

平面不规则建筑的抗震性能研究

林朝东

中铁建安工程设计院有限公司 河北 石家庄 050043

【摘要】：在高烈度区，对平面不规则建筑采用隔震方案，利用 YJK 软件和 SAUSG 软件进行中、大震模型计算，通过对比两种软件的计算数据和弹性时程分析，结果表明，两种软件计算的质量、周期基本一致，弹性层间位移角、隔震支座承载力等数据满足规范要求，隔震技术显著改善了结构的抗震能力。

【关键词】：高烈度地区；抗震性能；隔震技术；层间位移角

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.017

随着经济与技术的不断发展，对建筑在地震作用下的安全性提出了更高的要求。特别是高烈度设防地区的重点设防类建筑，应采用减、隔震技术，以保证其抗震性能满足相关国家标准^[1]。对于高烈度地区，不规则建筑采用减震技术时，结构的整体计算指标难以满足规范要求，导致结构的构件截面尺寸较大，造价也相对较高；采用隔震技术，通过在上部结构与基础之间布置隔震层，将地震产生的能量主要吸收在地下，更好的保障地上建筑物的安全^[2]。

1 工程概况

本工程抗震设防烈度为 8 度，抗震设防类别为乙类，采用钢筋混凝土框架结构，抗震等级为一级。该建筑共计地上 5 层，局部 6 层，地下 1 层，层高 4.10m，结构高度 20.80m。柱混凝土强度等级由下往上采用 C45、C40、C35 三种强度等级，梁和板强度等级为 C30。楼板厚度取值为隔震层 180mm，其他层 120mm。抗震受力构件主筋采用 HRB500 级钢筋，抗震受力构件箍筋与板筋采用 HRB400 级钢筋。

隔震支座包含橡胶和铅芯两种类型，隔震层布置于基础与上部结构之间，采用 YJK 软件建立隔震模型，见图 1、图 2 所示。

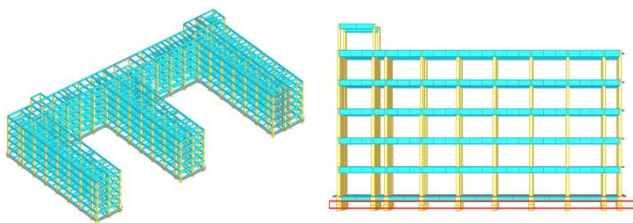


图 1 YJK 中建立的隔震模型图 2 隔震支座的模拟

2 抗震设防目标

抗震设计目标。首先，对结构进行中震弹性计算，位移角不应超过 1/400。对关键构件和普通竖向构件、重要水平构件的斜截面按中震弹性进行计算配筋；对普通水平构件和普通竖向构件、重要水平构件正截面

按中震不屈服进行计算配筋。其次，对上部结构进行大震变形计算，位移角不应超过 1/100^[3]。最后，对隔震上、下支墩进行大震抗弯不屈服、抗剪弹性的承载力计算，并考虑隔震支座变形较大引起的附加弯矩。

抗震性能目标。结构构件在设防地震条件下应保持基本完好或轻微损伤；而在罕遇地震条件下，结构仅出现轻度或中度损坏，隔震区域部件能正常工作。

3 设防地震计算

本工程通过 SAUSG 非线性有限元分析软件建立隔震与非隔震两种结构模型进行计算，并与 YJK 隔震模型进行对比分析。

3.1 模型准确性验证

对于不规则建筑，应以反应谱分析为基础，采用时程分析进行补充核算^[4]。将隔震层和上部结构计算得到的剪力、层间位移数据进行对比分析，当采用时程分析法计算得到的数据较大时，应调整有关部位的部件与构件配筋^[5]。将 SAUSG 和 YJK 两种软件的隔震模型数据进行比较，结果见表 1、表 2。其中差值： $|\text{SAUSG}/\text{YJK}-1|*100\%$

表 1 结构质量对比

YJK	SAUSG	差值(%)
43596	44475	2.01

表 2 隔震后结构周期对比

振型	YJK	SAUSG	差值(%)
1	2.41	2.38	1.24
2	2.40	2.38	0.83
3	2.38	2.34	1.68

由表 1 可以看出，两种软件计算得到的质量十分接近。由表 2 可以看出，两种软件计算得到的主要周期十分接近。综合来看，本工程采用 SAUSG 和 YJK

两种模型进行隔震计算的一致性较高。

3.2 选波与时程选取

本工程在设防地震情况下，挑选出2条天然地震波和1条人工波。反应谱曲线对比数据见表3。

表3 3条时程反应谱与规范反应谱曲线对比表

振	SSG(隔)	时程平均影响系数	规范反应谱影响系	差值
1	2.380	0.696	0.713	2.4%
2	2.380	0.696	0.713	2.4%
3	2.340	2.355	2.300	-2.4%

根据表3数据可以得出，采用时程分析时所选地震反应谱与规范反应谱较为接近，表明所选地震波符合规范要求。

3.3 弹性时程分析

根据选用的地震波进行中震弹性时程验算，得到隔震结构的弹塑性层间位移角，详见表4。由表可知，计算结果满足《新隔标》第4.5.2条限值要求。

表4 设防地震下隔震结构弹性层间位移角

地震波	X 主向		Y 主向	
	最大顶点位移	最大层间位移角	最大顶点位移	最大层间位移角
T4576	0.190	1/671	0.193	1/607
Chi-Chi-Chi_Taiwan_NO_1227_X	0.209	1/596	0.200	1/513
R0072TG060	0.237	1/586	0.238	1/552

4 罕遇地震弹塑性时程分析

在进行时程分析时，地震波的选取应结合建筑场地类别和设计地震分组^[4]。本次在罕遇地震情况下挑选了2条天然地震波和1条人工波。经过计算得到隔震结构的变形数据，见表5所示。隔震支座滞回曲线、隔震支墩内力验算与性能化评估见图3、图4、图5所示。

表4 罕遇地震下隔震结构位移角

地震波	X 主向		Y 主向	
	最大顶点位移	最大层间位移角	最大顶点位移	最大层间位移角
R0072TG060	0.524	1/121	0.536	1/106

T4576	0.507	1/139	0.512	1/122
Chi-Chi-Chi_Taiwan_NO_1227	0.529	1/111	0.518	1/110

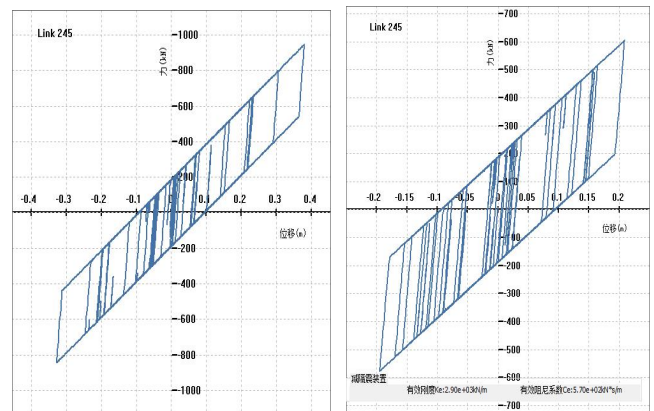


图3 隔震支座的滞回曲线

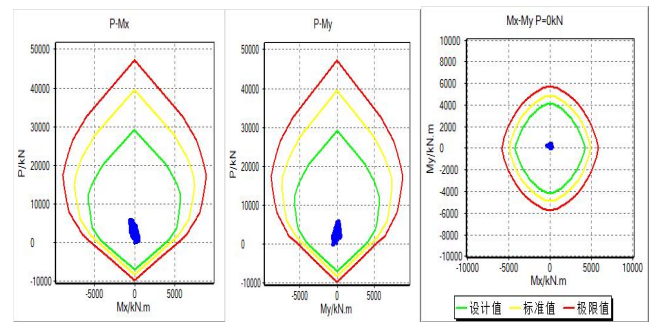


图4 隔震层支墩内力验算

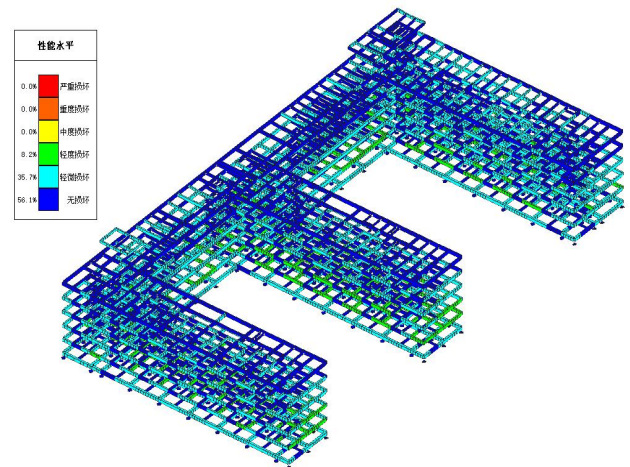


图5 框架梁性能指标

由表4可知，计算结果符合《新隔标》第4.5.2条限值要求。由图3可以看出滞回曲线较为饱满，隔震支座显示出有良好的耗能能力。由图4可知隔震层支墩在罕遇地震作用下，承载力满足抗弯不屈服，达到了《隔标》4.7.2的要求。

5 结论

在设防地震及罕遇地震下,采用3条地震波对结构进行弹塑性时程分析,主要结论如下:

(1) 设防地震作用下,与非隔震结构相比,隔震结构地震作用明显减小;X向、Y向的最不利层间位移角分别到达1/586、1/513,达到规范要求,满足目标预期。

(2) 罕遇地震作用下,X向、Y向的最不利层间

位移角分别到达1/111、1/106,达到规范要求,满足目标预期。

(3) 由性能化结果可以看出,在罕遇地震作用下,框架梁发生轻微~轻度损伤,框架柱发生轻微~中等破坏,隔震支座、支墩没有损坏,经过适度修理可正常使用。

(4) 在高烈度地区,平面不规则建筑采用隔震方案后,能够满足结构抗震能力与建筑功能等方面的要求。

参考文献:

- [1] 国务院.建设工程抗震管理条例:国务院令第744号[Z].北京:国务院,2021-07-19.
- [2] 续若楠,孙传智,刘其新.基础隔震技术应用研究及经济效益分析[J].特种结构,2008,(04):14-16.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑隔震设计标准:GB/T51408-2021[S].北京:中国建筑工业出版社,2021.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑抗震设计标准:GB50011-2016[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [5] 王俊.某小学教学楼隔震结构设计[J].有色金属设计,2022,49(02):35-41.