

学校编码: 10384

密级_____

学号: 25320111151721

廈門大學

硕 士 学 位 论 文

某超限高层框架—核心筒结构设计中若干
问题研究

**Research On Several Design Problem In A Super-High-Rise
Frame – Corewall Building**

陈 涛

指导教师姓名: 石建光 教授

专 业 名 称: 建筑与土木工程

论文提交日期: 2014 年 4 月

论文答辩时间: 2014 年 5 月

学位授予日期: 2014 年 月

2014 年 4 月

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

摘要

随着我国经济和房地产业的持续蓬勃发展,超高层建筑在各大城市中越来越多。随着建筑物高度的不断上升,结构种类也越来越复杂。由于超限高层的复杂性,不论从结构整体,还是结构构件上,超限高层结构的设计难度远大于比一般高层结构,在设计过程中有许多特殊的问题需要处理。如何解决在超限高层结构设计过程中遇到的特殊问题是结构工程师的首要任务。

本文以福建省龙岩市一个超限高层框架—核心筒结构为对象,在对该工程进行结构设计分析时,主要解决了以下三个问题:

(1) 根据业主要求做了初步结构设计后,发现本工程属于 B 级高度超限建筑工程,平面内扭转不规则,竖向上刚度突变,且含有结构薄弱层。分别对其进行“小震”、“中震”和“大震”下的抗震性能分析,最终的结果不仅满足相关规范要求,也满足了抗震性能的设计目标。

(2) 根据规范不同软件计算要求,运用目前国内常用的几种建筑结构设计软件(SATWE、PMSAP、YJK 和 MIDAS)计算分析后发现各个软件剪力墙构件的计算内力结果并不一致,甚至区别较大。对不同软件中剪力墙的计算结果进行分析对比后,通过一个定性判断方法对本工程的剪力墙构件计算结果采用了合理取值。

(3) 剪力墙是超限高层中最主要的抗侧力构件。剪力墙构件的性能会由于轴压比、纵筋配筋率、箍筋体积配箍率甚至边缘构件等的不同而有差异。常用的建筑结构设计软件没有具体考虑到这些因素的影响。应用有限元非线性软件 ABAQUS 对剪力墙构件进行性能分析,研究了轴压比、配筋率、箍筋体积配箍率、边缘构件对剪力墙性能的影响,对本工程的剪力墙构件设计采用了相应的措施。

本文针对超限高层建筑工程实例做了比较详细的抗震性能分析,同时对剪力墙构件的设计与性能化分析做了深入研究,提出了一些设计建议,可为结构工程师做相似工程的设计提供一些借鉴。

关键词: 超限高层; 抗震性能设计; 剪力墙性能; 力学模型

ABSTRACT

With the continuous development of China's economy and real estate, super-high-rise buildings are increasing in major cities. With the increasing height of buildings, structure type is also more complex. The structural designs of these buildings have been far beyond the norm corresponding requirements. Due to the complexity of super-high-rise buildings, whether from the structure as a whole, or structural elements, the design of super-high-rise structures is much more difficult than the design of general high-rise structures. We will encounter many special problems in the design process. How to solve the problem in the design process of super-high-rise buildings is the primary task for the structural engineers.

In this paper, I solve three problems when I do the design of a super-high-rise frame – corewall building in Longyan City, Fujian Province. Such as:

(1) According to the design requirements of the owners, this project is an over Class B height super-high-rise building. I find that its plane structure is irregular, and its vertical stiffness is irregular, too. It contains a structurally weak layer. I analysis its seismic performance respectively under "small earthquakes", "middle earthquakes" and "big earthquakes". The end result can not only meet the requirement of related specification, also can satisfy the seismic performance of the index design goal.

(2) According to the relevant specification, after using the present domestic several building structure design software(SATWE、PMSAP、YJK and MIDAS) I find that the calculation results of the shearwall of these software is different. After comparing the calculation results of shear wall in different software, I use the reasonable value of shearwall components by a qualitative judgment method of this project calculation results.

(3) Shearwall is the main component to resist lateral force. There are differences in the performance of shear wall structures because of the axial compression ratio, longitudinal reinforcement ratio, stirrup reinforcement volume rate even the edge conditions of shearwall. The common structural design software does not consider these factors. Using nonlinear finite element software ABAQUS to analyze the

performance of the shearwall, with the influence about axial compression ratio, reinforcement ratio, stirrup reinforcement ratio and volume edge of shear walls, I provisional corresponding measures.

In this paper, based on transfinite high-rise building structure engineering example I make a detailed analysis of the seismic performance, at the same time the design of shearwall with performance-based analysis done in-depth research. I put forward some design Suggestions as a reference for structural engineers doing similar engineering design.

Key Words: Super-high-rise Buildings; Performance-based Seismic Design; Shearwall Performance; Mechanical model

目 录

中文摘要	I
英文摘要	II
第一章 绪论	1
1.1 超限高层建筑发展及抗震设计现状	1
1.2 建筑结构抗震设计方法发展概况	2
1.2.1 早期的抗震方法	2
1.2.2 反应谱理论及能力设计	2
1.2.3 基于性能的抗震方法	3
1.2.4 现行规范抗震设计方法与性能化抗震设计的方法对比	5
1.3 常用建筑结构设计软件及其剪力墙模型	7
1.4 剪力墙性能分析研究	10
1.5 本文主要的研究目的和内容	11
第二章 某超限高层框架—核心筒结构设计 with 性能分析	12
2.1 工程概况	12
2.2 结构与性能目标	14
2.3 建筑结构布置和超限情况	15
2.4 本工程采用的抗震性能目标	17
2.5 结构弹性静力分析	18
2.5.1 主要设计参数	18
2.5.2 本工程在不同软件中建立的模型	18
2.6 不同软件弹性静力分析的整体指标对比	20
2.7 本章小结	23
第三章 弹性时程分析、设防烈度地震和罕遇地震弹塑性分析	24
3.1 弹性时程分析	24
3.1.1 相关规范要求	24
3.1.2 地震波的选择	24

3.1.3 时程分析结果和结论	28
3.2 中震分析	34
3.3 罕遇地震下静力弹塑性分析	36
3.4 本章小结	46
第四章 基于不同软件的剪力墙构件内力分析对比	48
4.1 研究目的	48
4.2 剪力墙模型的不同对楼层层间剪力的影响	48
4.3 剪力墙模型的不同对墙柱之间剪力、倾覆力矩分配产生的影响	50
4.4 单片剪力墙内力对比分析	53
4.5 各软件剪力墙内力分析的准确率的定性判断	62
4.6 本章小结	66
第五章 基于 abaqus 有限元软件剪力墙构件的性能研究	67
5.1 研究目的	67
5.2 研究方法和指标	67
5.3 ABAQUS 有限元软件简介	68
5.4 有限元模型与本构模型	68
5.5 一般剪力墙性能分析	72
5.5.1 剪力墙模型	72
5.5.2 轴压比对剪力墙性能的影响	76
5.5.3 纵筋配筋率对剪力墙性能的影响	78
5.5.4 箍筋体积配箍率对剪力墙性能的影响	80
5.5.5 结论	81
5.6 带端柱剪力墙性能分析	82
5.6.1 研究意义	82
5.6.2 剪力墙模型	82
5.6.3 轴压比对带端柱剪力墙性能的影响	83
5.6.4 端柱纵向钢筋配筋率对带端柱剪力墙性能的影响	85
5.6.5 端柱体积配箍率对带端柱剪力墙性能的影响	87
5.6.6 带端柱剪力墙性能和一般剪力墙性能对比分析	89

5.6.7 结论.....	92
5.8 本章小结.....	93
第六章 结论与展望.....	94
6.1 结论.....	94
6.2 展望.....	95
参考文献.....	97
致谢.....	102
攻读硕士学位期间发表论文.....	103

厦门大学博硕士论文摘要库

CONTENTS

Chinese Abstract	I
English Abstract.....	II
Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Development and Seismic Design of Super-High-Rise Building.....	1
1.2 Building Structure Seismic Design Method Development Situation.....	2
1.2.1 Early Seismic Method.....	2
1.2.2 Response Spectrum Theory And Capacity Design	2
1.2.3 Performance-Based Seismic Design.....	3
1.2.4 Comparison Between Current Specification Seismic Design Method And Performance-Based Seismic Design	5
1.3 Common Building Structure Design Software and Mechanical Model ...	7
1.4 Shearwall Performance Analysis	10
1.5 The Purpose、 Methods and Contents of the Research.....	11
Chapter 2 Structure and Performance-Based Seismic Design of A Super-High-Rise Frame – Corewall Buildings.....	12
2.1 Project Summary.....	12
2.2 Structural Design and Performance Goals	14
2.3 Structure Arrangement and Overrun Situation	15
2.4 Seismic Performance Goals of the Project	17
2.5 Structure Elastic Static Analysis.....	18
2.5.1 Main Design Parameters	18
2.5.2 Model in Different Software	18
2.6 Overall Index Comparison Between these Software.....	20
2.7 Summary	23
Chapter 3 Elastic Time History Analysis, Middle and Big Earthquake Elastic-Plastic Analysis.....	24

3.1 Elastic Time History Analysis	24
3.1.1 Relevant Specification Requirements.....	24
3.1.2 Selection of Seismic Wave.....	24
3.1.3 Results and Conclusion of Elastic Time History Analysis.....	28
3.2 Middle Earthquake Analysis	34
3.3 Big Earthquake Elastic-Plastic Analysis	36
3.3 Summary	46
Chapter 4 Internal Force Analysis of Shearwall in Different Software	
.....	48
4.1 Research Purpose	48
4.2 Inter-Storey Shear Analysis	48
4.3 Distribution of Shear and Overturning Moment Analysis	50
4.4 Internal Force Analysis of A Shearwall	53
4.5 A Qualitative Judgment Method For These Software Results	62
4.6 Summary	66
Chapter 5 Research On the Performance of Shearwall By ABAQUS	
Software	67
5.1 Research Purpose	67
5.2 Research Methods and Goals	67
5.3 ABAQUS Software Introduction	68
5.4 Finite Element Model and Constitutive Model	68
5.5 General Shearwall Performance Analysis	72
5.5.1 Shearwall Model.....	72
5.5.2 Influence of Axial Compression Ratio.....	76
5.5.3 Influence of Longitudinal Reinforcement Ratio.....	78
5.5.4 Influence of Stirrups Stirrup Ratio.....	80
5.5.5 Summary.....	81
5.6 Shearwall with Boundary Columns Performance Analysis	82
5.6.1 Research Purpose.....	82

5.6.2 Shearwall Model	82
5.6.3 Influence of Axial Compression Ratio	83
5.6.4 Influence of Longitudinal Reinforcement Ratio of Boundary Columns	85
5.6.5 Influence of Stirrups Stirrup Ratio of Boundary Columns	87
5.6.6 Comparison and Analysis Between General Shearwall and Shearwall with Boundary Columns	89
5.6.7 Summary	92
5.8 Summary of this Chapter	93
Chapter 6 Conclusion and Prospect	94
6.1 Conclusion	94
6.2 Prospect	95
References	97
Acknowledgments	102
List of Publications	103

第一章 绪论

1.1 超限高层建筑发展及抗震设计现状

随着国民经济的发展及人类需求的推动,超高层建筑的发展日新月异。目前,我国已有和在建的高层、超高层建筑数量位居世界前茅。随着建筑高度的增加,结构类型也越来越复杂。在建的超过 500m 的超高层中,深圳平安金融中心

(606m) 采用的是带外伸臂的混合结构体系,上海中心大厦(632m)采用的是巨型框架-伸臂-核心筒结构体系,天津 117 大厦(597m)采用的是核心筒+巨型框架支撑结构形式,这些结构都属于复杂超限高层。高度超过 150m 的超高层更是不计其数。作为现代高层建筑发展的代表,超高层建筑有着普通建筑无法比拟的优势:极大地节约土地用量,缓解大中城市高人口密度的现状;建筑规模大,资源相对更集中,商业价值和民用价值都很高;能够很好地推动房地产行业和建筑施工行业的发展,同时带来大量的相关行业的发展;是城市化综合实力体现的标志之一等。但同时超高层建筑也有其自身的缺陷:结构形式多样,房屋的安全性与舒适性的高要求、结构的抗震性能复杂等。其中抗震设计是建筑结构最复杂的问题之一,至今还有许多难点尚未攻破^[1~2]。

在自然灾害中,地震对人类带来的灾害是极具毁灭性的。因此建筑结构设计必须重点考虑地震破坏力。地震发生的时间短,破坏强,往往造成严重的生命损失和沉重的经济损失。从阪神地震到汶川地震以及玉树地震,地震造成了大量的人员伤亡和财产损失^[3~4]。值得一提的是,随着抗震要求的提高,地震带来的人员伤亡已减少很多,但是地震造成的财产损失仍旧居高不下。

这引起了人们对目前建筑抗震设计方法的深思。抗震设计是结构设计中重点部分,在玉树地震中一些新建的框架结构并没有倒塌^[4]。这证明了目前抗震设计方法发挥了有效的作用,但是巨大的经济损失渐渐地引起了人们的关注。各国学者的研究重心慢慢移向了建筑结构抗震性能的研究。

1.2 建筑结构抗震设计方法发展概况

1.2.1 早期的抗震方法

对建筑进行抗震研究是从 20 世纪初美国旧金山地震后开展起来的。日本关东地震的第二年（1924 年），日本城市建筑法规将地震作用简化为静力，取重量的 0.1 倍为水平地震作用，这是抗震设计初始阶段应用的方法^[5]：

$$F=KG \quad (1.1)$$

其中 $K=0.1$ ，我们可以很明显地发现这种算法没有考虑到地震力与结构特性和地基情况等情况的关系，算法比较粗糙。

1.2.2 反应谱理论及能力设计

1940 年美国获得了 El Centro 地震记录。往后，经过囊括中国在内的大量的学者的研究，演化成了比较可靠的、被广泛采用的基于反应谱理论的抗震设计方法。

反应谱理论分析方法有参考地震动力作用，但是仍旧是应用静力理论。地震时结构所受到的最大水平基底剪力(总水平地震作用)为^[6]：

$$F_{EK} = k\beta(T)G \quad (1.2)$$

$$\beta(T) = \frac{S_a(T)}{a} \quad (1.3)$$

与早期的方法对比后可知，式中 k 反映了反应谱分析中参考地震动力作用后的放大系数。

目前国际上大多数国家都是采取该抗震设计理论，主要特点如下^[7]：

(1)应用规范规定的反应谱进行结构线弹性分析。结构构件的计算结果是反应谱分析后的结果。在构件设计值考虑了荷载组合效应和系数调整，来确保结构构件的安全设计。

(2)制定结构初步方案时，要尽可能地根据相关规范和经验进行初步判断，使得建筑结构体系确定和结构布置趋于合理。通常把这个步骤称作为建筑结构的“概念设计”。

(3)“能力设计”中，可将抗震设计极限状态分为三种，即使用极限状态、损伤控制控制极限状态和幸存极限状态。

1.2.3 基于性能的抗震方法

(1) 基于性能的抗震方法背景

我国一直都是一个深受地震灾害影响的国家,这与我国处于世界两大地震带的地理位置有关。由 1.1 节可知,地震给我国带来了巨大的灾难和损失,虽然随着抗震设计要求的提高,新建的建筑能按照“大震不倒”的水准保障人们的生命安全,但是带来的经济损失仍然是居高不下的。

这说明,以承载力为控制指标,通过构造措施确保抗震性能的传统抗震设计方法并没有周全地考虑到现代建筑功能的需求,也不能适应不断上升的现代结构抗震性能的要求。从而导致了人们对目前抗震设计思路进行深入的研究,一种更加符合现代人们期望的设计思想渐渐产生:人为定义控制目标,即项目结构在各类可能遇到的地震作用下的反应控制在期望目标的范围内,这能同时保护人们的生命和经济的安全。基于性能的抗震设计思想就是在这一背景下提出的^[8~11]。目前大多数国家都对性能化抗震设计进行深入研究,旨在得到地震作用下最可靠的应对方法和措施。

(2) 性能化抗震设计的概念

基于性能的抗震设计思想是 20 世纪 90 年代美国加州大学伯克利分校的学者 Moehle 在美国提出来的,他的思想是建议控制建筑结构在大震下的塑性层间位移角的发展,并使得结构的塑性位移变形能力能满足预估的罕遇地震作用下的变形要求^[12]。1995 年 SEAOC 发表的 Vision2000 报告第一次对这种抗震设计的概念做了比较全面的论述,这形成了抗震性能设计的基本骨架^[13]。1996 年 ATC-40 报告提供了抗震性能中弹塑性方面的评定措施^[14]。1997 年 FEMA 报告提供了更加详细的静力弹塑性推覆的性能评定措施^[15]。

性能化抗震方法引起了整个结构抗震工程界的极大兴趣,美国、日本等许多国家相继提出了基于结构性能的结构抗震鉴定和结构抗震设计概念。我国新版的《抗规》^[16]和《高规》^[17]中均新增加了性能化建筑抗震设计的内容,对设计原则、地震动水准、性能目标、设计指标和计算要求等进行了相应规定,在附录中提供了性能建议目标。

新版《高规》^[17]将结构抗震性能目标分为 A、B、C、D 四个等级，结构抗震性能分为 1、2、3、4、5 五个水准，如下图。

表 1.1 结构抗震性能目标

性能目标 性能水准 地震水准	A	B	C	D
多遇地震	1	1	1	1
设防烈度地震	1	2	3	4
预估的罕遇地震	2	3	4	5

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.

厦门大学博硕士论文摘要库