

Analysis of the Overlimit Structure of a Medical Technology Inpatient Building in a Certain Hospital

Bo Peng

China Architecture Design & Research Group, Beijing, 100044, China

Abstract

This paper introduces the structural design and over limit analysis of a medical technology inpatient building in a certain hospital, including the basic overview of the project, structural system, over limit discrimination, performance objectives, etc. The inpatient building mainly has oversized floor openings and connected roof layers. The main design and analysis method is to use YJK software and the revitalization decomposition response spectrum method to compare and judge the calculation indicators specified in the specifications under frequent earthquakes; Using validated calculation models under seismic fortification and rare earthquakes, conducting elastic-plastic time history analysis and elastic-plastic damage evaluation using Usage software; And supplement the analysis of floor stress calculation, equivalent elasticity calculation, etc. Verified that the structural system, layout, and seismic measures of the medical technology inpatient building can meet the seismic target requirements of the over limit structure.

Keywords

over limit high-rise building; structural design; over limit analysis; elastic-plastic analysis; performance-based design

某医院医技住院楼超限结构分析

彭博

中国建筑设计研究院有限公司, 中国 · 北京 100044

摘要

论文介绍了某医院医技住院楼的结构设计及超限分析情况, 包括工程概况、结构体系、超限判别、性能目标等基本概况。该住院楼主要存在楼板大开洞、屋面层连体的超限情况。主要设计分析方法为在多遇地震下, 利用YJK软件, 采用振型分解反应谱法对规范规定的计算指标进行对比判定; 在设防地震和罕遇地震作用下采用验证后的计算模型, 利用Sausage软件进行弹塑性时程分析、弹塑性损伤评价; 并补充楼板应力计算, 等效弹性计算等分析。验证了医技住院楼的结构体系、结构布置及抗震措施能够满足超限结构的抗震目标要求。

关键词

超限高层; 结构设计; 超限分析; 弹塑性分析; 性能化设计

1 工程概况

该项目位于中国海南省三亚市海棠区。院区内包含医技住院楼、门急诊综合楼、特需门诊住院楼、高干保健楼等医疗功能建筑以及科研教学宿舍楼、报告厅、宿舍楼及附属设施。

医技住院楼为地上 5 层, 地下 2 层, 坡型屋面最高点标高 33.6m。根据《三亚市人民政府办公室关于提高我市学校与医疗及党政机关等建筑物抗震设防要求的通知》(三府办〔2010〕126 号), 医技住院楼地震作用按设计地震基本加速度 0.10g 进行计算, 特征周期 0.45s, 地震分组第一组, 场地类别 III 类。院区整体效果如图 1 所示。



图 1 院区整体效果图

2 结构体系

医技住院楼采用钢筋混凝土框架结构体系, 二至三层的平面布置均为左右两侧框架结构体系由中庭进行弱连接, 右侧框架结构至三层截止, 屋顶由坡型的架空层屋架连接, 架空层采用箱型钢框架。地上框架柱除首层的框架柱及钢管

【作者简介】彭博(1993-), 男, 中国北京人, 硕士, 工程师, 从事结构设计研究。

柱外,部分采用预制空腔柱;楼板采用预制混凝土叠合楼板,一般楼板厚度取130mm。三维模型如图2所示。

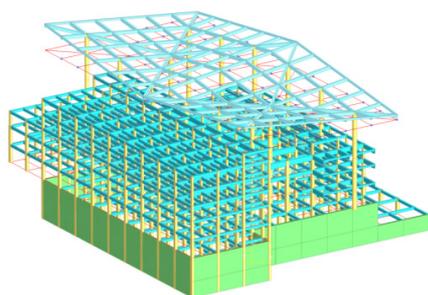


图2 三维模型示意图

3 超限判别及性能目标

按照《海南省超限高层建筑工程抗震设计要点(2021年版)》(以下简称《要点》)以及《超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点》对结构形式进行判定,判定结果:医技住院楼存在扭转不规则、局部楼板不连续、局部穿层柱、结构平面凹进、屋顶层连体的不规则项,属于超限高层结构^[1]。

依据《高规》以及《要点》,结合本工程的抗震设防类别、设防烈度、场地条件、结构特点,抗震性能目标设定为C级:即多遇地震下完好、设防地震下轻度损坏、罕遇地震下中度损坏。关键构件为支撑屋顶架空层的14根框架柱;首层至四层中庭的穿层柱;三、四层中庭内连接两端主楼的框架梁及与之相连的框架柱;二层及三层中庭内连接两端主体的单跨框架梁、柱。

4 结构分析及结果

4.1 多遇地震(小震)

设计采用YJK 5.3.1计算软件,并采用Etabs 2020进行第二软件复核,按照《要点》的要求对两种计算软件下的模型计算结果进行对比,验证计算模型的有效性。小震弹性反应谱计算指标除结构位移比大于1.2外,其余各项指标满足规范限值要求。

4.1.1 弹性时程分析

按照《抗规》要求选取7条地震波进行弹性时程分析,平均谱作用下的层间位移角小于限值1/550,满足规范要求。时程法计算所得到的楼层剪力略大于小震振型分解反应谱法计算的结果,在小震设计时,应按时程分析计算结果放大大层剪力。

4.1.2 楼板温度应力分析

按照使用阶段温度作用并考虑了分项系数1.5进行计算分析。结果显示,温度作用下,除了二层单跨连接部位的角部楼板以及开洞角部的楼板应力比较集中,整体应力不大,对于局部楼板开洞处以及单跨连接部位,有应力集中区域,低楼层楼板应力较大,楼板配筋应适当加强,保证结构安全^[2]。

4.2 设防地震(中震)

设计采用软件YJK对结构进行中震作用下等效弹性分

析计算,以《要点》4.2.3、4.2.11为参照:结构自振周期不折减,第3水准结构阻尼比比小震分析时增加0.005,即阻尼比取5.5%,地震影响系数最大值0.23,计入偶然偏心影响,不考虑双向地震作用。

4.2.1 截面设计(YJK)

根据结构抗震性能化目标要求,按照关键竖向构件抗弯不屈服,抗剪弹性的要求,采用YJK进行构件的中震承载力验算,各楼层的结构构件验算结果均满足抗震性能目标要求。

4.2.2 楼板应力验算

各层楼板在洞口周边及弱连接位置均存在局部受拉和受压区域,除柱顶位置及个别洞口边缘等应力集中部位外,大部分楼板拉应力均不大。可见在中震作用下,结构各层楼板均不会出现大面积损坏,可有效地传递地震水平剪力,满足抗震性能化目标,其中对于拉应力超出混凝土抗拉强度标准值的区域将通过加强配筋、加厚楼板厚度的方式予以处理。

4.3 罕遇地震(大震)

在大震作用下的构件内力采用等效弹性方法,具体参数为:水平地震影响系数最大值按规范取值0.50,特征周期取0.5s,周期折减系数取为1.0,中梁刚度放大系数取为1.0,结构阻尼比取为0.06。采用YJK进行大震作用下性能水准4的设计。

4.3.1 截面设计(YJK)

根据结构抗震性能化目标要求,按照水平长悬臂结构和大跨结构抗弯不屈服,抗剪不屈服的要求,采用YJK进行构件的大震承载力验算均满足抗震性能目标要求。

4.3.2 竖向构件剪压比验算

依据JGJ 3—2010《高规》式3.11.3-4对框架柱进行抗剪截面验算进行计算,在大震弹塑性时程分析的各工况下各框架柱的剪压比平均值最大为 $0.08 < 0.1$;在等效弹性大震计算下,($VGE+VEK$)/ $0.15fckbh_0$ 的结果均 < 1 ,说明大震作用下,关键构件柱和普通竖向构件均满足抗剪截面要求^[3]。

4.3.3 弹塑性计算分析

采用PKPM-SAUSAGE有限元程序进行大震作用下的非线性时程分析。选取满足规范要求的7条地震波(2条人工波,5条天然波)分别以X、Y作为主方向进行输入,从而形成14个工况。结果表明大震作用下,结构的最大层间位移角(1/63)小于抗震设防性能目标的限值,弹塑性分析得到的基底剪力与弹性分析得到的基底剪力的比值在0.78左右,结构弹塑性附加阻尼比在0.6%左右,说明大震后结构刚度未发生剧烈下降,结构的抗震性能良好。

4.3.4 损伤评价

根据SAUSAGE弹塑性时程分析结果对结构构件的损伤情况(性能水平)进行评价:

耗能构件(除关键构件外的梁):大部分处于轻微损坏(占比46.6%)与轻度损坏(36.3%)或更低的损坏程度,损坏程度最高的少部分处于中度损坏(占比4%),满足抗

震性能目标：在罕遇地震下，耗能构件允许中度损坏。

普通构件(除关键构件外的柱)大部分处于轻微损坏(占比31.6%)与轻度损坏(51.9%)或更低的损坏程度，损坏程度最高的少部分处于中度损坏(占比14.1%)，满足抗震性能目标：在罕遇地震下，普通竖向构件允许部分中度损坏。

关键构件：全部关键构件的损坏程度均在轻度损坏及以

下,满足抗震性能目标:在罕遇地震下,关键构件允许轻度损坏。

楼板：全部楼板的性能水平为轻微损坏(占比5.3%)及无损坏(占比94.7%)，损坏主要在三层单跨连接的楼板及各层的开洞周边的楼板，说明罕遇地震作用下，楼板不会发生大规模损坏，结构整体安全性良好^[4]。

性能水平分析如图3所示。

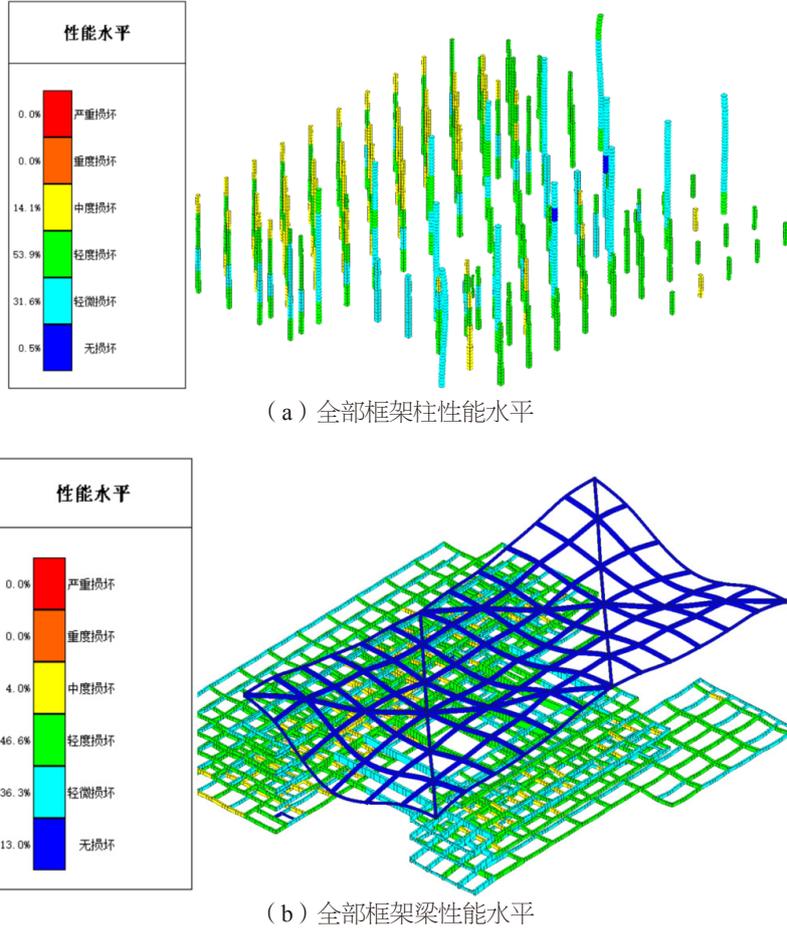


图3 性能水平分析

5 结论

①多遇地震作用下采用反应谱法并补充弹性时程分析的计算结果表明，结构在多遇地震作用下的静力弹性分析结果，结构的剪重比、最大层间位移角、刚重比等指标均满足规范要求；结构温度应力分析结果满足规范要求。②设防地震作用下构件分析表明，普通梁、柱能满足中震下抗剪不屈服的性能水准要求，其中框架柱能满足中震下抗弯不屈服的性能水准要求，关键构件能达到中震下抗剪弹性、抗弯不屈服的性能水准要求。③罕遇地震作用下构件分析表明，罕遇地震下的层间位移角满足性能目标限值；框架柱的大部分损伤程度为轻微~轻度，其中关键构件柱的损伤程度都在轻度及以下；大部分框架混凝土梁损伤程度为轻微~轻度，其中关键构件梁的损伤程度都在轻度及以下；混凝土楼板中庭连接部位楼板为轻微损伤，其余部位损伤程度为无损伤~轻度。结构整体

性能化评价满足大震下性能目标要求。

经过计算分析与论证，医技住院楼主要设计指标满足规范要求，针对不规则超限项采取相应的抗震构造措施，实现了抗震性能目标的要求：多遇地震下满足性能水准1，设防烈度地震下满足性能水准3，罕遇地震下满足性能水准4，结构抗震性能目标C级。

参考文献

- [1] 颜翔.超高层建筑中斜柱影响及措施分析[J].建筑技术开发,2020(12):2.
- [2] 吴荫强,王勇,朱家信,等.大角度斜柱施工技术 在莲塘口岸工程的应用[J].工程建设,2021(7):53.
- [3] 赵松林,朱祖敬,廖嘉荣.某超高层建筑底部斜柱转换的结构设计与分析[J].建筑结构,2020,50(14):6.
- [4] 吴桂广,甘明华.带转换斜柱的框剪结构弹塑性时程分析[J].广东土木与建筑,2017,24(4):4.