

Analysis of Structural Design of a Large Open Hole Office Building

Yi Liu, Jie Luo, Xuankun Xia, Huibo Gao

Yunnan Construction and Investment Holding Steel Structure Co., LTD., Kunming Yunnan
Email: 371323088@qq.com

Received: Dec. 25th, 2018; accepted: Jan. 8th, 2019; published: Jan. 15th, 2019

Abstract

One building with two huge holes, which consider for lighting, causes the structure problems of structural period ratio, and structural beam-column section is large. This building was designed as steel frame system and steel frame-brace structure. By using the software of PKPM, the comprehensive economic indicators of structures are reasonable, through structural performance design and comparison of the schemes, ensuring functional and structural safety of the building.

Keywords

Steel Frame System, Steel Frame Braced Structure, Performance Based Design, Period Ratio

某大开洞办公楼结构设计的分析

刘毅, 罗杰, 夏选锟, 高会波

云南建投钢结构股份有限公司, 云南 昆明
Email: 371323088@qq.com

收稿日期: 2018年12月25日; 录用日期: 2019年1月8日; 发布日期: 2019年1月15日

摘要

某办公楼由于采光需要而采用中间开两个大洞的“日”字形平面, 从而引起结构周期比超限、结构梁柱截面过大等问题。本文采用钢框架结构体系与钢框架支撑结构体系, 利用PKPM计算分析软件, 通过结构性能化设计、方案的对比, 确保在建筑使用功能、结构安全前提下, 结构综合经济指标的合理。

关键词

钢框架体系, 钢框架-支撑体系, 性能化设计, 周期比

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 由于钢结构工厂化生产, 现场作业较少, 钢材抗震强度好, 自重较轻, 而广泛应用于大型厂房、桥梁、场馆、超高层等领域。很多文献, 如冯冲[1]和高立翔[2]等都对钢材在高层建筑制作和应用的方法, 以及高层建筑在修建过程中所选用的结构进行了全面详细的分析。随着钢结构发展越来越快。结构形式也发生了很大的变化, 由纯钢结构发展为钢管混凝土结构, 进而发展为钢骨混凝土结构。越来越多的结构形式出现, 扬长避短, 构件向着小截面高强度的方向发展。

在多层钢结构中, 钢框架体系计算简单, 稳定性较好, 制作与运输相对简单, 工程中用的较多。而对于高烈度区, 建筑高度较高, 层间位移起控制作用时, 则会适当的增加支撑。提高结构整体刚度, 减少梁柱的用钢量, 使结构整体计算情况得到改善。有很多文献研究了支撑对结构产生的影响, 比如陈明华[3]研究了不同支撑类型, 支撑方式对高层钢框架结构的侧移刚度影响以及支撑布置的经济性。张谨[4]研究了偏心支撑对结构体系的影响。本文根据前面的研究结果, 依据实际计算的结果, 对某 60 m 的高层进行了钢框架体系、钢框架 - 支撑体系的计算, 并将结果进行对比分析。

2. 概述

本工程位于云南省昭通市, 地下 2 层, 地上 15 层, 建筑总面积近 7 万 m^2 , 地上建筑面积约为 5 万 m^2 , 主要功能为办公及公寓; 地下建筑面积约为 2 万 m^2 。标准层层高 3.600 m, 总高 61.800 m。平面尺寸: 89.100 m \times 49.800 m, 柱距: 8100 mm。建筑标准层平面布置图见图 1 所示。

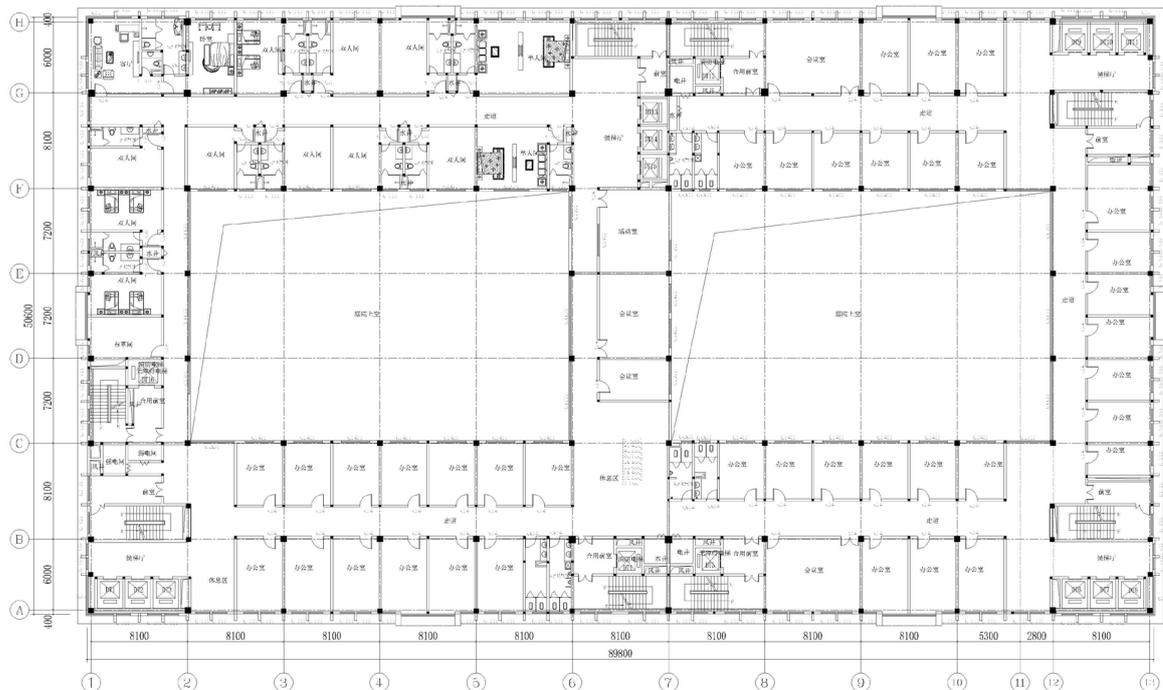


Figure 1. Standard floor plan of building

图 1. 建筑标准层平面图

该工程设计基准期为 50 年，50 年一遇的基本风压 $\omega_0 = 0.35 \text{ KN/m}^2$ ，地面粗糙度类别为 B 类，结构抗震性能基本数据如表 1 所示。

Table 1. Basic seismic data of the structure

表 1. 结构抗震基本数据

序号	项目	数据内容	序号	项目	数据内容
1	抗震设防类别	丙类	5	设计地震分组	第三组
2	抗震设防烈度	7 度	6	场地类别	III 类
3	抗震等级	三级	7	特征周期	0.65 s
4	地震加速度	0.10 g	8	阻尼比	0.04

3. 结构体系及设计概况

本工程地上部分采用钢结构，地下室部分为钢筋混凝土结构。工程地下室一层顶板(相对标高-1.200 m)有 1.2 m 覆土，地上钢结构嵌固端取于-1.200 m 处。钢柱与地下室混凝土柱采取钢管柱在负一层过渡一层进行连接，地下室一层底板(相对标高-5.550 m)处为无梁楼板。为了保证地下停车位的空间，地上钢结构柱子选取钢管混凝土柱，以减小钢柱截面，并在一定程度上延长钢结构防火时间。

工程选用 PKPM (V3.1)进行整体分析。

此工程特点：1) 结构 4 层以上结构平面呈“日”字形，对建筑采光，节能，通风都有好处，但结构存在局部单跨情况。2) 底层中间有跃层柱；3) 建筑 2~4 层有大会议室、厨房、屋顶花园等荷载较大的区域，且这些平面荷载分布不均匀。

4. 结构设计中问题的探索

4.1. 结构选型

本工程最初定案为地下 2 层，地上 11 层，总高 43.500 m。工程柱定位如图 2 所示。

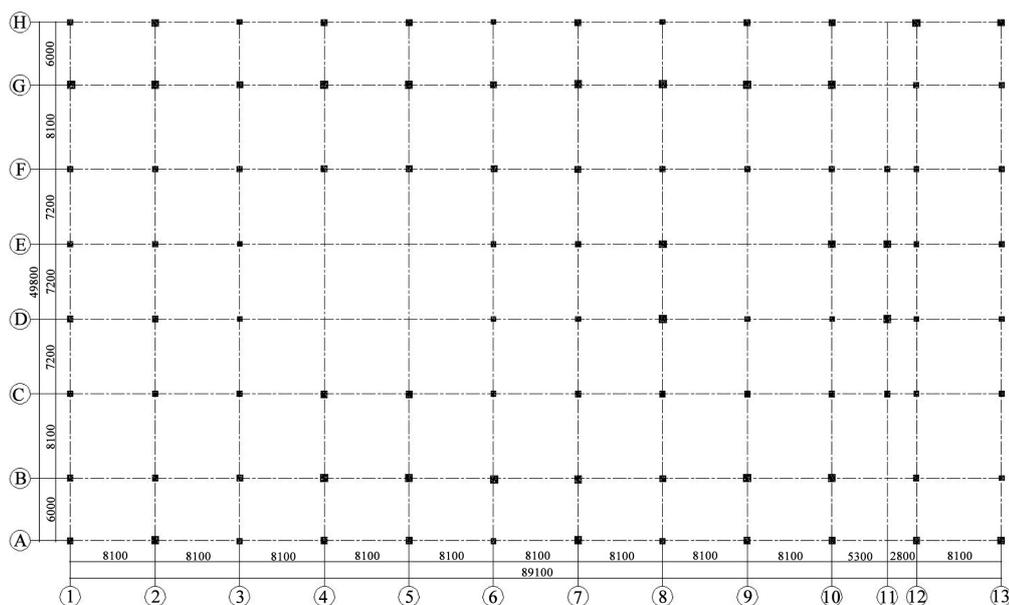


Figure 2. The column location

图 2. 柱定位图

建筑外立面均为落地窗,建筑外圈房间功能主要是办公室、公寓。最初设定结构体系时,定为钢框架结构体系。在结构计算过程中,结构周期比偏大,需要加大建筑 2~4 层 1~2 轴、11~12 轴、A 轴、H 轴的梁和柱截面,才能满足结构周期比的要求。过大的柱子影响到地下室停车位的宽度与设置,过大的梁浪费层间净高,且不能灵活布置隔墙。同一层梁高高差较大,局部梁高过高,影响房间的使用和装修。钢框架结构体系的主要构件截面尺寸如表 2 中钢框架体系相应数据。

Table 2. Section dimensions of main components (Overground structure)
表 2. 主要构件截面尺寸(地上结构)

钢框架体系			钢框架-支撑体系		
构件	截面尺寸	材质	构件	截面尺寸	材质
楼板	2~3 层楼板厚: 100 mm 其余层楼板厚: 120 mm	C30 HRB400	楼板	2~3 层楼板厚: 100 mm 其余层楼板厚: 120 mm	C30 HRB400
框架柱	1~3 层截面: □ 700 × 700 × 20 × 20 4~7 层截面: □ 600 × 600 × 14 × 14 其余层截面: □ 400 × 400 × 10 × 10	C40 Q345B	框架柱	1~3 层截面: □ 600 × 600 × 14 × 14 4~7 层截面: □ 500 × 500 × 12 × 12 其余层截面: □ 400 × 400 × 10 × 10	C40 Q345B
主梁	H850 × 250 × 14 × 16 H750 × 220 × 12 × 14 H500 × 200 × 10 × 12	Q345B	主梁	H750 × 220 × 14 × 16 H500 × 200 × 10 × 12	Q345B
			钢支撑	□ 300 × 300 × 16 × 16 □ 250 × 250 × 14 × 14	Q345B

工程后期定为地下 2 层,地上 15 层,总高 61.800 mm,增加了四层标准层。若继续使用原结构形式,外圈梁柱截面则需要继续加高,造成工程的经济不合理,装修不美观,使用与装修不便等诸多不利条件,因此,工程改为钢框架-支撑结构体系。主要构件截面尺寸见表 2 钢框架-支撑体系相应数据。

4.2. 支撑布置方案选择

为了保证结构使用的功能,室内装修的效果,对此工程进行钢框架-支撑体系的计算。基于现实对钢框架的研究结果,在计算中,对体系采取了两种支撑布置:大支撑方案和小支撑方案。

布置 1: 大支撑方案,没有考虑支撑对建筑外立面的影响,只考虑了对结构最有利的支撑布置方式,全部使用中心支撑。在结构四角和中部楼梯间布置成对的箱型截面单斜杆支撑。如图 3 所示。

建筑原本没有为结构支撑预留位置,为了使支撑满足结构计算要求,也保证建筑外立面视觉效果、配合建筑房间功能完整。对结构支撑布置采取支撑布置 2: 小支撑方案,此方案使用到了中心支撑与偏心支撑。1) 支撑主要设置在楼梯间和电梯间; 2) 在办公楼三个角的楼梯间、电梯间(如图 4 所示)增加辅助的柱子,避免支撑挡住楼梯前室、走廊通道,共增加了 6 颗柱子; 3) 在 6~7 轴交 B 轴(偏 6 轴)处有楼梯前室门,为了避免前室门和支撑冲突,此处采用了偏心支撑,避开了前室门。

支撑采用箱型截面支撑,整个单体的支撑有三种形式:单斜杆支撑(包括跃层单斜撑),V 字形支撑,V 字形偏心支撑。柱子与支撑布置如图 5 所示。支撑立面布置与办公楼上部钢结构立体图分别参看图 6 与图 7。

用 PKPM (V3.1)计算程序对结构进行计算后,钢框架体系,大支撑体系,小支撑体系的结果对比如表 3 所示。

从表中看出:纯框架周期比较大,为了保证周期比的要求,增大了截面,使得含钢量有所增大。使用支撑对改善结构周期比有很大效果。在不考虑对建筑外立面与美观的情况下,用大支撑方案对节省用钢量最有效。但是大支撑方案计算结果与小支撑方案计算结果很接近,两种支撑布置对结构参数影响并不大。与文献[3]的结果类似。

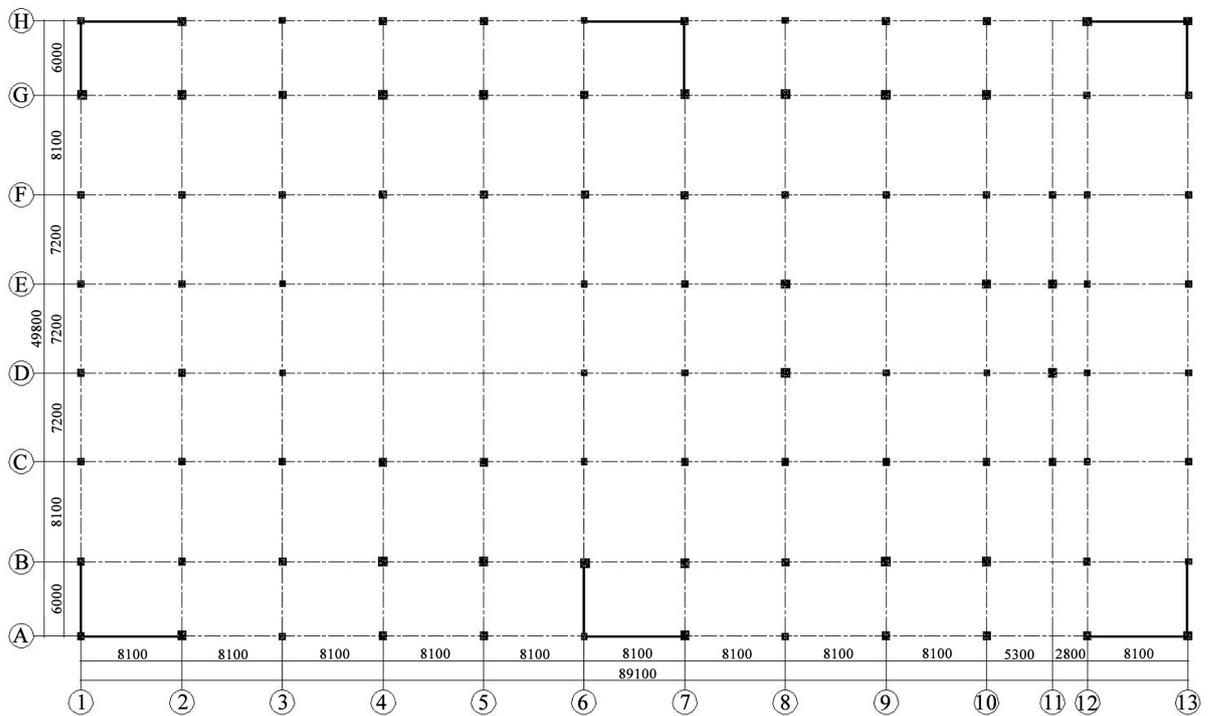


Figure 3. Support arrangement 1
图 3. 支撑布置 1

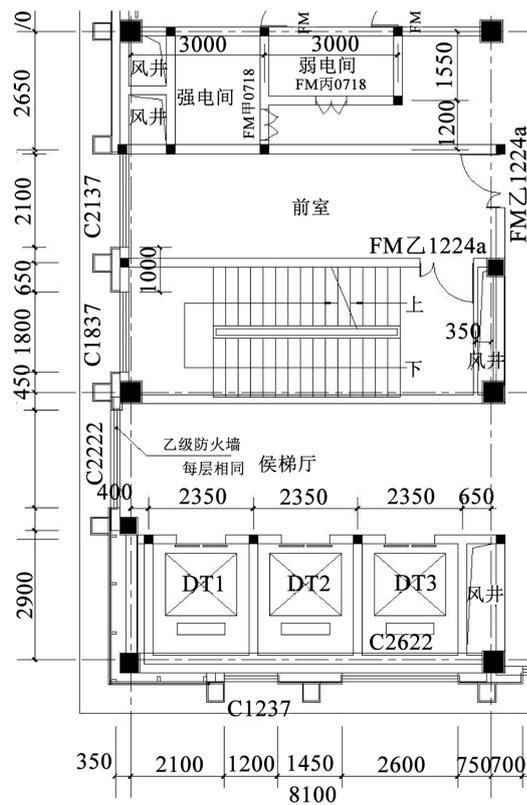


Figure 4. The setting of the corner of the building
图 4. 建筑角部设置情况

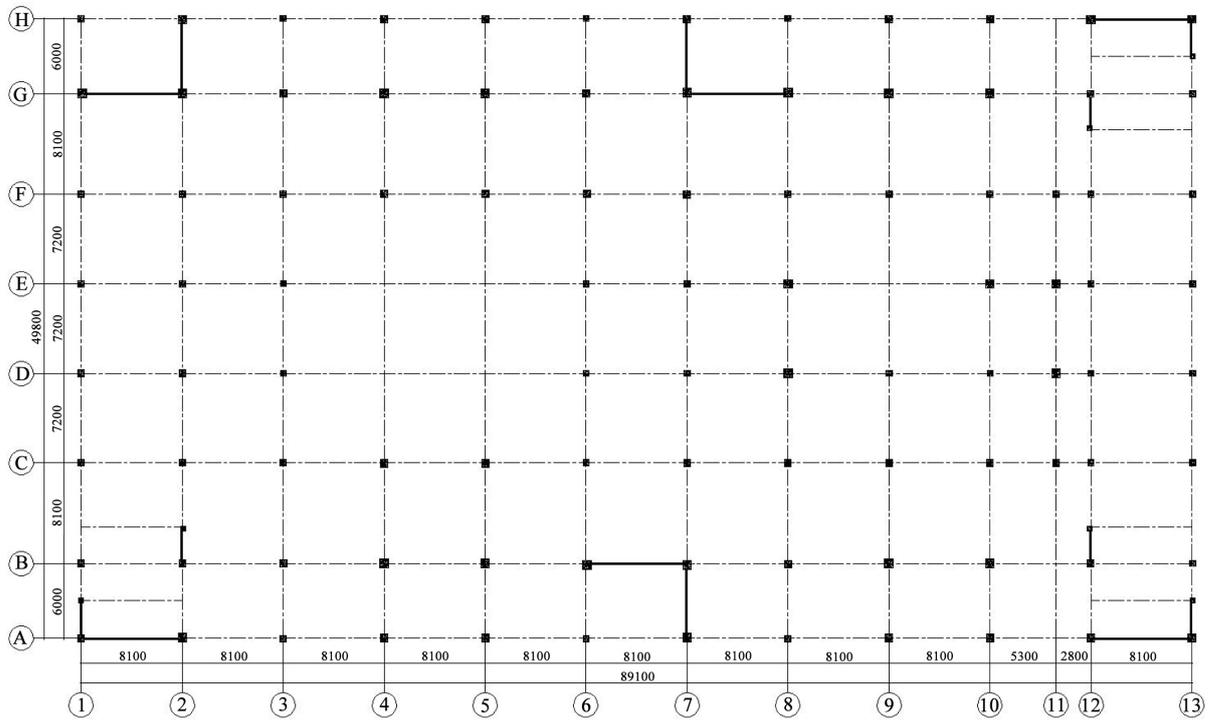


Figure 5. Support arrangement 2
图 5. 支撑布置 2

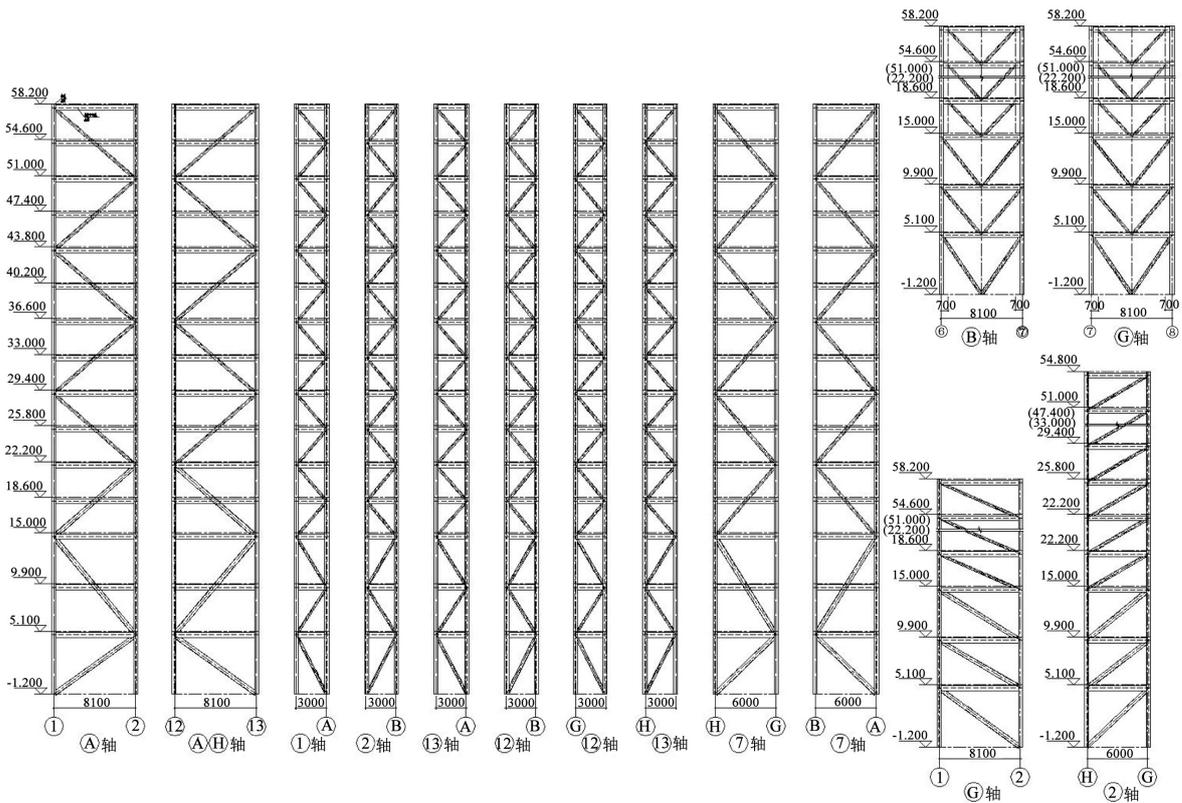


Figure 6. The column location
图 6. 支撑立面图

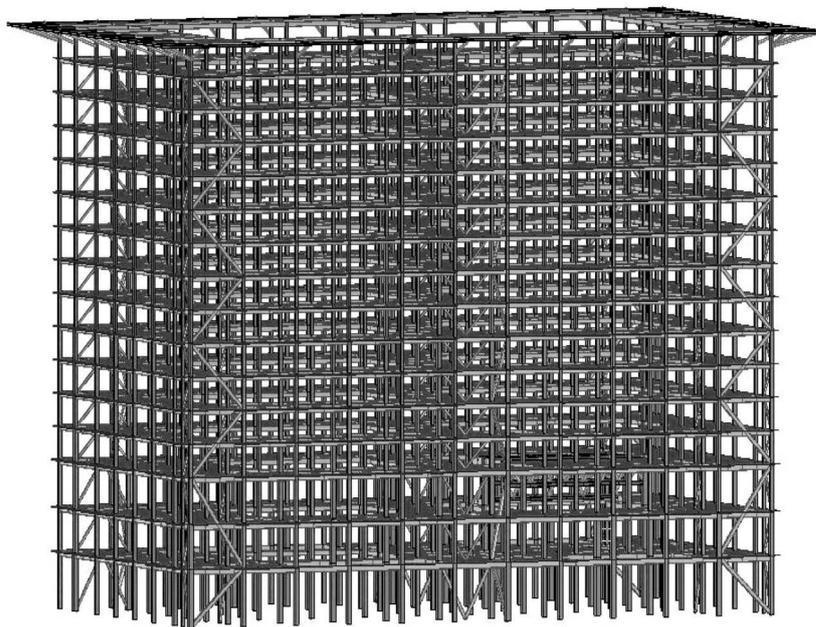


Figure 7. Stereogram of upper steel structure
图 7. 上部钢结构立体图

Table 3. Comparisons of calculation results of three schemes
表 3. 三种方案计算结果对比

参数	纯框架			大支撑			小支撑		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
周期	3.70	3.62	3.24	3.24	2.79	2.40	3.31	2.79	2.70
周期比		0.87			0.74			0.82	
位移角	X		Y	X		Y	X		Y
	1/345		1/385	1/500		1/411	1/507		1/424
位移比	X		Y	X		Y	X		Y
	1.28		1.22	1.26		1.26	1.31		1.21
有效质量系数	X		Y	X		Y	X		Y
	97.73%		98.44%	98.32%		97.97%	97.33%		97.76%
剪重比	X		Y	X		Y	X		Y
	2.13%		2.08%	2.72%		2.39%	2.74%		2.36%
刚重比	X		Y	X		Y	X		Y
	7.38		6.85	2.57		1.91	2.56		1.84
含钢量	约 79 kg/m ²			约 72 kg/m ²			约 74 kg/m ²		
梁高	外圈与局部为保证周期比 梁高达到 850 mm			外圈梁梁高 600 mm			外圈梁梁高 600 mm		
底层柱占首层面积比	0.84%			0.82%			0.84%		

4.3. 设计后续处理

选定方案后, 虽然结构布置上支撑, 但是支撑位于结构的电梯间与楼梯间, 没有楼板连接, 水平传力不连续。因此, 设计中将楼梯间, 电梯间周围楼板全定为弹性膜, 不考虑楼板对力的传递作用, 作用力全部由钢框架与支撑承担。计算后剪力简图和最大位移简图详见图 8~图 10。

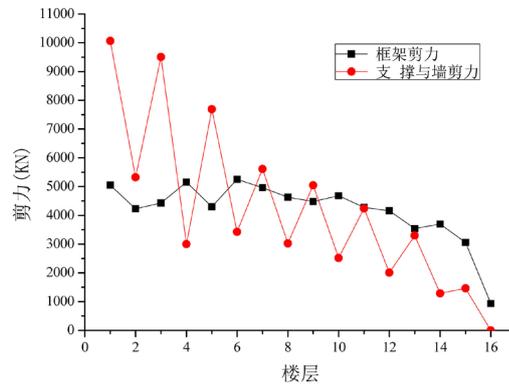


Figure 8. Shear force under X-direction earthquake
图 8. X 向地震下剪力简图

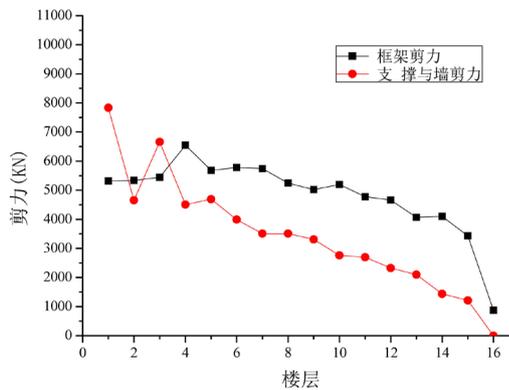


Figure 9. Shear force under Y-direction earthquake
图 9. Y 向地震下剪力简图

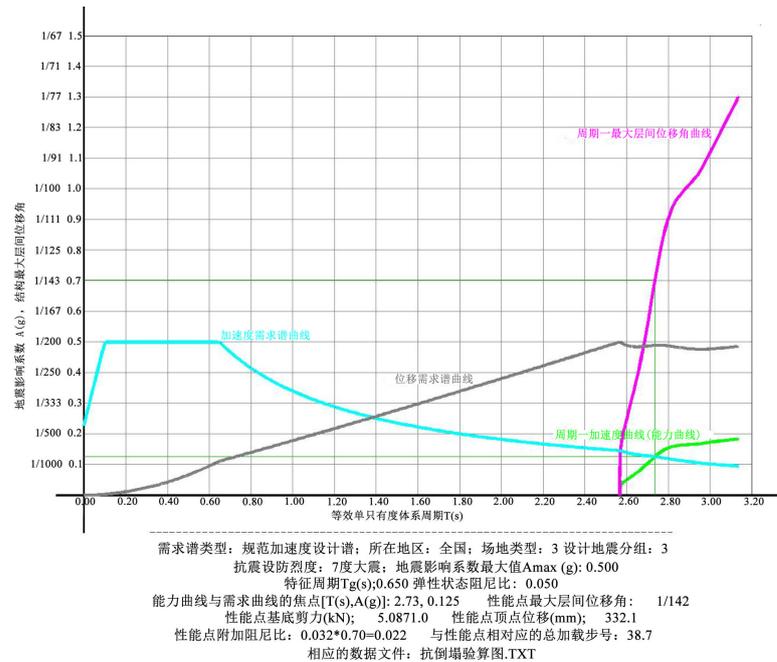


Figure 10. Capability spectrum of pushover analysis
图 10. Pushover 分析能力谱

5. 结束语

通过分析, 得出以下几个结果:

1) 在高烈度地区, 软场地, 结构平面中间有大开洞的情况, 结构周期比容易超限, 在解决周期比超限的情况时, 可增大底层外圈梁柱截面。

2) 对于周期比容易超限的结构, 增大梁柱截面后, 会带来不经济, 装修不便, 楼层净高不满足使用要求等影响, 宜考虑对结构设置支撑, 使结构整体参数满足规范要求的同时, 也能满足使用、美观、经济的要求。

3) 当支撑位于楼梯、电梯处时, 将楼梯、电梯处楼板设为弹性膜, 楼板不对力有传递作用。计算后, 结构满足抗震要求。

参考文献

- [1] 冯冲, 骆冰. 试析钢结构在高层建筑工程中的应用[J]. 河南科技, 2013(10): 173-173.
- [2] 高立翔, 谢平荣. 钢结构在高层中的应用及问题[J]. 中国建筑金属结构, 2013(6): 22-22.
- [3] 陈明华, 高轩能. 支撑类型和布置方式对高层钢框架结构抗侧移刚度的影响[J]. 钢结构, 2006.
- [4] 张谨. 钢框架-偏心支撑结构体系在高烈度区工程中的应用研究[C]. 钢结构工程研究(六)——中国钢结构协会结构稳定与疲劳分会 2006 年学术交流会论文集. 北京: 钢结构, 2016.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org