的可行性。从模态分析与反应谱分析的角度，研究了高层隔震建筑的减震原理；分析了高层隔震建筑在设防烈度为 7 度（0.15g）多遇地震与罕遇地震作用下，结构的减震效果并进行了两者之间的比较。采用谐波叠加法，使用 MATLAB 编程，数值模拟了高层建筑各楼层以 0.1s 为步长，存盘 6000 步，时达 600s 的风荷载数据。施加风荷载于结构模型各个节点上，验算了高层隔震建筑在 50 年一遇风荷载作用下，隔震层的变形值、支座的破损情况、结构整体的倾覆稳定性；研究了高层隔震建筑在 10 年、50 年一遇风荷载作用下，结构的风振响应，以及建筑的住房舒适度。

经过研究发现，高层隔震建筑在具有第一振型减震效应的同时，抑制了高阶振型参与结构的地震响应，是高层隔震建筑具有优良减震性能的原因所在；高层建筑隔震后结构的减震性能优良，隔震层的变形较大。高层隔震建筑在 50 年一遇风荷载作用下，隔震层的变形在有效变形范围内，隔震支座未出现破坏，结构整体稳定性良好；在 10 年一遇风荷载作用下，高层隔震建筑的住房舒适度能满足规范要求；高层隔震建筑对横风荷载比顺风荷载更为敏感，随着风压的增大，高层隔震建筑的横风向风振响应增幅更为显著。

关键词：高层建筑；隔震；地震；风荷载。

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

Isolated buildings are to be isolated effectively from earthquake-induced motions. In fact, the principle of shock absorption of high-rise isolated buildings are not clear and high-rise isolated structure also are poor of overturning stability, So seismic isolation systems have not been adopted in high-rise buildings widely. There are a contradiction between in shock absorption and wind resistance of high-rise isolated buildings. It is a worthy issue of studying the balance of damping effect and wind control in high-rise isolated buildings, especially in the medium-intensity and high-pressure area.

In this paper, the design of the isolation layer of the high-rise isolated buildings are introduced in detail. The feasibility of the isolation layer design is verified by the time history analysis method with inputting the three-dimensional seismic wave. From the perspective of modal analysis and response spectrum analysis, the principle of shock absorption of high-rise isolated buildings are studied. The shock-absorbing effect of the high-rise isolated buildings in the event of the fortification intensity of 7 degrees (0.15g) earthquake occurred more frequently and in the event of the fortification intensity of 7 degrees (0.15g) rare earthquake are studied, and compares the two. Using the harmonic superposition method, using MATLAB programming, numerical simulation of the high-rise buildings on the floor of the wind and wind direction to 0.1s time, save 6000 steps, up to 600s wind load data. The wind load is applied to each node of the structural model, and the deformation of the isolation layer, the damage of the isolation bearing and the overturning stability of the whole structure of the high-rise building in the event of a 50-year earthquake were examined. In the event of a 10-year, 50-year wind load, the wind-induced response of the structure, as well as the comfort of the high-rise building is studied.

It is found that the high-rise isolated buildings has the best first vibration-damping effect, and suppresses the seismic response of the high - order modes involved in the structure. This is the reason why high-rise isolated buildings has excellent damping performance. The seismic performance of the high-rise building after isolation is excellent, and the deformation of the isolation layer is large. In the event of strong winds, the deformation of the isolation layer is within the effective deformation range, the isolation bearing is not damaged, the overall stability of the structure is good. In the event of a 10-year wind loads, the comfort of the high-rise isolated buildings can meet the requirements. Across-wind loads are more sensitive than along-wind loads, and across-wind structural response increases even more as the wind pressure increases.

Keywords: high-rise buildings; isolation; earthquake; wind loading.

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目录

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 研究背景	4
1.3 研究意义	5
1.4 国内外研究现状	6
1.4.1 国内研究现状	6
1.4.2 国外研究现状	7
1.5 论文内容	8
第二章 隔震层的设计	9
2.1 引言	9
2.2 隔震支座的力学模型	9
2.3 隔震结构适用范围	10
2.4 隔震支座的布置与选择	11
2.5 本文研究对象	14
2.6 本章小结	18
第三章 高层隔震结构的地震反应	19
3.1 引言	19
3.2 隔震结构的动力方程	19
3.2.1 计算方法的选择	19
3.2.2 结构模型的建立	19
3.3 地震波	20
3.4 隔震层设计验算	21
3.4.1 多遇地震下层间剪力比	21
3.4.2 罕遇地震下支座变形	23
3.4.3 罕遇地震下支座拉拔性	25
3.4.4 罕遇地震下结构倾覆性	26
3.5 地震响应分析	27
3.5.1 模态分析	27
3.5.2 反应谱分析	28
3.5.3 位移反应	32
3.5.4 加速度反应	35
3.5.5 层间位移角	36
3.6 罕遇地震下结构分析	38
3.6.1 顶层加速度反应	39
3.6.2 最大层间剪力比	39
3.6.3 最大层间位移角	40
3.7 本章小结	41
第四章 脉动风的数值模拟	43

4.1 风的概述	43
4.2 结构风工程的一些参数	43
4.2.1 基本风速	43
4.2.2 基本风压	43
4.2.3 地貌类型	44
4.2.4 风剖面	44
4.2.5 风荷载体型系数	45
4.2.6 风压高度变化系数	45
4.2.7 平均风荷载	45
4.2.8 脉动风特性	45
4.3 结构风工程的研究方法	46
4.4 数值模拟	48
4.4.1 顺风向脉动风荷载的数值模拟	48
4.4.2 横风荷载的数值模拟	52
4.5 本章小结	55
第五章 高层隔震结构的风振响应	57
5.1 引言	57
5.2 风荷载输入	57
5.3 隔震结构验算	57
5.3.1 长边迎风时隔震结构验算	57
5.3.2 短边迎风时隔震结构验算	60
5.4 长边迎风时结构风振响应	62
5.4.1 加速度响应	62
5.4.2 位移响应	64
5.5 短边迎风时结构风振响应	67
5.5.1 加速度响应	67
5.5.2 位移响应	69
5.6 本章小结	72
第六章 总结与展望	73
6.1 结论	73
6.2 展望	73
参考文献	75
致谢	79

Content

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Introduction.....	1
1.2 Research background	4
1.3 Research significance.....	5
1.4 Research Status at Home and Abroad	6
1.4.1 Status of domestic research.....	6
1.4.2 Status of foreign research.....	7
1.5 Contents of the paper	8
Chapter 2 Design of the isolation layer.....	9
2.1 Introduction.....	9
2.2 Mechanical Model of Isolated Bearing	9
2.3 The scope of seismic isolation structure.....	10
2.4 Arrangement and selection of isolation bearing.....	11
2.5 The object of this study.....	14
2.6 Summary of this chapter	18
Chapter 3 Seismic response of high - rise isolated structures	19
3.1 Introduction.....	19
3.2 The dynamic equation of the isolated structure.....	19
3.2.1 Selection of calculation methods	19
3.2.2 Construction of structural mechanics model.....	19
3.3 Seismic waves	20
3.4 Checking the isolation layer design	21
3.4.1 Inter-level shear ratio under frequent earthquake	21
3.4.2 Deformation of isolation bearing under rare earthquakes.....	23
3.4.3 Pulling capacity of seismic isolation under rare earthquakes	25
3.4.4 Shrinkage of Isolated Structures under Rare Earthquake	26
3.5 Analysis of seismic response.....	27
3.5.1 Modal analysis	27
3.5.2 Response spectrum analysis.....	28
3.5.3 Displacement Reactions.....	32
3.5.4 Acceleration response	35
3.5.5 Interlayer displacement angle	36
3.6 Structural analysis under rare earthquakes.....	38
3.6.1 Top-level acceleration response	39
3.6.2 Maximum interlayer shear ratio.....	39
3.6.3 Maximum interlayer displacement angle.....	40
3.7 Summary of this chapter	41
Chapter 4 Numerical simulation of fluctuating wind.....	43

4.1 Overview of the Wind	43
4.2 Some parameters of structural wind engineering	43
4.2.1 Basic wind speed	43
4.2.2 Basic air pressure	43
4.2.3 Types of landforms	44
4.2.4 Wind profile	44
4.2.5 Wind load body coefficient	45
4.2.6 Wind pressure height variation coefficient	45
4.2.7 Average wind load.....	45
4.2.8 fluctuating wind characteristics	45
4.3 Research Methods of Structural Wind Engineering	46
4.4 Numerical simulation of wind load	48
4.4.1 Numerical simulation of fluctuating wind load in the along-wind direction	48
4.4.2 Numerical Simulation of wind load in the across-wind direction	52
4.5 Summary of this chapter	55
Chapter 5 Wind response of high - rise isolated structures	57
5.1 Introduction	57
5.2 Wind load inputting	57
5.3 Checking the isolated structure	57
5.3.1 Checking of seismic isolation structure with long - edge windward....	57
5.3.2 Checking of seismic isolation structure with short - edge windward...	60
5.4 Wind response of isolated structure with long - edge windward	62
5.4.1 Acceleration response	62
5.4.2 Displacement response	64
5.5 Wind response of isolated structure with short - edge windward	67
5.5.1 Acceleration response	67
5.5.2 Displacement response	69
5.6 Summary of this chapter	72
Chapter 6 Summary and Outlook	73
6.1 Conclusion	73
6.2 Prospects	73
Reference	75
Acknowledgment	79

第一章 绪论

1.1 引言

每一年在地球上发生的地震大概有 500 万次,其中震级超过 7 级的地震就有 18-19 次之多^[1]。建筑结构在一定程度上可以抵抗住小震的侵扰,却常常难以抵抗中震、罕遇地震的作用。上世纪 70 年代,我国唐山发生了能量等级相当于 400 颗原子弹同时爆炸所释放能量的特大型地震,震级达到了 7.8 级,242769 同胞遇难,164851 同胞重伤,造成的损失折合成那时期人民币高达 30 亿元^[2]。此次地震的发生使得唐山这座曾经繁华的城市一下子夷成废墟,所创造的社会财富瞬间消失。在经历了唐山大地震之后,5.12 特大地震再次痛击中国,并在以后两天的时间里发生了 3345 次余震,其中最大的余震强度达到了里氏 6.1 级^[3]。四川汶川地震中,确认有 69277 名同胞罹难,374643 名同胞受伤,受灾面积至少达到 6.5 万平方公里,受灾乡镇达到 1061 个,直接受灾人口达 1000 万^[4]。地震强大的瞬间冲击力摧毁了建筑结构,是造成财物损失以及人员伤亡的直接原因。大震过后的建筑结构如图 1-1 所示。



秦永乐、汶川地震照片、2009-08-03

袁满、中国网、2008-05-15

潘东、新浪读书、2011-03-16

图 1-1 地震对结构造成的破坏

随着科学技术的进步,有关建筑结构的抗震设计理论也在不断地发展与完善。在 20 世纪 10~40 年代,人们提出了静力理论,把地震对建筑结构的作用力等效于建筑结构自重多少倍的静力,在设计上简单、粗略地考虑地震对结构的作用力,未考虑地震和结构本身的动力性。继而,在 20 世纪 40~60 年代,人们提出了反应谱理论,考虑了地震的动力性和结构自身的动力性,认识到不同自振周期的结构在相同的地震作用下具有不同的地震响应。反应谱理论的提出,人们就能较为准确地设计出不同自振周期结构的地震作用力。20 世纪 70~80 年代,随

着计算机技术的发展,人们提出了动力理论,可以全过程地计算出结构的地震反应,对于了解结构的地震响应有了突出的帮助。上世纪 80 年代末已经有学者提出了基于结构性态的抗震设计概念。在实践和不断摸索中,人们认识了地震以及结构自身的动力性,也在不断地完善并且延伸结构抗震设计。

飓风所携带的能量没有地震大,但是飓风对建筑结构有空间立体的分布作用,累计起来对建筑结构的作用效应也不容忽视;特别对于那些高耸的建筑,风速随着建筑高度呈现指数的增长,建筑结构的顶部所受的来自于风的荷载也随着高度的增大在增大,风荷载已经成为该部分建筑设计时最主要的设计荷载。风干扰建筑的次数比地震多,一场大风给人们带来的危害也极为严重。1973 年,发生在中国海南的 7314 号台风最大风力达到 17 级,侵袭 10 多个县,一半以上的树木被风吹断,15 万个家庭的房屋被吹毁,900 多人丧失生命^[5]。发生于 1977 年的印度安得拉邦强台风,致使 47 多万幢房屋倒塌,5 万人丧失生命,300 多万人无处居住^[5]。最近发生的“莫兰蒂”袭击了自己学校所在的城市厦门,亲身体会到了台风的威力及风灾过后给人们带来的损失。此次台风的中心风力达 15 级,最大阵风达 17 级,这是自新中国成立以来福建省境内遭遇的最大台风^[6];住在室内的人们感觉房子明显在晃动,居住在高层上的人们都躲到地下室,给人们造成了极大的恐惧心理。台风过后,据政府有关部门的统计,厦门 65 万株树木倒伏,17907 间房屋破坏,10.5 万亩农作物面积受灾^[7]。建筑的窗户玻璃被吹碎,信号塔被吹扭而倒;厦门全市大范围地停水、停电,造成的直接经济损失是 102 亿^[7]。在“莫兰蒂”刚刚袭击厦门之后,“鲇鱼”于 2016 年 9 月 27 日下午 2:00 在台湾花莲市登陆,阵风达 16 级;狂风过后,4 人死亡,268 人受伤,多处电线杆损坏,近 300 万户停电^[8]。图 1-2 展现了“莫兰蒂”台风造成的破坏现象。



新华社、2016-09-18



新华社、2016-09-18



东方网、2016-09-16

图 1-2 莫兰蒂台风过后的厦门

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.

厦门大学博硕士学位论文摘要库