

某超高层公寓结构抗震性能分析

文 / 李 军 深圳市华森建筑工程咨询有限公司

摘要: 随着城市化的发展和土地资源的日益减少,超高层建筑不断涌现。因此,超高层建筑的抗震性能分析对我国社会经济的发展具有重要的作用。本文对一栋 35 层部分框支剪力墙结构公寓进行了多遇地震及风荷载作用下的弹性分析(振型分解反应谱法),并补充了弹性时程分析。

关键词: 超高层建筑;部分框支剪力墙

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.08.082

引言

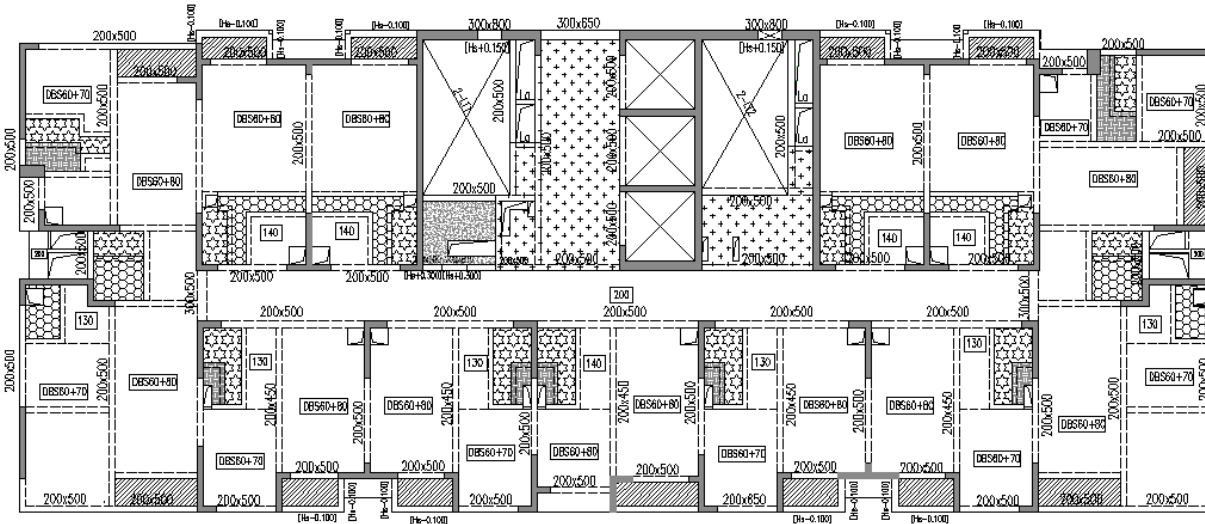
在我国超高层建筑中,针对其整体的安全性和稳定性,要根据具体的实际情况进行抗震性能分析,防止在地震发生时建筑倒塌,减少对人民生命财产造成的损害。

一、工程概况

1、本公寓位于深圳市南山区蛇口街道,地下设有三层地下室,地上共 35 层,结构高度 117.5 米,结构类型为部分框支剪力墙结构,嵌固端为地下室顶板,转换层位于四层楼面。

2、结构设计参数

结构设计使用年限	结构安全等级	结构重要性系数	抗震设防烈度
50 年	二级	1.0	7 度
基本地震加速度	场地类别	设计地震分组	抗震设防类别
0.1g	II 类	第一组	丙类
结构抗震等级	基本风压	地面粗糙度	风荷载体型系数
一级(框支框架特一级)	0.75kN/m ²	B 类	1.4



标准层结构平面图

二、结构抗震超限类型判断

按照《超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点》(建质[2015]67号)文件的要求,对本工程结构不规则性进行逐项检查。本工程存在以下超限情况:

1、本公寓为部分框支剪力墙结构,117.5m>100m,为超 A 级高度。

2、偶然偏心的最大扭转位移比为 1.55>1.2,为扭转不规则。

3、第三层为转换层,竖向构件间断。

根据上述超限情况,本公寓存在高度超限和两项一般不规则。因此,本公寓为高度超限的超限高层建筑。

三、多遇地震及风荷载作用下的弹性分析(振型分解反应谱法)

本工程采用了 YJK 和 ETABS 两种不同内核的有限元计算软件进行整体结构计算,并对主要计算结果进行了对比,具体详情如下。

(一)周期和振型的对比

根据周期和振型的数据对比结果表明,两种计算软件的前三阶周期值和振动方向是较为贴合,结构振型参与质量之和均不小于总质量 90%,结构第一、二振型均以平动为主,第三振型均为扭转振型。第三振型的自振周期与第一振型的自振周期的比值均小于 0.85,满足规范要求,结构的抗扭刚度良好。

表 3.1—周期和振型

计算软件		YJK X-Y-RZ	ETABS X-Y-RZ	YJK/ETABS	备注
结构自振周期 (S)	T1	3.25	3.14	103.08%	Y 向平动
		0.00+1.00+0.00	0.00+1.00+0.00		
	T2	2.55	2.46	103.12%	Y 向平动
		0.80+0.00+0.20	0.80+0.00+0.20		
	T3	1.91	1.90	102.20%	扭转
		0.20+0.00+0.80	0.20+0.00+0.80		
振型有效质量 参与系数	X	96.00%	100.00%	—	>90%
	Y	95.31%	100.00%	—	
周期比 T3/T1		0.59	0.61	—	<0.85

(二) 层间位移角的对比

根据 YJK 与 ETABS 计算软件输出的层间位移角分布情况，剪重比调整后，最大地震工况下层间位移角出现在 20 层，为 1/1079，小于 1/800，满足规范要求。风荷

载作用下最大层间位移角为 1/510，出现在 28 层，风洞风荷载作用下最大层间位移角为 1/584，出现在 36 层，均小于 1/500，满足规范要求。

表 3.2—水平荷载作用下楼层位移角

水平荷载作用	计算软件	YJK		ETABS	
	项目	Dir_X	Dir_Y	Dir_X	Dir_Y
地震作用	最大层间位移角	1/1079	1/1194	1/1543	1/1269
	所在楼层	20	31	25	31
规范风作用	最大层间位移角	1/1726	1/510	1/1783	1/548
	所在楼层	17	28	17	28
风洞风作用	最大层间位移角	1/2609	1/584	—	—
	所在楼层	15	36		
规范限值		地震作用下满足规范 <1/800，风荷载作用下满足规范 1<1/500 要求			

(三) 层间位移的对比

根据地震作用和风荷载作用下层位移结果，风洞风

荷载作用下各楼层位移均小于 50 年规范风荷载作用下的位移。

表 3.3—水平荷载作用下楼层位移

水平荷载作用	计算软件	YJK		ETABS	
	项目	Dir_X	Dir_Y	Dir_X	Dir_Y
地震作用	最大位移 (mm)	40.37	71.24	35.37	66.94
规范风作用	最大位移 (mm)	32.18	169.39	35.11	168.75
风洞风作用	最大位移 (mm)	30.42	143.21	—	—

(四) 主要计算结果结论

综上所述，在多遇地震及风荷载作用下，YJK 和 ETABS 两种软件的各项计算指标和变化方向基本一致，表明结构模型真实可靠，计算结果较为合理，满足规范要求。

速度峰值为 35cm/s²，地震波振型阻尼比为 0.05，地震波的时间间距为 0.02s。下图列举各地震波主方向反应谱曲线同规范反应谱的对比图。

四、弹性时程分析

(一) 输入地震时程

根据《高规》JGG3-2010 第 4.3.4 条规定，本公寓应补充弹性时程分析方法下的多遇地震计算。计算分析时选用五条天然波及两条人工模拟的加速度时程曲线。按照主、次波的方式进行双向地震计算。其中，地震加

(二) 弹性时程分析结果

根据振型分解反应谱法和弹性时程分析方法的对比结果，每条时程曲线计算所得基底剪力均在振型分解反应谱法计算结果的 65% 和 135% 之间；七条时程曲线计算所得基底剪力的平均值均在振型分解反应谱法计算结果的 80% 和 120% 之间，满足《高规》JGJ3-2010 第 4.3.5 条的规定。

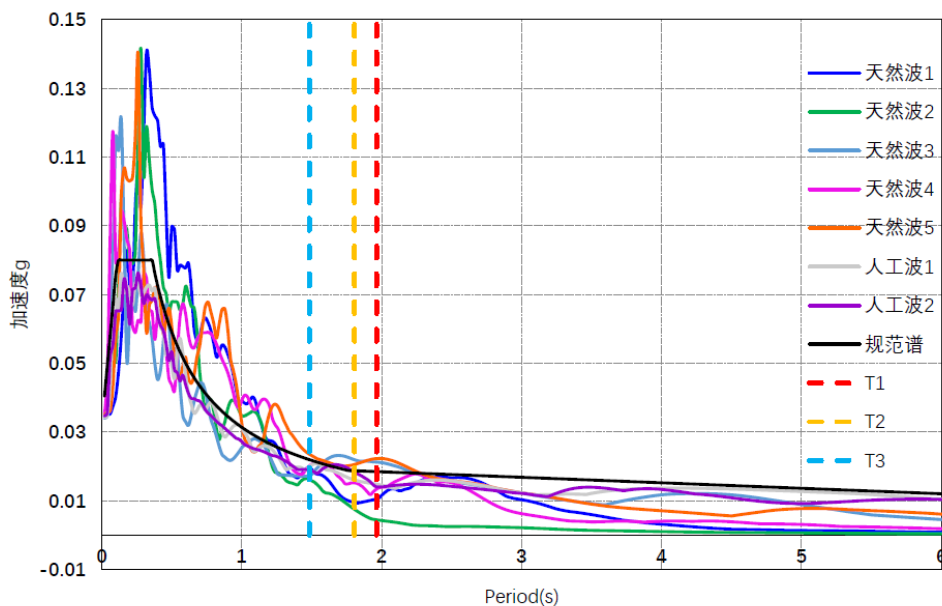


图9.2.14-2 各地震波谱曲线与反应谱曲线

表 4.2.1 小震时程工况下的基底剪力及位移角

工况	Dir_X			Dir_Y		
	层间位移角	基底剪力 (KN)	时程与反应谱基底剪力比值	层间位移角	基底剪力 (KN)	时程与反应谱基底剪力比值
天然波 1	1/3621	3704	78%	1/1691	5656	96%
天然波 2	1/3206	4190	88%	1/2121	4674	79%
天然波 3	1/2038	4980	105%	1/1357	4922	83%
天然波 4	1/2085	5787	122%	1/1133	8358	141%
天然波 5	1/2913	4098	86%	1/1603	4378	74%
人工波 1	1/2177	5407	114%	1/1602	5421	92%
人工波 2	1/1810	5584	118%	1/1265	6645	112%
平均值	1/2550	4822	101%	1/1462	5722	97%
反应谱	1/1709	4752	—	1/2193	5910	—

(三) 楼层剪力放大系数

在高阶振型的影响下，长周期高柔结构顶部楼层的鞭梢效应开始显现，弹性时程分析下的地震剪力通常较振型分解反应谱法的大。按照规范要求，将七条时程波的各楼层剪力平均值与反应谱(剪重比调整后)进行比较。

经比较，经剪重比调整后的反应谱大部分楼层地震剪力大于时程波各楼层剪力平均值，不需要对反应谱法计算所得内力调整；而 28 层及以上楼层反应谱楼层地震剪力小于弹性时程波各楼层剪力平均值，需要对反应谱法计算所得的内力进行放大，放大数据详见下表。

表 4.2.2 楼层剪力放大系数

楼层	X 向放大系数	Y 向放大系数	楼层	X 向放大系数	Y 向放大系数
1~10	1.000	1.000	31	1.097	1.097
11~20	1.000	1.000	32	1.125	1.125
21~27	1.000	1.000	33	1.137	1.137
28	1.020	1.020	34	1.148	1.148
29	1.040	1.040	35	1.157	1.157
30	1.055	1.055	36	1.123	1.123

结语

本公寓为仅高度超限的超限高层建筑，采用 YJK 和 ETABS 两种软件进行了弹性对比分析（振型分解反应谱法），并补充了弹性时程分析。结果表明，在多遇地震及风荷载作用下，各项设计控制指标符合规范要求，结构能满足抗震性能要求。

参考文献

- [1] 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010[S] 中国建筑工业出版社，2010。
- [2] 《建筑抗震设计规范》(2016 年版)GB50011-2010 [S] 中国建筑工业出版社，2016。
- [3] 渔二村项目超限高层建筑抗震设计可行性论证报告 [M] 深圳市华阳国际工程设计股份有限公司，2023.11。