

# 高层建筑结构抗震设计要点及其优化措施

周俊威

(桂林市城市规划设计研究院 广西 桂林 541002)

**摘要:**近年来,随着我国建筑事业的飞速发展,高层建筑越来越流行,高层建筑发展具有的层数和高度不断增加、体型和平面日趋复杂的特点。经常发生的地震、沙尘暴等自然灾害严重影响了建筑设施尤其是高层建筑的使用安全性能,本文中,笔者根据高层建筑抗震设计工作的相关经验,简要介绍了几种常用的高层建筑结构抗震设计方法,并就高层建筑结构抗震设计提出了一些重要的优化措施。

**关键词:**抗震设计;高层建筑;优化措施;分析方法

**中图分类号:**TU973+31

**文献标识码:**B

**文章编号:**1673-0038(2013)22-0019-02

## 1 前言

高层建筑容易受到地震、沙尘暴等自然灾害的影响。地震作用具有很大的随机性,作用于建筑设施的负荷具有循环性,高层建筑抗震设计方法研究还不成熟,仅仅依据微观的数学力学而不充分考虑高层建筑结构内力的阻尼变化、材料时效、非弹性性质以及空间作用等其他相关因素,很难在结构上提高高层建筑的抗震能力,降低其在遭遇地震时的经济和人力损失。因此高层建筑结构的抗震设计具有急需性<sup>[1]</sup>。

## 2 地震对高层建筑的作用特点

### 2.1 高层建筑构件形式方面

地震对高层建筑构件形式方面的作用主要表现为如下几种:在高层建筑的框架结构中,通常地震对板和梁的破坏程度轻于柱;地震作用经常在多肢剪力墙(钢筋混凝土结构)的窗下引起交叉火灾斜向的裂缝;如果混凝土柱配置螺旋箍筋,即使地震引起较大的层间位移,对柱以及核心混凝土作用并不明显;钢筋混凝土框架结构,如长、短柱并用于同一楼层,长柱受损害较轻。

### 2.2 高层建筑结构体系方面

地震对高层建筑构件体系方面的作用有如下几种:对于钢筋混凝土柱、板体系的高层建筑,各层楼板因楼层柱脚破坏或者侧移过大以及楼板冲切等因素而在地面坠落重叠;对于“填墙框架”体系的高层建筑,由于受窗下墙的约束,因而容易发生外墙框架柱在窗洞处短柱型剪切现象;对于“填墙框架”体系的高层建筑,地震对采用敞开式框架间未砌砖墙的底层破坏严重;对于框架-抗震墙体系的高层建筑,地震损害不大;对于“底框结构”体系的高层建筑,地震严重破坏刚度柔弱的底层。

### 2.3 高层建筑地基方面

地震对高层建筑构件地基方面的作用为:如果地基自振周期与高层建筑结构的基本周期相同或相近,地震作用因共振效应而增加;如果高层建筑处在危险地形不利的区域,则容易使高层建筑因地基破坏而受损;地基处地质不均匀,在地震作用下容易使上部结构倾斜甚至倒塌;若高层建筑的地基处有较厚的软弱冲积土层,则地震作用对高层建筑的损害显著增大。

### 2.4 高层建筑刚度分布方面

地震对高层建筑的刚度分布也产生作用:对于采用L形以及三角形等平面不对称的高层建筑,地震作用能够使建筑结构

发生扭转振动,因而损害现象严重;对于采用矩形平面布置的高层建筑结构,如果该建筑的抗侧力构件(如电梯井等)布置存在偏心情况时,同样会使建筑结构发生扭转振动。

## 3 抗震设计方法

### 3.1 静力法

静力法抗震设计表述为:如果以F作为地震作用于建筑设施的力,以M表示建筑物的重量,以R表示地震震度,则有以下公式:

$$F=R \times M \quad (1)$$

这种以“震度”表示地震尺度的想法,在1924年(日本关东发生大地震后第二年)被纳入日本的建筑工程相关的技术规范中。当时,人们已经意识到房屋的重量是影响地震破坏能力的一个极为重要的因素。在当时的条件下人们认为建筑重量10%的水平力与地震惯性力相当。当时还假定:建筑结构的承载能力大小决定了房屋的抗震能力大小;地震力与建筑地基以及结构的实际特性等因素无关。

### 3.2 反应谱法

反应谱法是一种有效的抗震设计方法<sup>[2]</sup>。美国在1933年长滩发生大地震以及在1940年ELcentro发生大地震时,均取得了强震加速度记录。美国的一些致力于建筑抗震设计的工作者依据建筑物自振特性资料,详细分析这些强震记录的基础上提出了地震反应谱理论,对于建筑抗震设计具有非常重要的现实意义。近些年来,我国在抗震设计领域也取得了较大的进展,逐渐形成了科学合理而又普遍适用的建筑结构抗震设计方法。大部分的建筑结构抗震设计规范都是根据结构能力以及反应谱理论建立起来的。

### 3.3 弹性动力时程法

这种抗震结构设计的原理是根据地震烈度、高层建筑场地类别以及设计分组的判断,然后根据相关信息选用具有一定数量规模的地震地面运动加速度的记录,对这些地震地面运动加速度积分,然后求解运动方程,最终计算出在模拟的地震中建筑的加速度、速度以及位移的响应,进行抗震设计。高层建筑地震地面运动方程是一个独立的体系,要计算地震各个时刻的高层建筑的结构反应只需用到数值方法求解即可实现。

### 3.4 静力弹塑性法

这种建筑抗震设计方法的原理为计算现有设计方案的抗震

力能力,进而估计出其抗震能力,其具体方法为:根据建筑的具体情况在建筑设施上施加某种具有特殊分布的水平力,在此基础上逐渐增加水平力,使建筑结构的各构件在水平力作用下依次进入塑性,调整水平力的分布和大小情况,直到建筑设施各个结构全部达到位移超限。

### 3.5 动力弹塑性分析法

动力弹塑性分析法抗震设计原理表述为:以 $\{y\}$ ,  $\{\dot{y}'\}$ ,  $\{\ddot{y}''\}$ 分别表示运动的水平位移和速度以及加速度,以 $y_0$ 表示地面运动水平加速度,则在多自由度系统中,在地面运动作用下的振动方程可以用以下公式表示:

$$[M]\{\ddot{y}''\}+[C]\{\dot{y}'\}+[K]\{y\}=-[M]\{L\}y_0 \quad (2)$$

采用各种手段划分由强震记录的水平方向上的时间-加速度曲线,将其分为一系列极小的时间段,运用震动方程对每一个时段方程进行积分求解求得每个时间段内体系的加速度、速度以及位移,最终可计算出结构内力。

## 4 抗震方法的比较

地震是一种破坏性严重的自然现象<sup>[3]</sup>。地震三要素分别为:幅值、持时与频谱特征。建筑结构抗震设计的方案应体现地震动特性和结构特性。表1为抗震设计方法反应结构特性以及地震动特性的具体情况对比。

表1 各种抗震设计方法对比

抗震设计	静力法	反应谱法	弹性时程分析	弹塑性静力分析	弹塑性动力时程分析
地震动特性	幅值	√	√	√	√
	频谱	×	√	√	×
	持时	×	×	√	×
结构特性	频率	×	√	√	×
	阻尼	×	√	√	√
	非线性	×	×	×	√

## 5 高层建筑结构抗震设计优化措施

### 5.1 重视建筑场地的选择

地震对建设在不同地质条件上建筑设施的破坏作用有明显差异<sup>[4]</sup>。在施工前做好地基地质勘察工作,确保建筑场地有利于建筑设施的抗震,对于不利的场地应避免或采取有效的处理措施。按照建筑场地地地质特点和受地震破坏作用的强弱进行有效分类,根据建筑场地的实际情况合理采取抗震措施,如根据地基地质抗震设防类别、地基液化等级等实际情况合理选择加强地基和上部结构整体性刚度的措施,或者有效消除地基液化沉降现象。

### 5.2 科学运用建筑材料

合理选择高层建筑结构材料也有利于提高建筑设施的抗震性能<sup>[5]</sup>。从抗震设计的角度对建筑工程所用材料参数进行有效分析,选用符合高层建筑抗震要求的工程材料。在考虑高层建筑建筑材料抗震性能的同时还应考虑材料经济性,可以提高工程经济效益。

### 5.3 合理设计抗震结构

在高层建筑的抗震设计中,由建筑延性设计而带来的问题很多,其中最为显著的是载荷、建筑的形变以及相对的脆性问题。建筑延性设计主要包括两个方面:对建筑构造的设计和对建筑结构中的组成构件的设计<sup>[6]</sup>。当然,具体的延性设计处理过程,必

然要通过位移的延性、曲率的延性、和塑性等指标来实现。就像为了提高建筑混凝土结构设计的极限应变能力,需要在塑性较区配置定量约束箍筋,进而极大的增强了建筑构造构件的延性能力。

## 6 结语

现代建筑事业的飞速发展带动了我国的高层建筑事业的不断前进。随着高层建筑的层数、高度越来越高,结构、体型越来越复杂,高层建筑结构的抗震设计也显得越来越重要。时代是发展的,高层建筑结构的抗震设计方法和技术也在不断的发展和进步,我们要用发展的眼光看问题,根据高层建筑的实际情况而选择科学合理的抗震结构设计,为我国的高层建筑发展贡献出自己的一份力。

### 参考文献

- [1]韩小雷,郑宜,季静,黄艺燕.美国基于性能的高层建筑结构抗震设计规范[J].地震工程与工程振动,2010(16):52-56.
- [2]汪源浩,沈小璞,王建国.超高层建筑结构的减震控制技术与抗震设计要点[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2009(24):31-33.
- [3]周云,邓雪松,汤统壁,吴从晓,聂一恒,丁鲲.中国(大陆)耗能减震技术理论研究、应用的回顾与前瞻[J].工程抗震与加固改造,2009(14):81-82.
- [4]秦宝林.在PERFORM 3D软件支持下对超高层结构实例抗震性能的初步评价[J].重庆大学学报,2009(19):21-32.
- [5]王鑫,聂桂兰.静力与动力弹塑性分析在超限高层建筑结构抗震设计中的应用[J].中国西部科技,2010(14):3-61.
- [6]唐兴荣,蒋永生,孙宝俊,丁大钧,樊得润,郭泽贤.带预应力混凝土桁架转换层的多高层建筑结构设计和施工建议[J].建筑结构学报,2011(12):27-31.

收稿日期:2013-7-16

作者简介:周俊威(1985-),男,本科,助理工程师,主要从事建筑结构设计研究工作。