

# 高层混凝土建筑抗震结构设计研究

夏杰

(青岛金泰检测服务有限公司, 山东 青岛 266000)

**摘要:** 结构抗震性能优化设计建立在概念设计的基础上, 是一种全新的抗震设计理念。目前, 部分国家在抗震设计方面, 常采用静力法与反应谱法, 按照弹性设计方式计算结构在地震作用下的变化。本文简介建筑性能化抗震设计的三种方法——Pushover分析法、能力谱方法、位移影响系数法, 分析主动控制技术、被动控制技术、混合控制技术在建筑结构中的应用, 以供参考。

**关键词:** 性能化设计; 抗震性能; 设计要点

**中图分类号:** TU973.31 **文献标志码:** A



## 1 建筑性能化抗震设计的方法

### 1.1 Pushover分析方法

Pushover分析方法主要是从建筑本身拥有的抗震性能角度出发, 来进行建筑结构设计的一种方法。该分析方法在实际的应用中, 主要是利用模型模拟出建筑物结构在受到地震水平惯性力作用下所产生的侧向力, 通过这种方式, 对建筑结构从发生开裂到最终的倒塌破坏整个过程中的内力、承载力等作用力的变化情况进行分析, 从而判断建筑结构中的薄弱环节。这种分析方法虽然能对建筑物的整体结构抗震性能进行分析, 但是往往需要与其他分析方法结合起来, 这样才能满足建筑物结构性能在地震作用下发生位移的这一前提条件<sup>[1]</sup>。

### 1.2 能力谱方法

将Pushover分析方法与反应谱结合起来, 能在得到建筑物结构的基底剪力-顶点位移关系曲线之后, 将曲线转化为以等价单自由度体系为主要原理的能力谱。在得到能力谱之后, 需要在模拟地震作用的情况下, 再次对建筑物整体结构Pushover分析, 得到建筑物结构所产生的弹塑性反应变化情况, 从而对建筑物结构的抗震性能是否符合标准进行判断。能力谱方法是基于建筑物结构的弹塑性来分析抗震性能。

### 1.3 位移影响系数法

位移影响系数法主要是基于建筑物结构的单自由

度体系, 对建筑物结构的抗震性能进行分析的一种方法。这种分析方法在实际的应用过程中, 主要是基于建筑物结构在地震作用下产生的位移反应中的各项系数变化情况, 对建筑结构总体的抗震水平进行评估。但由于这种分析方法更依赖于理想的实验室操作环境, 且分析结果的计算精度会受到技术的限制, 因而往往难以呈现出建筑物各种主要构件在地震作用下的损坏情况, 仍需要对该方法进行进一步优化和调整。

## 2 抗震技术在建筑结构中的应用

### 2.1 主动控制技术

主动控制技术是指住宅建筑通过外部的能源来提升自身的抗震能力, 在住宅建筑外加入一个外力用来与地震的作用力进行有效对抗, 反向的作用力能提升住宅建筑的防震效果<sup>[2]</sup>。

### 2.2 被动控制技术

被动控制技术是指对住宅建筑内部的系统支撑点进行扩张, 形成一小部分的结构动能增加。当前我国对被动控制技术的运用主要在住宅建筑的防震、减震功能中, 在住宅建筑的设计过程中, 通过被动控制技术来提升住宅建筑的减震和防震功能。减震防震技术的基准点是住宅建筑本身作为基点和依托, 借助科学技术和相关设备将地震对住宅建筑产生的作用力进行缓解和阻断, 降低地震对住宅建筑的破坏程度, 从而达到减震、防震的目的。当前, 我国在被动控制技

术方面主要有摆动、混合、支撑等方式,借助住宅建筑外部的构件来形成住宅建筑内部系统的元件,利用这些小构件阻隔地震所带来的动能。

### 2.3 混合控制技术

混合控制技术是住宅建筑防震、减震的重要技术之一,在住宅建筑的抗震能力提升过程中,将主动控制技术和被动控制技术进行科学、合理融合,可以有效提升住宅建筑的抗震水平。相关工作人员将被动技术和主动技术的优势进行结合,可以使住宅建筑的外部 and 内部抗震能力得到同步提升。主动控制技术的抗震效果比较理想,被动控制技术在住宅建筑的抗震适应性方面比较强。同时两者都存在不同程度的缺陷,被动控制技术在实际应用过程中容易出现检测漏洞的问题,主动控制技术在实际应用过程中过度依赖外部力量,而且主动控制技术的结构系统在构建过程中较为复杂,很难在实际应用过程中进行普及。混合控制技术可以将被动技术和主动技术的优势进行结合,同时最大限度规避两者的缺陷,在实际中的应用比较广泛。

## 3 高层混凝土建筑抗震结构设计分析

### 3.1 用Pushover分析方法设计抗震结构

基于Pushover分析方法的应用原理和要求,考虑到实际建筑施工过程中的各种因素对抗震性能的影响,对建筑物结构性能的分析,一般只需要考虑主体结构性能的呈现效果。

#### 3.1.1 等效位移系数法设计原理

在设定用于试验的建筑模型数据时,结合现阶段高层建筑设计施工的大致要求,设定模型的框架结构为15层,每层楼高3 m,建筑物整体高度为45 m,以C35混凝土为主,选取的建筑模型结构尺寸为18 m×36 m,梁跨度确定为6 m,柱截面为700 mm<sup>2</sup>×700 mm<sup>2</sup>,梁截面为300 mm<sup>2</sup>×600 mm<sup>2</sup>,弹性模量为 $3.15 \times 10^4$  N/mm<sup>2</sup>,建筑物的所有楼板均为100 mm现浇混凝土板。在明确建筑物结构模型的基本信息之后,以8级抗震结构为设计标准,将建筑物整体的结构场地设置为0.4 s的特征周期,2%的柱配筋率,1.5%的梁配筋率。Pushover分析方法是能对建筑物抗震性能进行分析的一种基础方法,许多性能分析方法都以Pushover模型曲线为基础,等效位移系数法就是以Pushover为基础的一种分析方法。在应用该方法时,需要先基于高层混凝土建筑的实际建设要求,在软件系

统中构建一个建筑物结构构件的弹塑性模型。对结构模型荷载力的施加,需要以先竖向后水平的顺序来进行分析。在施加水平荷载的过程中,对水平荷载增量的控制需要以建筑物结构中最为薄弱的构件变形情况作为判断依据。在构件发生屈服变形之后,需要对建筑物的整体结构进行修正,然后再次重复以上步骤。在不断的构件屈服、荷载增加过程中,需要计算出所有构件的内力和弹塑性变形的情况,直到结构整体超过限值<sup>[9]</sup>。

#### 3.1.2 动力时程分析方法设计原理

应用动力时程分析方法,主要通过对建筑物结构在地震作用下产生的响应时程进行分析,来了解建筑物结构的抗震性能。相比于以往应用的抗震性能分析方法而言,这种分析方法只需要在设计分析时进行一定的假设,不会受到其他因素的限制,也能同时考虑实际建筑设计中的土和深基础的相互作用。基于动力时程分析方法的应用优势,我国对各种高层建筑结构的抗震性能设计提出了相应的要求。在应用时程分析法对高层混凝土建筑结构进行抗震设计时,需要对建筑物可能遭遇的各种罕见地震情况下的结构弹性进行计算。在计算的过程中,地震加速度时程的最大值会对系数曲线以及建筑物结构整体的抗震性能产生较大的影响。在应用动力时程分析方法对建筑模型的抗震性能进行分析时,一般需要设定以下几个方面的条件:地基不会对建筑物的主体结构产生影响;建筑物的质量矩阵与刚度矩阵线性组合可以构成阻尼矩阵;楼板是承担楼层全部质量的主要部分。在设定好假设条件之后,需要结合高层混凝土建筑工程的建设要求和场地条件等方面的因素,选择多种不同特性的地震加速度时程曲线。建筑物的抗震性能本身会在受到力的作用情况下发生变化,因而还需要基于力学特性的相关技术原理,构建建筑物在受到地震作用力下的变化模型,并设置好相应的力学特性参数。依据模型来建立建筑物结构的振动微分方程,在求解方程之后,就能得到建筑物结构在地震作用下的弹塑性变化情况。

#### 3.1.3 Pushover分析方法的改进

尽管Pushover分析方法是现阶段用于建筑物结构抗震设计的有效方法之一,但其在实际的应用中仍然存在一定的限制。对Pushover分析方法进行改进,主要

是从模型建立和参数选择的角度,优化建筑物结构模型的呈现效果。例如,依据试验选取的高层混凝土建筑模型参数,在构建模型的过程中考虑侧向适应性的荷载分布加载模式,应用M3型的梁塑性铰,PMM型的柱塑性铰,选取有效的振型对模型框架结构进行静力推覆分析。将分析得到的结果与振型的参与质量相比较,并对振型的目标位移大小进行修正。改进Pushover分析方法主要依靠高阶振型的作用,这种振型在实际的应用中能进一步细化估算结构需求,并反映出结构发生屈服后的地震作用变化,从而有效提高建筑物结构抗震性能分析的精度<sup>[4]</sup>。

### 3.2 用能力谱方法设计抗震结构

#### 3.2.1 设计原理

对能力谱分析方法的试验分析,选取的建筑模型以综合性高层混凝土建筑模型为主,建筑地下包括3层结构,建筑空间长为67~82.8 m,宽为76.8~89.5 m,建筑主体结构高度约为164.80 m,建筑抗震等级设为6度,建筑在使用中承受的风压为0.70 kN/m<sup>2</sup>。能力谱方法在实际的应用过程中,主要会受到高层混凝土建筑不同建设要求的影响而存在差异。ATC-40方法是一种较为常见的能力谱方法。ATC-40方法在实际的应用过程中,首先需要对构建的建筑物结构模型施加单调递减的水平荷载力,获取作用力的变化情况之后,对其进行Pushover分析,得到建筑物结构的基底剪力-顶点位移曲线。结合建筑物的整体要求,将该曲线转化为能力谱曲线。然后需要在确定好5%阻尼的线性弹性传统反应谱之后,也将其转化为能力谱的曲线形式。将得到的两种曲线在坐标系中绘制出来,在曲线上随意选取一个初始点计算等效阻尼,并依据得到的计算结果对弹性反应谱进行调整,得到一个需求谱。能力谱和需求谱之间的交点与初始点之间的距离,是判断目标性能点是否能真实反映建筑物结构的主要依据。在多次重复以上步骤找到目标性能点之后,就需要依据建筑物结构的多自由度体系,对其再次进行Pushover分析,从而对高层混凝土建筑物结构的抗震能力进行分析。从建筑物结构的抗震性能角度来看,以能力谱曲线的方式对建筑物结构的抗震性能进行分析,能得到一个更具综合性的抗震能力分析结果。能力谱与需求谱能以更为详细的反映结构,在模型中找出建筑物结构在受到地震作用力情况下的弹塑性极限点,并显示

结构的最大位移,为建筑结构的调整提供更加科学的依据。

#### 3.2.2 能力谱方法的改进

能力谱方法从本质上来说是一种对建筑物结构从弹塑性的角度进行抗震性能分析的方法。当前我国对能力谱方法的研究尚处于初级阶段,在实际应用中很难与建筑物结构真正结合起来,因而需要结合我国建筑物结构的实际情况,对能力谱方法进行改进。Pushover模型可以为能力谱的分析提供支持,因而对能力谱的改进,也需要考虑Pushover模型和曲线在实际应用中的缺陷和不足。例如,要改进能力谱方法,可以充分发挥模态Pushover分析方法的作用。这种分析方法具有适应性强的特点,能解决以往Pushover分析方法和能力谱分析方法在动力特性变化方面分析的限制。这种适应性的加载方法,能借助建筑物结构的振型参与系数来反映建筑物结构的抗震性能。模态Pushover分析方法主要基于结构动力学理论,与Pushover分析方法的改进原理类似,都需要考虑高阶振型是否会对建筑物结构产生影响。一般情况下,建筑物结构在受到地震作用力影响的情况下,发生屈服变化之后,结构本身的刚度也会发生变化。对建筑物结构刚度的计算,可以依据模态Pushover能力曲线,并应用弹性自振振型和楼层位移形状来减轻建筑物结构抗震性能分析中庞大的工作量。

### 4 结束语

住宅建筑的抗震设计是一项系统、综合性的考量,住宅建筑的抗震水平会对人民的生命财产安全产生重要影响。相关住宅建筑设计单位必须高度重视房屋抗震性设计,采用准确、合理的抗震设计方法,不断提高房屋抗震性能,为社会建造更好的房屋建筑项目。

#### 参考文献

- [1] 秦迎.高层建筑结构抗震性能设计与处理措施分析[J].住宅与房地产,2019(5):80.
- [2] 吴晓建.土木工程结构设计阶段抗震性的重要性分析[J].住宅与房地产,2017(12):118.
- [3] 李嵩.高层建筑结构抗震性能处理措施分析与设计[J].江西建材,2016(14):32,37.
- [4] 姚曦.高层建筑结构抗震性能处理措施分析与设计[J].江西建材,2016(2):34,36.