

徐松芝. 钢结构建筑钢板外部震动下承载力有限元分析[J]. 地震工程学报, 2018, 40(4): 658-664. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.04.658

XU Songzhi. Finite Element Analysis of the Bearing Capacity of Steel Plates in Steel-structure Buildings under External Vibration[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(4): 658-664. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.04.658

钢结构建筑钢板外部震动下承载力有限元分析

徐松芝

(东北石油大学土木建筑工程学院, 黑龙江 大庆 163318)

摘要: 传统钢结构建筑钢板外部震动下承载力分析方法, 是基于总体钢板结构以及受力特征, 获取载荷同振动频率间的关系, 实现承载力的分析, 并未对钢板同混凝土间的应力—应变关系进行分析, 导致分析结果存在较高的偏差。提出新的钢结构建筑钢板外部震动下承载力有限元分析方法, 将钢结构建筑钢板横截面简化成混凝土的矩形截面和波纹钢板的工字形梁截面, 采用 ANSYS 有限元软件中的 CONTACI2 接触单元仿真分析钢板同混凝土两者的影响, 分析混凝土及钢板的应力-应变关系、界面模块的应力-滑移关系, 采用力平衡迭代法获取外部震动下钢板荷载增量; 在上述基础工作上采用有限元软件, 对外部震动下钢结构建筑钢板实施有限元接触单元建模及承载力分析。实验结果表明, 该方法能够实现钢结构建筑钢板外部震动下承载力有限元分析, 并且分析结果具有准确性高和效率高的优点。

关键词: 钢结构建筑; 钢板; 外部震动; 承载力; 有限元分析; 应变关系; 滑移关系

中图分类号: TU398.9

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2018)04-0658-07

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.04.658

Finite Element Analysis of the Bearing Capacity of Steel Plates in Steel-structure Buildings under External Vibration

XU Songzhi

(School of Civil Engineering and Architecture, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, Heilongjiang, China)

Abstract: The traditional method for the analysis of the bearing capacity of steel plates in steel structures under external vibration analyzes the overall steel plate structure and stress characteristics to obtain the relationship between load and vibration frequency. This approach, however, provides results with high deviation because it ignores the stress-strain relationship between the steel plate and the concrete. A novel finite element analysis method for the analysis of the bearing capacity of steel structure plates under external vibration is proposed. The cross-section of the steel structure plate is simplified to the rectangular section of the concrete and the I-section of the corrugated steel plate. The interaction between the steel plate and the concrete is simulated and analyzed with the CONTACI2 contact element in ANSYS finite element software. The stress-strain relationship of the soil and steel plate and the stress-slip relationship of the interface mod-

收稿日期: 2017-08-20

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(HLJKJ12541054)

作者简介: 徐松芝(1979—), 女, 黑龙江大庆人, 硕士, 讲师, 研究方向为结构工程。E-mail: xsz315@126.com。

ule are analyzed. The load increment of the steel plate under external vibration is obtained through the force balance iterative method. Then, the finite element method is used to analyze the bearing capacity of the steel structure plate under external vibration. Experimental results show that the proposed method can accurately and efficiently realize the finite element analysis of the bearing capacity of steel structure plates under external vibration.

Keywords: steel structure building; steel plate; external vibration; bearing capacity; finite element analysis; strain relation; slip relationship

0 引言

国家、地区的经济实力可以通过钢结构建筑的量值体现出来。在铁结构领域内,很早以前我国就有较突出的建树,之后由于钢产量的限制一直停滞在铁制建筑物的程度。直至 20 世纪初期,我国经济实力迅速发展,钢工业技术的逐渐成熟使我国在全球范围内成为钢产量大国,脱离了钢使用束缚,我国从以铁制建筑物为主逐渐向钢结构建筑发展^[1]。在 2001 年中国申奥成功后,基于积极、合理的用钢理念,北京市开始了奥运会建筑标志“水立方、鸟巢”的建设,开启了钢结构建筑的热潮,从此,在经济较为发达的城市钢结构建筑逐渐增加^[2]。由于钢结构存在强度高、自重轻、变形能力强等特点^[3],所以在大型场馆、超高层建筑等领域内一直被广泛地应用。因此,寻求有效方法对钢结构建筑钢板外部震动下承载力进行有限元分析,对于确保钢结构建筑稳定性以及人民群众的生命和财产安全具有重要作用。

以往研究人员给出的钢结构建筑钢板外部震动下承载力有限元分析方法存在较多的问题,如张靖等提出轻钢框架-支撑结构振动台试验研究及有限元分析^[4],通过数值模拟对钢结构建筑支撑结构的承载力进行有限元分析,但只能分析轻型钢框架,使用范围受到限制,并且承载力分析较差;兰涛等提出箱板式钢结构住宅模块单元受力机理的有限元分析^[5],基于船舶上层建筑的设计理念,针对水平单调荷载作用下两层箱板式钢结构的承载力进行研究,缺乏整体荷载作用的研究;王静峰等提出钢管混凝土柱与组合梁端板连接的非线性有限元分析^[6],分析了钢管混凝土组合框架梁柱半刚性连接的承载力性能,但是其承载力分析结果精度较差;武晓东等提出双钢板-混凝土组合剪力墙变形特性的有限元分析^[7],通过精细化有限元模型对双钢板混凝土组合剪力墙的承载力进行分析,但是其分析过程复杂度

较高,实用性能较差。

针对以上问题,本文提出新的钢结构建筑钢板外部震动下承载力有限元分析,实现对钢结构建筑钢板外部震动下承载力快速、准确地分析。

1 钢结构建筑钢板外部震动下承载力有限元分析

本文采用 ANSYS 有限元分析软件实现钢结构建筑钢板外部震动下承载力的有限元分析,在分析前需要完成基础分析工作。

1.1 钢结构建筑钢板横截面的简化

通过钢板同混凝土的结合形成了建筑钢板的横截面。在模型内,通过能够旋转及应变产生的 Beam23 单元对钢板及混凝土板进行仿真^[8],ANSYS 有限元软件中的 Beam23 单元为 2 节点的梁单元,其不仅能够实现铁摩辛柯梁理论,还能够进行横向剪切变形^[9]。

将钢结构建筑钢板横截面分别简化为混凝土的矩形截面和波纹钢板的工字形梁截面,使二者截面面积同原截面面积一致,并确保工字梁各个区域同原截面对应区域位置一致,即:原截面的高低平行区域面积、中部区域面积分别聚积在梁的高低翼缘和腹板上。由于钢板同混凝土的接触存在垂直方向影响的同时还存在水平方向的影响,因此选择 ANSYS 有限元软件中的 CONTAC12 接触单元,其强大的功能不仅能够对法向的弹性接触进行仿真,而且能够对纵向抗剪强度及预应力等进行仿真。本文利用一对节点间生成的 CONTAC12 接触单元,对钢板同混凝土两者的影响进行仿真。

1.2 材料的构成法则

1.2.1 混凝土及钢板的应力-应变关系

将钢结构建筑钢板横截面划分成混凝土截面和钢板截面后,可获取混凝土与钢板的应力-应变关系。ANSYS 有限元软件对单纯的混凝土进行非弹性的材料建模,通过单轴受压环境下混凝土应力-应变关系对程序的输入数据进行运算。在对钢板的输

入数据进行运算的过程中,模型允许钢板满足 Mises 屈服法则的同时也满足各向同性强化原则^[10],选择通过实测得到的钢板应力-应变关系获取的钢板弹性模量及屈服强度作为输入数据。

1.2.2 界面模块的应力-滑移关系

通过 ANSYS 有限元软件中的 CONTAC12 接触单元对钢板同混凝土两者的相互影响进行仿真。通过以往文献可以知道普通钢板纵向界面间的摩擦系数是 $0.6 \sim 0.8$ ^[11],本文选择 0.6 为模型钢板纵向界面摩擦系数。由于垂直方向的应力-滑移数据的不足,在有限元分析中,设 20×10^8 N/m 为垂直方向刚度。

在有限元模型内,界面模块处在钢板的顶面,混凝土模块处在原混凝土截面的中性轴上,钢板模块处在原钢板截面的中性轴上。在确定梁单元同界面模块的关系时,考虑到界面模块的变形,不同的节点分别按照混凝土梁单元和钢板梁单元变形。梁单元同界面模块间的自由度耦合是利用不同节点产生约束方程实现的。

1.2.3 外部震动下钢板荷载增量检测

采用力平衡迭代法对钢结构建筑钢板施加外部震动下的荷载。以表面荷载描述钢结构建筑钢板本身的重量,其平均散布于混凝土单元中。以加载于距离支座处节点上的一个点荷载替代加载于钢结构建筑钢板上的真实外荷载,其加载过程为:对钢结构建筑钢板本身重量的加载以及钢板外部震动的点荷载。为了获取更加准确的解,在加载过程时,需要根据 ANSYS 软件命令的子步逐步进行,通过收敛公差计算子步的数值,即荷载提升的数值。为了应对加载过程中存在较大非线性情况,采用牛顿-拉普森平衡迭代方法,这种方法主要用于非线性分析内迭代修正的收敛,运用此方法能够得到非线性静力平衡解。本文在获取荷载提升数值时,采用了 ANSYS 软件内波前解算器,是由于其自动时间步长的作用能够根据条件对荷载步长进行安排,以实现计算精度同运算时间两者的均衡^[12],并通过 L2 范数收敛准则进行求解。

1.3 有限元接触单元建模及承载力分析

完成上述基础工作后,采用有限元软件开始进行外部震动下钢结构建筑钢板接触有限元单元建模并对承载力参量进行计算分析,分别使用 Shell 单元 S4R 和可以考虑水平垂直方向弹簧的 CONN3D2 对钢板及 CONTAC12 接触单元进行仿真,在计算过程中假定在钢板同混凝土板之间不存在上下分散

问题^[13]。依照力平衡法对纵向剪切强度进行计算:

$$F_i = T_i = \frac{p_i(L_s - M_{ri})}{z_i} \quad (1)$$

式中: p_i 、 L_s 、 z_i 分别表示总荷载、剪跨和弯矩距离。利用试验结果能够估算弯矩距离 z_i ,其结果受组合中和轴位置的影响。

$$M_{ri} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{L_s(L - 2L_s)} E_s I_s \quad (2)$$

式中: $\delta_1 + \delta_2$ 、 E_s 、 I_s 分别表示加载点 1 及加载点 2 的测定值、压型钢板的弹性模量和惯性矩。

通过以上步骤最终实现外部震动下钢结构建筑钢板承载力的有限元分析。

2 实验分析

为了验证本文提出的新钢结构建筑钢板外部震动下承载力有限元分析方法的有效性,利用 SAP2000 软件进行模态分析,以某省某钢结构建筑为试验点(图 1、表 1),使用本文方法,分别获取钢结构建筑不同楼层梁的 SDIR(轴向应力)、SBY(Y 方向梁弯曲应力最大值)和 SBZ(Z 方向梁弯曲应力最大值)^[14],对钢结构建筑钢板外部震动下承载力实施有限元分析。

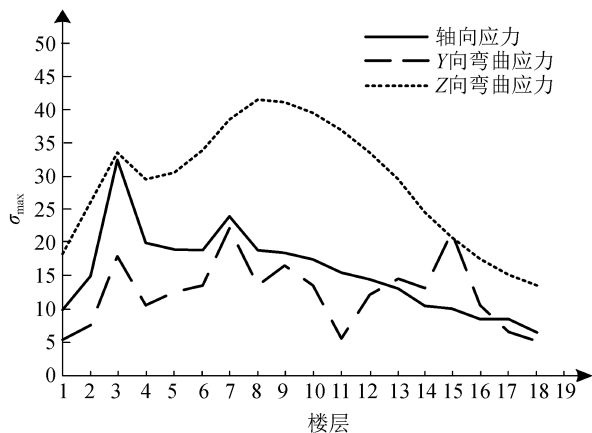


图 1 各层梁最大应力图

Fig.1 Maximum stress of beam at each layer

通过对图 1 和表 1 的分析可以看出:采用本文方法分析得出钢结构建筑的不同楼层梁在外部震动影响下,SDIR 值、SBY 值以及 SBZ 值都较小,均未达到钢结构建筑钢板承载力的极限;钢结构建筑层数较低的 SDIR 值较大,最大值出现在 3 层位置,随着楼层的增高,SDIR 值逐渐减小;SBY 值小于 SBZ 值,并且 SBY 值波动较大,有 3 个峰值,分别出现在

表 1 梁 SDIR、SBY、SBZ 最大值表

Table 1 Maximum values of SDIR, SBY, and SBZ of beam

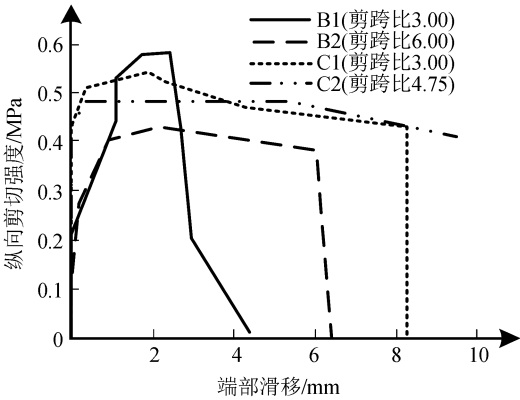
楼层	SDIR 最大值/MPa	SBY 最大值/MPa	SBZ 最大值/MPa
1	9.6	5.45	17.1
2	16.7	7.95	24.5
3	30.7	16.8	31.6
4	18.7	10.3	27.8
5	17.9	12.6	29.8
6	17.8	14.7	32.7
7	23.5	21.2	37.7
8	17.8	14.5	40.1
9	17.2	15.6	39.5
10	16.0	13.9	37.3
11	14.3	5.6	35.0
12	13.5	10.7	31.6
13	12.4	13.9	27.3
14	10.0	12.7	23.8
15	9.65	19.8	19.9
16	7.65	9.0	15.3
17	7.4	5.61	12.0
18	5.45	4.08	9.4

3、7、15 层;相较于 SDIR 值和 SDY 值,SBZ 值最大,SBZ 值最大的楼层为 8、9、10 层。实验结果表明,使用本文方法能够有效实现钢结构建筑钢板外部震动下承载力有限元分析。

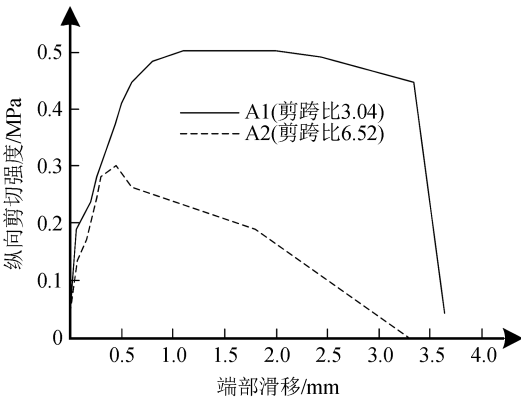
为了验证本文方法的稳定性,分别对编号为 A1、A2、B1、B2、C1、C2 的 6 块材质相同厚度不一致的钢结构建筑钢板进行纵向剪切强度试验,结果如图 2 所示。

通过对图 2 的分析能够得到,使用本文方法可以有效的对 6 块厚度不同的钢板试件进行试验,获取的试验结果均能够体现出剪跨比与最大纵向剪切强度成反比,即随着剪跨比的提升,最大纵向剪切强度降低。实验结果说明,使用本文方法对钢板外部震动下承载力进行分析时,稳定性较高。

为了验证本文方法的准确性,对上海人造波情况下编号为 A1、A2 的两块钢结构建筑钢板试件分



(a) 钢板厚 0.75 mm 的纵向剪切应力-滑移曲线



(b) 钢板厚 1.00 mm 的纵向剪切应力-滑移曲线

图 2 使用本文方法获取的纵向剪切强度的结果

Fig.2 Result of longitudinal shear strength obtained by the proposed method

别采用本文方法(A 方法)、箱板式钢结构住宅模块单元受力机理的有限元分析方法(B 方法)和真实试验方法(C 方法)进行极限承载力实验。选用 4 m×4 m 地震模拟震动台系统,根据《建筑抗震设计规范》及《上海市建筑抗震设计规程》的场地划分方法,

上海地区位于 IV 类场地上,尽管按地震危险性划分为第一组,但多遇地震及设防地震(水平向)特征周期为 0.9 s,罕遇地震特征周期为 1.1 s,人造波表达式如式(3)所示,选取一条人造波(WD 波)进行实验:

$$\beta(T,0.05)=\begin{cases} 1+12.5T, & 0\leq T\leq 0.1\text{ s} \\ 2.25, & 0.1\text{ s}\leq T\leq T_x \\ 2.25\left(\frac{T_x}{T}\right)^{0.9}, & T_x\leq T\leq 5T_x \\ 2.25[0.2^{0.9}-0.02(T-5T_x)], & 5T\leq T\leq 10\text{ s} \end{cases}\quad (3)$$

式中: T 为结构周期; T_x 为反应谱特征周期。实验对 3 种方法从荷载挠度以及滑移两方面进行对

比^[15],得到的结果如图 3 所示,并对结果进行整理,如表 2 所示。

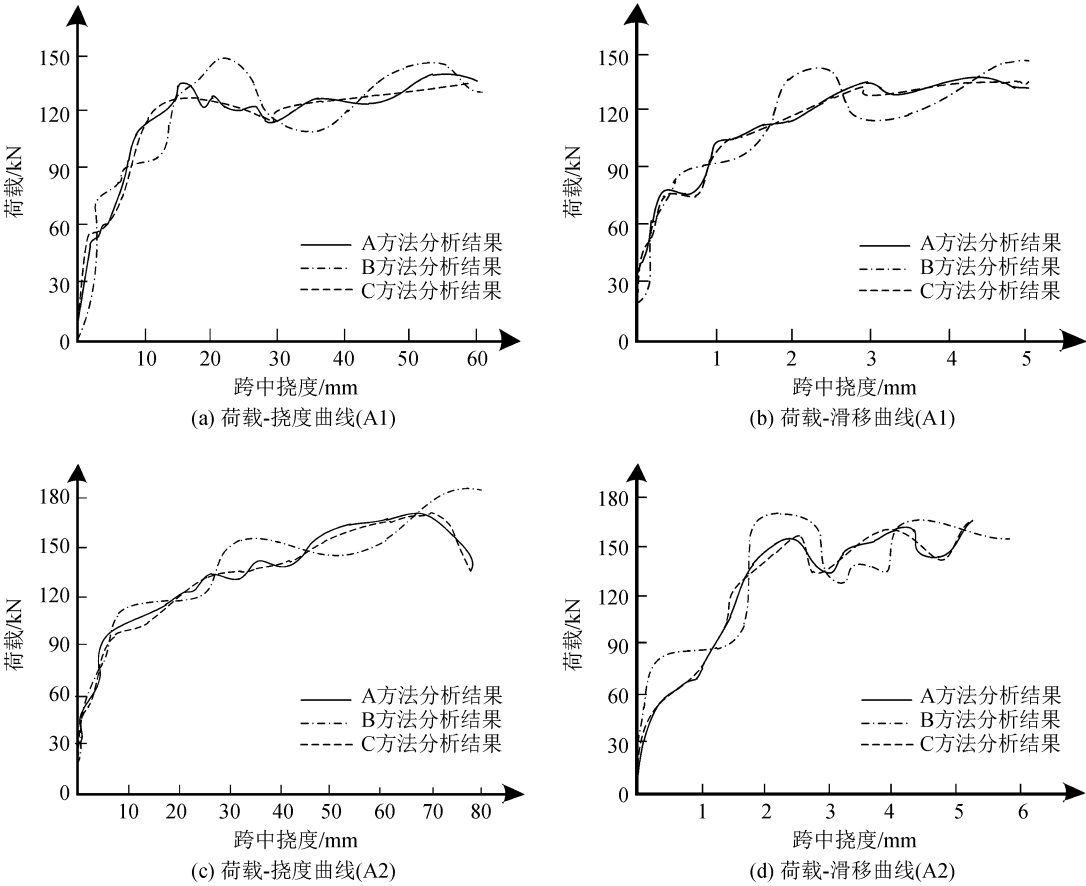


图 3 3 种方法在荷载挠度以及滑移中的极限承载力对比图

Fig.3 Comparison between ultimate bearing capacity by using the three methods

表 2 3 种方法在荷载挠度以及滑移方面的最大荷载值
Table 2 Maximum load values by using the three methods

	跨中挠度 /mm	A1 钢结构建筑钢板			A2 钢结构建筑钢板		
		A 方法 分析结果	B 方法 分析结果	C 方法 分析结果	A 方法 分析结果	B 方法 分析结果	C 方法 分析结果
挠度曲线 (荷载/kN)	10	115	92	116	109	122	105
	20	126	145	122	120	117	120
	30	118	121	117	132	144	129
	40	123	112	125	131	153	133
	50	129	143	126	158	143	152
	60	131	125	130	167	151	165
滑移曲线 (荷载/kN)	1	109	90	107	78	84	78
	2	112	138	115	142	169	147
	3	137	116	130	132	135	130
	4	135	126	132	160	161	159
	5	129	143	125	154	163	154

通过对图 3 和表 3 的分析能够得到:采用本文方法获取的纵向荷载挠度以及滑移两方面的有限元分析极限承载力曲线与真实实验承载力曲线波动相同,数值上差异较小,而采用箱板式钢结构住宅模块单元受力机理的有限元分析承载力曲线波动较大,且数值与真实实验承载力曲线相差很大,由此可见,

相较于箱板式钢结构住宅模块单元受力机理的有限元分析结果,本文方法可对钢结构建筑钢板在上海人工波震动下的荷载挠度以及滑移进行准确地有限元分析。
为了验证本文方法的效率,分别采用本文方法、箱板式钢结构住宅模块单元受力机理的有限元分析

方法和双钢板-混凝土组合剪力墙变形特性的有限元分析方法对 15 块材质相同且厚度也相同的钢结构建筑钢板试件, 在上海人造波(WD 波)作用下的外部震动下承载力进行分析, 并对它们所花费的时间进行比较, 结果如图 4 所示。

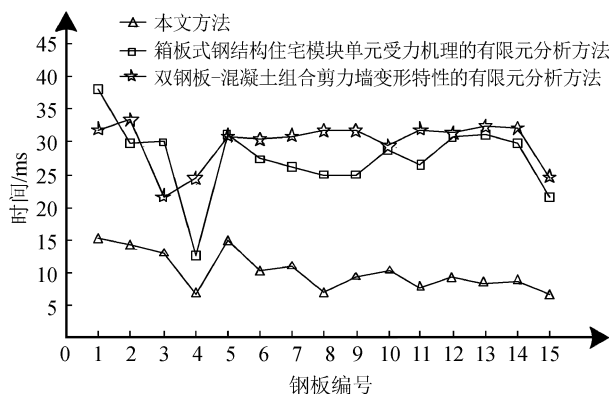


图 4 不同方法进行承载力分析所用的时间对比

Fig.4 Time comparison for bearing capacity analysis by different methods

通过对图 4 的分析能够得到, 与其他两种方法相比, 使用本文方法对 15 块钢板试件在上海人造波作用下的承载力进行有限元分析所使用的时间最少, 平均时间为 9.92 ms, 比箱板式钢结构住宅模块单元受力机理的有限元分析方法和双钢板-混凝土组合剪力墙变形特性的有限元分析方法分别少了 18.67 ms、20 ms; 使用本文方法对 15 块钢板试件在上海人造波作用下的承载力进行有限元分析所使用的时间曲线波动较小, 而另两种方法的时间曲线波动较大。实验结果表明, 使用本文方法对钢结构建筑钢板外部震动下承载力进行有限元分析时, 可以节省时间、提高效率。

3 结论

本文采用 ANSYS 有限元分析软件实现钢结构建筑钢板外部震动下承载力的有限元分析, 通过对钢结构建筑钢板横截面简化, 将钢结构建筑钢板横截面简化成混凝土的矩形截面和波纹钢板的工字形梁截面, 对钢板及混凝土面积进行划分的同时保证他们的面积同原截面横截面积一致, 利用 CONTA-CI2 接触单元对钢板同混凝土两者的影响进行仿真; 对钢结构建筑钢板进行混凝土与钢板划分后, 通过单轴受压以及实测方式分别获取混凝土与钢板的应力-应变关系; 将其输入有限元软件后, 通过接触

单元模拟界面模块的应力-滑移关系, 即钢板同混凝土的相互影响; 采用力平衡迭代法对钢建筑建筑钢板本身重量的加载以及钢结构建筑钢板外部震动的点荷载进行准确求解。最终通过有限元软件对外部震动下, 钢结构建筑钢板进行有限元单元建模及承载力参数计算, 实现外部震动下钢结构建筑钢板承载力的有限元分析。实验结果表明, 本文方法在有效进行钢结构钢板外部震动下承载力有限元分析的同时, 能够提高分析效率及准确度, 为未来钢结构建筑的发展打下更坚实的基础。

参考文献(References)

- [1] 吴锁平, 吕健, 张大长. 输电杆塔用 Q420 钢管轴压稳定性试验研究[J]. 电力工程技术, 2016, 35(2): 52-55.
WU Suoping, LÜ Jian, ZHANG Dachang. Computational Theory and Comparison Analysis on Axial Compression Bearing Capacity of Q420 High Strength Steel Tube for Transmission Line Tower [J]. Electric Power Engineering Technology, 2016, 35(2): 52-55.
- [2] 张海龙, 展猛, 王社良. 层间滑移隔震结构地震作用有限元分析[J]. 地震工程学报, 2016, 38(4): 558-563.
ZHANG Hailong, ZHAN Meng, WANG Sheliang. Finite Element Analysis of the Seismic Response of an Interlayer Sliding Isolation Structure [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2016, 38(4): 558-563.
- [3] 周乾, 闫维明, 纪金豹. 故宫灵沼轩钢结构抗震性能分析[J]. 地震工程学报, 2015, 37(1): 106-113.
ZHOU Qian, YAN Weiming, JI Jinbao. Seismic Performance of Steel Structures at Lingzhao Veranda in the Forbidden City [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2015, 37(1): 106-113.
- [4] 崔路苗, 郭志宇. 地震区居民建筑钢结构极限承载力测试与分析[J]. 地震工程学报, 2018, 40(1): 54-59.
CUI Lumiao, GUO Zhiyu. Test and Analysis of the Ultimate Bearing Capacity of Residential Building Steel Structures in Seismic Areas [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(1): 54-59.
- [5] 兰涛, 宋昭, 刘贵, 等. 箱板式钢结构住宅模块单元受力机理的有限元分析[J]. 工业建筑, 2017, 47(8): 131-138.
LAN Tao, SONG Zhao, LIU Gui, et al. Finite Element Analysis of Stress Mechanism of Box-type Steel Structure Residential Modular Unit [J]. Industrial Construction, 2017, 47(8): 131-138.
- [6] 王静峰, 王伟, 胡益磊, 等. 钢管混凝土柱与组合梁端板连接的非线性有限元分析[J]. 建筑钢结构进展, 2015, 17(6): 51-60.
WANG Jingfeng, WANG Wei, HU Yilei, et al. Nonlinear Finite Element Analysis of End Plate Connections between CFST Columns and Steel-Concrete Composite Beams [J]. Progress in Steel Building Structures, 2015, 17(6): 51-60.

- [7] 武晓东,童乐为,薛伟辰.双钢板-混凝土组合剪力墙变形特性的有限元分析[J].建筑钢结构进展,2017,19(1):17-25.
WU Xiaodong,TONG Lewei,XUE Weichen.Numerical Analysis of Deformation Performance of Steel-Concrete-Steel Composite Shear Walls[J].Progress in Steel Building Structures, 2017,19(1):17-25.
- [8] 杨忠.超高韧性水泥基复合材料连梁斜截面承载力试验研究[J].世界地震工程,2017,33(1):257-263.
YANG Zhong.Experimental Study on Bearing Capacity of Oblique Section of Ultrahigh Toughness Cementitious Composite Coupling Beams[J].World Earthquake Engineering, 2017, 33 (1):257-263.
- [9] 洪敏,李少华,王英达,等.梁柱节点刚度对 Y 形偏心支撑半刚接钢框架抗震性能的影响[J].地震研究,2016,39(1):79-84.
HONG Min,LI Shaohua,WANG Yingda,et al.Effects of Stiffness of Beam-column Connection on the Seismic Performance of Semi-rigid Steel Frame with Y-shaped Eccentric Brace[J]. Journal of Seismological Research,2016,39(1):79-84.
- [10] 郑山锁,田进,韩言召,等.考虑锈蚀的钢结构地震易损性分析[J].地震工程学报,2014,36(1):1-6.
ZHENG Shansuo,TIAN Jin,HAN Yanzhao,et al.Seismic Fragility Analysis of Steel Structure Considering Steel Corrosion[J].China Earthquake Engineering Journal,2014,36(1): 1-6.
- [11] 侯文萃,陈能远,高洁.基坑排桩对建筑抗震性的影响分析[J].地震工程学报,2018,40(2):252-257.
HOU Wencui,CHEN Nengyuan,GAO Jie.Influence of Foundation Pit Pile Rows on the Seismic Performance of Buildings [J].China Earthquake Engineering Journal,2018,40(2):252-257.
- [12] LI Y,LIU W,ZHU H.Nonlinear Finite Element Bearing Capacity and Seismic Analysis of Steel Tubular Recycled Concrete Column[J].Boletin Tecnico/technical Bulletin, 2017,55 (8):123-129.
- [13] TANG G,YIN L,GUO X,et al.Finite Element Analysis and Experimental Research on Mechanical Performance of Bolt Connections of Corrugated Steel Plates[J].International Journal of Steel Structures,2015,15(1):193-204.
- [14] 冯宁宁,曹平周,齐永胜,等.压型钢板支撑加固 RC 框架填充墙有限元分析[J].钢结构,2017,32(11):37-41.
FENG Ningning,CAO Pingzhou,QI Yongsheng,et al.Finite Element Analysis of Infilled RC Frames Reinforced by Profiled Steel Sheet Bracing[J].Steel Construction, 2017, 32 (11):37-41.
- [15] KANG H B,WANG N.Nonlinear Finite Element Analysis of Bearing Capacity of Recycled Concrete Filled Steel Tubular Columns[J].Agro Food Industry Hi Tech,2017,28(1):866-870.