

文章编号:1004-1478(2011)05-0018-04

城市重要建筑物抗震性能分析与评价

王毅恒, 李升才

(华侨大学 土木工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要:以城市重要建筑为研究对象,利用结构有限元分析软件SAP进行建筑物震害预测分析计算.通过计算层间位移角,用简化评价方法对部分重要建筑物进行抗震性能评价.结果表明该方法能够满足城市综合抗震防灾规划的编制要求.

关键词:建筑物抗震性能;震害预测;层间位移角

中图分类号:TU352 **文献标志码:**A

Analysis and evaluation of earthquake resistance performance on important buildings in city

WANG Yi-heng, LI Sheng-cai

(College of Civil Eng., Huaqiao Univ., Quanzhou 362021, China)

Abstract: Select important buildings in city for research object, the earthquake disaster forecast on buildings are analyzed and calculated by using the software SAP. By calculating interlayer displacement angle, and using the simplified method, important buildings earthquake damage evaluation is made. The results showed that it can meet the requirements of the comprehensive urban earthquake disaster prevention plan compiling.

Key words: building earthquake resistance performance; earthquake disaster forecast; interlayer displacement angle

0 引言

随着新一代工程建设标准的实施,我国进入了新一轮抗震防灾规划的研究和编制时期.震害预测工作是抗震防灾规划基础研究的组成部分,是规划编制的依据.建筑物的震害是地震灾害的主要部分,建筑物或生命线工程重要建筑的破坏,可能会

带来危及人民生命财产的严重次生灾害,所以震害预测的研究非常重要.震害预测是指在可能遭遇到的各种强度的地震作用下,对一个地区的工程结构可能发生某种破坏程度的概率或可能进行的判断.目前常用的建筑震害预测方法有类比预测法、专家评估法、模糊类比法^[1-2]等,但上述方法只能确保震害预测结果达到一定的精度,仅适用于群体建筑物

收稿日期:2011-05-15

基金项目:国家自然科学基金项目(50948036)

作者简介:王毅恒(1986—),男,湖北省荆州市人,华侨大学硕士研究生,主要研究方向为结构抗震.

通信作者:李升才(1960—),男,辽宁省朝阳市人,华侨大学教授,博士,主要研究方向为结构抗震.

的震害预测. 根据城市抗震防灾规划的要求, 建筑物抗震防灾研究应根据建筑物的重要性的城市的建设特点, 将建筑物分为重要建筑、老旧建筑、一般建筑物等, 分别进行震害预测. 其中, 重要建筑是指对抗震救灾或维持城市功能起重要作用的房屋, 主要包括《建筑抗震设防分类标准》中所列的甲、乙类建筑, 市级指挥机关, 金融中心的建筑等. 所以, 对城市重要建筑物的震害预测又是震害预测工作的重中之重. 本文拟采用建立结构力学模型的方法对重要建筑进行震害预测, 以提高预测准确性.

1 重要建筑物抗震性能分析方法

1.1 方法简介

对重要建筑抗震能力的研究, 多采用单体抗震性能分析进行易损性评价. 首先, 根据实地调研资料, 利用 SAP 软件建立力学模型, 然后根据力学模型进行有限元分析软件计算, 最后得出层间位移角等参数, 据此对重要建筑物进行抗震能力评价, 并对意外情况下的建筑物安全性进行检测. 针对建筑物的特点, 对某些建筑还应考虑不同地震序列的累积破坏效应对破坏程度的影响, 对重点建筑可按照单体建筑的研究方法进行抗震能力分析和评定. 针对城市规划区内教育和医疗类的重要建筑的类型和特点, 笔者选择易损性分析方法, 在抗震防灾规划中, 重要建筑的易损性分析主要采用 SAP 建立力学模型的方法.

1.2 建模分析的步骤

对重要建筑的分析工作主要采用有限元方法, 利用 SAP 有限元分析软件进行. 具体步骤如下.

1) 根据重要建筑竣工图资料提取结构的计算参数, 如结构各层平面布置尺寸、梁柱截面尺寸、各层混凝土强度和钢筋强度、场地类别等.

2) 建立重要建筑结构的二维或三维有限元模型, 结构抗震能力分析模型采用杆系模型, 梁、柱、剪力墙肢作为分析的基本单元.

3) 分析计算. 重要建筑大部分是框架和框剪结构, 主要根据结构的屈服强度系数或变形能力来判断结构在设定地震烈度下的震害情况, 并得出结构薄弱层的位置, 为今后的抗震加固提供直接的依据. 按结构有限元分析计算得到的建筑物层间变形

为主要指标的震害预测判别见表 1.

表 1 不同结构震害等级与层间位移角的关系

结构类型	震害等级				
	基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	毁坏
框架结构	$\theta \leq \frac{1}{400}$	$\frac{1}{400} \leq \theta \leq \frac{1}{250}$	$\frac{1}{250} \leq \theta \leq \frac{1}{125}$	$\frac{1}{125} \leq \theta \leq \frac{1}{50}$	$\theta \geq \frac{1}{50}$
框剪结构	$\theta \leq \frac{1}{500}$	$\frac{1}{500} \leq \theta \leq \frac{1}{300}$	$\frac{1}{300} \leq \theta \leq \frac{1}{150}$	$\frac{1}{150} \leq \theta \leq \frac{1}{100}$	$\theta \geq \frac{1}{100}$

2 钢筋混凝土框剪结构和框架结构的简化评价方法

本项目中部分重要建筑物因年代久远, 资料收集不足, 无法建立力学模型, 故采用如下简化评价方法^[1-3]. 框剪体系中的剪力墙首先破坏, 因此, 一般剪力墙破坏是框剪结构体系破坏的主要标志. 只要算出剪力墙分担的地震作用及其水平变位, 即可判断框剪结构体系的破坏程度. 首先, 进行刚度特征值的计算:

$$\lambda = H \sqrt{\frac{C}{\beta E_w I_w}}$$

其中, β 为框架和剪力墙刚度降低系数, 取现浇结构 $\beta = 1$, 装配式结构 $\beta = 0.8 \sim 0.9$; H 为结构总高; $E_w I_w$ 为剪力墙部分总刚度, 为各片剪力墙刚度之和; C 为框架部分总刚度, 为各框架柱抗侧刚度之和, 即

$$C = \sum K_c = \alpha i_c \frac{12}{h^2}$$

式中 i_c 为柱的线刚度. 分别按上述方法计算出层间屈服承载力和层间地震剪力(或弯矩)之后, 就可以确定屈服承载力系数. 第 i 层屈服承载力系数可由以下公式^[4-5]确定.

框架结构:

$$\xi_y(i) = V_y(i) / V_c(i)$$

剪力墙结构:

$$\xi_M(i) = M_{ou}(i) / M_c(i)$$

薄弱楼层的判别采用 ξ 值最小法, 取求得的承载力系数中最小或较小值所对应的楼层为薄弱层, 楼层的延伸率按下式计算.

$$\mu_{\max} = \frac{1}{\sqrt{\xi_{\min}}} e^{\alpha(1-\xi_{\min})}$$

考虑到抗震设防和加固、施工质量、建筑物现状等都对抗震能力有一定的影响,为了能对建筑物的抗震能力给出综合评定,还需按下式进行修正:

$$\mu = (1 + \sum C_i) \mu_{max}$$

最后,结构的震害情况按计算的 μ 值参照表2进行判断,其中框剪结构是按剪力墙结构计算的。

表2 震害等级与延伸率的关系

结构类型	震害程度				
	基本完好	轻微损坏	中等破坏	严重破坏	倒塌
框架结构	$\mu \leq 1$	$1 < \mu \leq 3$	$3 < \mu \leq 6$	$6 < \mu \leq 10$	$\mu > 10$
框剪结构	$\mu \leq 1$	$1 < \mu \leq 1.5$	$1.5 < \mu \leq 3$	$3 < \mu \leq 5$	$\mu > 5$

3 应用实例

3.1 重要建筑物的有限元分析实例

以宁德市东侨工业科技大楼为例进行分析.该楼为17层钢筋混凝土框剪结构,主体结构地上16层,地下1层,结构高度60.53 m.建筑抗震设防类别为丙类,结构安全等级为二级,结构设计抗震设防烈度为7度,所在地区的抗震设防烈度为6度,设计基本地震加速度为0.05 g,所在场地设计地震分组为第一组,场地类别为II类,特征周期 $T_g = 0.35$ s,建筑结构的阻尼比为0.05.梁和板的混凝土强度等级为:地下1层至地上5层C30;5层以上C25.柱和剪力墙的混凝土强度等级为:地下1层至地上5层C40;6层至8层C35;9层至12层C30;13层以上C25.墙体:采用加气混凝土砌块,干重度不大于7 kN/m³,强度等级不小于A3.5.砂浆:±0.00以下及卫生间四周砌体砂浆为MU7.5水泥砂浆,其他均为M5混合砂浆.

采用SAP2000有限元分析软件计算,结构的有限元模型如图1所示.以层间最大位移角为判断指标,震害等级与层间位移角的关系见表1.

宁德市东侨工业科技大楼,17层钢筋混凝土框剪结构的前4个周期为: $T_1 = 1.363$ s(弱轴); $T_2 = 1.272$ s(强轴); $T_3 = 0.584$ s(扭转); $T_4 = 0.517$ s(弱轴第二周期).

根据上述分析建立力学模型.计算出力学模型在6至9度地震作用下的层间位移角,利用上述计

算结果对该重要建筑物进行震害预测(见表3).由表3可以得出,东侨科技大楼的薄弱层位于7层,在高于设防烈度的8度和9度时发生严重破坏,抗震能力基本满足要求.

建筑物震害预测是城市抗震防灾的重要资料,通过它可反映在特定条件下未来地震中各个建筑物的震害估计.对于城市抗震防灾规划而言,建筑物的破坏状态和分布符合预测结果即可,以便对建筑物薄弱环节采取相应的防护措施.本文对重要建筑物震害预测所采用的方法是可以满足要求的.

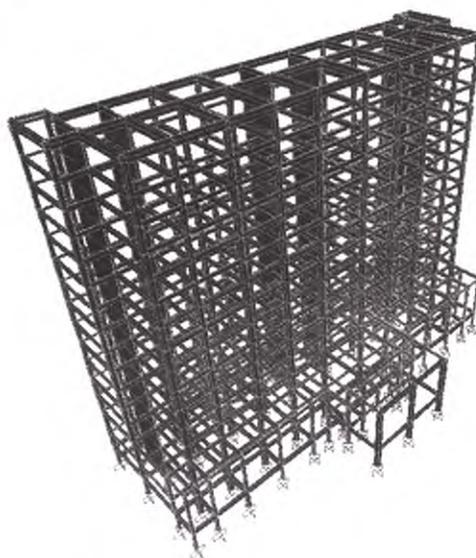


图1 宁德市东侨工业科技大楼有限元模型

表3 东侨科技大楼震害预测结果

设防烈度	层间最大位移角	震害结果	结构薄弱层
6度	1/646	基本完好	
7度(0.1 g)	1/310	轻微偏重	
7度(0.15 g)	1/215	中等破坏	7层
8度(0.2 g)	1/172	中等偏重	
8度(0.3 g)	1/129	严重破坏	
9度	1/110	严重偏重	

3.2 规划区内重要建筑物震害评价结果

进行单体有限元建模分析的重要建筑有13栋,宁德市政府办公大楼和市医院由于资料不全,只能进行简化评价.表4为这15栋重要建筑物的震害预测结果.由表4可以得出,宁德市规划区内重要建筑的抗震能力基本能满足6度设防下的抗震要求.部分抗震能力较弱的重要建筑应根据抗震要求进行加固.

表4 重要建筑物震害预测结果

名称	层数	结构类型	设防烈度			薄弱层
			6度	7度	8度	
市政府办公大楼	4	框剪	基本完好	轻微破坏	中等破坏	
区政府办公大楼	17	框剪	基本完好	轻微偏重	中等偏重	7层
宁德市消防指挥中心	12	框剪	基本完好	中等偏轻	严重偏轻	4层
宁德人民医院门诊楼	7	框架	基本完好	中等偏轻	严重偏轻	3层
宁德学院办公大楼	12	框架	基本完好	中等偏轻	中等偏重	4层
宁德学院 A#教学楼	4	框架	基本完好	中等偏轻	严重偏轻	3层
宁德学院 B#教学楼	6	框架	基本完好	中等偏轻	严重偏轻	3层
市联通通信大楼	13	框架	基本完好	中等破坏	严重偏轻	7层
宁德市实验中学	6	框架	基本完好	中等偏轻	中等偏重	4层
市汽车南站站台楼 C#	2	框架	基本完好	中等破坏	严重偏轻	1层
市汽车南站站台楼 A#	2	框架	基本完好	轻微偏轻	中等偏轻	1层
宁德市体育中心	2	框架	基本完好	轻微偏轻	中等偏轻	2层
市电力调度中心指挥大楼	12	框架	基本完好	轻微偏重	中等偏重	4层
市电信大楼	15	框剪	基本完好	中等偏轻	严重偏轻	4层
宁德市医院	3	框架	基本完好	轻微破坏	中等破坏	

4 结论

1) 本文提出了利用 SAP 结构有限元分析软件进行城市重要建筑物震害预测的方法,有助于提高城市综合抗震规划编制的效率,适合新时期城市综合抗震防灾规划的需要。

2) 本文在进行房屋震害预测时充分考虑了房屋的实际情况,以震后抢险救灾组织和实施中处于关键部位的建筑物以及生命线的核心建筑为主要对象,利用软件 SAP 进行分析,在 SAP 界面上建模,得出震害情况。

3) 采用上述方法对宁德市进行重要建筑的震害预测,与传统的建立简化模型的预测方法相比会有一些误差,但精确度更高,能够满足城市综合抗

震规划的要求。

参考文献:

- [1] 马东辉. 城市抗震防灾规划标准实施指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [2] 闫冬. SAP 结构工程分析及实例详解[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [3] 郭晓冬, 苏经宇, 马东辉, 等. 城市建筑物快速震害预测系统[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(3): 128.
- [4] 赵少伟. 建筑结构震害预测方法研究与实践[J]. 地震工程与工程振动, 2006, 26(3): 52.
- [5] 王志涛. 城市一般建筑物快速震害预测方法的研究[D]. 唐山: 河北理工大学, 2005.