

黄敏. 混凝土框架结构施工技术在住宅建筑的抗震分析[J]. 华南地震, 2020, 40 (3): 161-166. [HUANG Min. Seismic Analysis of Concrete Frame Structure Construction Technology in Residential Buildings [J]. South China journal of seismology, 2020, 40 (3): 161-166]

混凝土框架结构施工技术在住宅建筑的抗震分析

黄 敏

(四川建筑职业技术学院, 四川 德阳 618000)

摘要: 由于传统抗震分析方法在住宅建筑的抗震分析中, 具有较低的振型刚度, 为了提高住宅建筑抗震分析的振型刚度, 提出了混凝土框架结构施工技术在住宅建筑的抗震分析。采用混凝土框架结构施工技术将住宅建筑的破坏状态限制在一个目标水平内, 完成抗震性能分析目标的选取; 然后利用建模分析得到载荷 - 位移曲线, 并计算了住宅建筑中各个构件的刚度, 根据曲线之间的转换, 完成了 Pushover 分析模型的建立; 通过地震的时程分析来实现住宅建筑的抗震分析。实验结果显示, 基于混凝土框架结构施工技术的住宅建筑抗震分析方法相比于传统抗震分析方法, 住宅建筑抗震分析的振型刚度值提升了 39.29%。

关键词: 混凝土框架; 施工技术; 住宅建筑; 抗震分析; 分析模型;

中图分类号: TU973 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2020) 03-00161-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2020.03.021

Seismic Analysis of Concrete Frame Structure Construction Technology in Residential Buildings

HUANG Min

(Sichuan College of Architectural Technology, Deyang 618000, China)

Abstract: Since the traditional seismic analysis method has relatively low vibration mode stiffness in the seismic analysis of residential buildings, in order to improve the mode stiffness of seismic analysis of residential buildings, the seismic analysis of concrete frame structure construction technology in residential buildings is put forward. The paper uses the concrete frame structure construction technology to limit the damage state of residential buildings to a target level, and complete the selection of seismic performance analysis objectives; then the paper uses modeling analysis to obtain the load-displacement curve, calculates the stiffness of each component in the residential building, and completes the establishment of the pushover analysis model according to the conversion between the curves; seismic analysis of residential buildings is achieved through time-history analysis of earthquakes. Experimental results show that compared with the traditional seismic analysis method, the seismic analysis method of residential buildings based on the construction technology of concrete frame structure, the vibration mode stiffness value of the seismic analysis of residential buildings has increased by 39.29%.

Keywords: Concrete frame; Construction technique; Residential building; Seismic analysis; Analysis model

收稿日期: 2019-10-10

作者简介: 黄敏 (1979-), 女, 硕士研究生, 副教授, 研究方向为建筑施工。

E-mail: huangmin7912@sina.com

0 引言

地壳板块的运动平移会导致地震的产生,地震发生时会造成住宅建筑地层的应急力全部集中在一起,当地面集中的全部能量超过了地层所能承受的力时,能量在住宅建筑地面就会沿着能量少的一面突然释放,这时就会发生地震灾害。地震造成的灾害一般情况下分为直接灾害和间接灾害^[1]。地震产生的直接灾害会造成住宅建筑坍塌、地表破坏以及地面出现裂缝等损害;地震产生的间接灾害会发生泥石流、火灾、海啸等。

混凝土框架结构受到地震破坏的原因有很多,施工过程中要考虑住宅建筑特殊空间的实际需求,会有一部分住宅建筑在结构布置方面欠缺,就会导致其稳定性受到相应破坏,住宅建筑的结构和外观受损^[2];然而在实际施工中,有很多住宅建筑框架结构的梁、柱设计不合理,住宅建筑框架梁的实际力学性能要高于柱的力学性能,导致地震发生时框架柱先发生破坏,增加了人员逃生和救援难度;在住宅建筑中,围护结构是住宅建筑空间分割的主要部件,与混凝土框架一起构成住宅建筑^[3]。在住宅建筑的抗震分析中,一般不会分析围护结构的力学性能。

针对以上分析,要通过提高住宅建筑的抗震性能,保护住宅建筑中人员和财产。目前混凝土框架结构施工技术是住宅建筑抗震分析的主要技术,将混凝土框架结构施工技术应用到住宅建筑的抗震分析中,可以提高住宅建筑的抗震性能,具有极强的现实意义。

1 基于混凝土框架结构施工技术的住宅建筑抗震分析方法设计

1.1 选取抗震性能分析目标

在住宅建筑的抗震分析之前,要先选取合适的抗震性能分析目标,才能达到良好的抗震效果,提高住宅建筑抗震分析的振型刚度。住宅建筑的抗震性能分析目标是指在预期的地震作用下,采用混凝土框架结构施工技术将住宅建筑结构的破坏状态限制在一个目标水平内,较高的抗震分析性能目标可以提高住宅建筑的

抗震性能,在抵御大型地震灾害时,可以使住宅建筑更加安全可靠,同时也会提高住宅建筑的工程造价;较低的抗震性能分析目标,即使会降低住宅建筑前期的工程建设成本,但是住宅建筑在遭遇大型地震威胁时,会增加住宅建筑倒塌的风险,最后会投入更多的维修维护资金^[4]。

目前投资-效益准则在抗震性能分析目标的选取中是比较常见的,抗震性能分析目标选取的合理性,可以保证住宅建筑在遭受不同强度的地震作用时,破坏程度在限定的范围内,以此来降低成本。抗震性能分析目标选择的合理性可以用住宅建筑工程项目的经济效益多少来衡量,要做到经济效益的最大化^[5]。

住宅建筑的抗震性能分析目标的选取步骤如下:

步骤1:确定住宅建筑工程施工开始时的最低造价与抗震性能目标之间的关系。为了实现同一个抗震性能分析目标,需要采用混凝土框架结构施工技术搭建住宅建筑结构方案,不同的方案产生的工程造价是不同的,因此住宅建筑开始时的工程造价与抗震性能目标的函数关系是很难建立的^[6]。但是经过比较分析,可以在所有住宅建筑结构方案中,选择出造价最低的住宅建筑结构方案,完成最低造价与住宅建筑结构抗震性能分析目标的函数关系的建立,这种函数关系的建立便于优化抗震性能分析目标的选择。

步骤2:确定住宅建筑结构在不同强度地震的作用下,住宅建筑结构性目标之间的合理关系。在住宅建筑工程造价一定的前提下,优化不同震强条件下的住宅建筑抗震性能分析目标之间的比例关系。在住宅建筑结构的抗震性能分析方法设计中,应该充分考虑等级地震可能造成的经济损失,来合理化的进行住宅建筑的结构设计和构造措施设置。

步骤3:确定抗震性能分析目标。在前两步的基础上,选择抗震性能分析目标^[7]。为住宅建筑结构的抗震分析提供分析基础,使住宅建筑的抗震分析在经济性和安全性上达到合理的平衡点。

以上通过采用混凝土框架结构施工技术将住宅建筑的破坏状态限制在一个目标水平内,确定了住宅建筑的抗震性能分析目标,完

成抗震性能分析目标的选取，接下来通过构建 Pushover 分析模型，来为住宅建筑的抗震分析做铺垫。

1.2 构建 Pushover 分析模型

Pushover 分析模型可以接收住宅建筑的振型刚度信息和剪力值信息，不仅确保了分析的准确性，还提高了住宅建筑抗震分析的振型刚度。Pushover 分析模型在本质上是一种静力非线性分析模型，是指住宅建筑结构在一个沿高度方向位移作用下，增加到模型倾覆的过程^[8]。Pushover 分析模型的计算结果通常上是比较直观稳定的，且具有较短的求解时间。在实际计算过程中，如果选取较小的取值步长，得到的计算结果就会更加精确。Pushover 分析模型可以为住宅建筑的抗震分析提供一套分析方法。

通过建模分析得到的载荷一位移曲线。首先对住宅建筑结构建立模型，计算出结构中每一个构件截面的承载力弯矩和开裂弯矩。但是如果工程项目的设计人员在住宅建筑结构中设置了剪力墙，在建模之前还要分析剪力墙的受力情况^[9]。

计算住宅建筑中每一个构件的刚度，采用 Pushover 分析模型来分析住宅建筑的各个楼层之间的层间位移角和侧向刚度，得到了住宅建筑结构的承载力曲线，如图 1 所示。

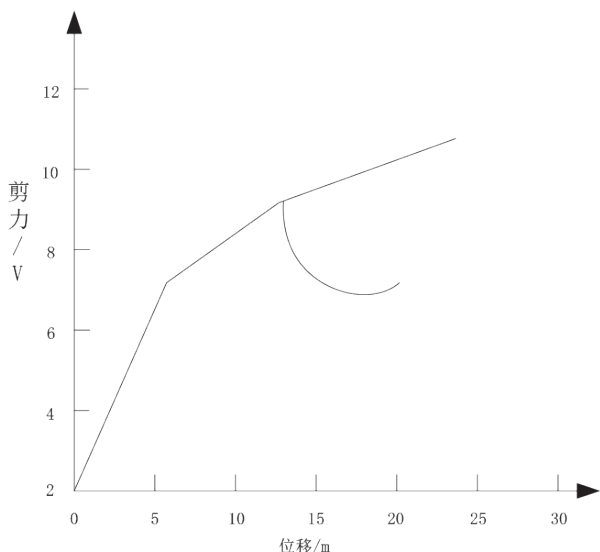


图 1 住宅建筑结构的承载力曲线

Fig.1 Bearing capacity curve of residential building structure

住宅建筑结构的承载力曲线一般不能与界限容许限值直接比较，要经过模型转换，将自

由度模型转变为等效的单自由度体^[10]。

可以利用式 (1) 进行曲线转换：

$$S_{ai} = \frac{V_i / G}{\alpha_i}; S_{di} = \frac{\Delta_n}{\gamma_1 \varphi_{1T}} \quad (1)$$

式中， V 和 Δ_n 表示住宅建筑结构载荷； S_{ai} 、 S_{di} 表示能力谱曲线上的点； G 表示总的等效载荷代表值； φ_{1T} 表示第一振型顶点振幅； α_1 表示质量系数； γ_1 表示参与系数。

α_1 和 γ_1 可以根据式 (2) 计算得到：

$$\alpha_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (m_i \varphi_{i1})}{\sum_{i=1}^N (m_i \varphi_{i1}^2)}; \gamma_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (m_i \varphi_{i1}) \right]^2}{\sum_{i=1}^N m_i \left[\sum_{i=1}^N m_i \varphi_{i1}^2 \right]} \quad (2)$$

式中， m_i 表示住宅建筑第 i 层的质量； φ_{i1} 表示第一阵型在第 i 层的振幅。

经过上述的模型转换，可以得到能力谱曲线。如图 2 所示。

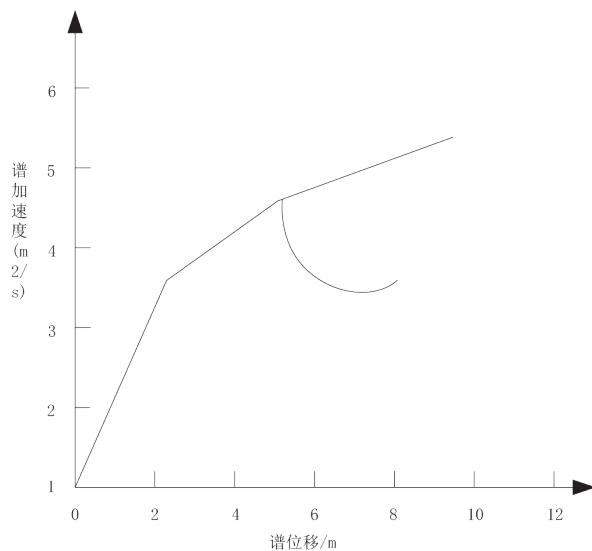


图 2 能力谱曲线

Fig.2 Capability spectrum curve

模型转换后的单自由度体还不能够计算出住宅建筑中各构件的刚度，还要经过 ADRS 谱的转换，才能计算出构件的刚度^[11]。

需求反应谱在周期处的加速度谱和位移谱具有下列关系：

$$S_{at} g = \frac{2\pi}{T_i} S_v; S_{di} = \frac{T}{2\pi} S_v \quad (3)$$

由需求反应谱经过数学模型转换，可以直接转换成 SDRS 谱，如图 3 所示。

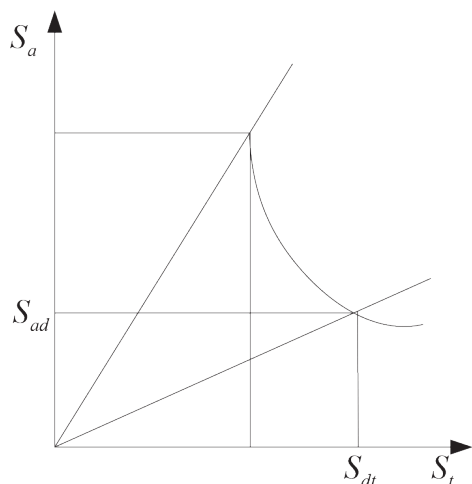


图3 SDRS谱曲线
Fig.3 SDRS spectrum curve

将式(3)中的位移谱和加速度谱联立,可以得到:

$$S_{dt} = \frac{T_i^2}{4\pi^2} S_{ad} \quad (4)$$

通过公式转换,绘制出能力谱与需求谱之间的关系,如图4所示。

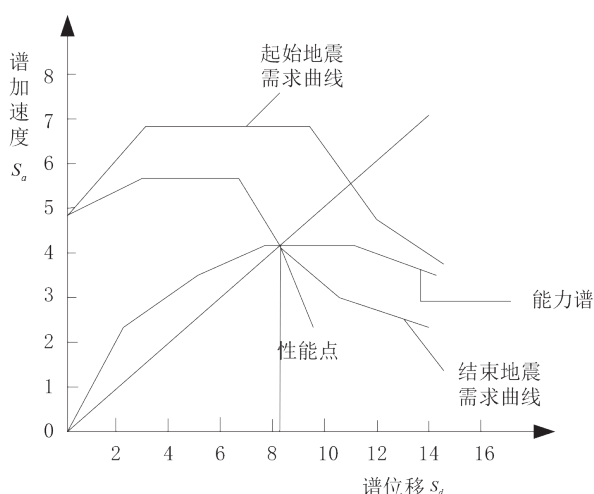


图4 能力谱与需求谱的关系曲线
Fig.4 The relationship between capability spectrum and demand spectrum

先利用建模分析得到的载荷-位移曲线,并计算了住宅建筑中各个构件的刚度,得到了住宅建筑结构的承载力曲线,最后根据曲线之间的转换,完成了Pushover分析模型的建立。

1.3 实现住宅建筑的抗震分析

在分析住宅建筑的抗震效果之前,首先要采用混凝土框架结构施工技术将住宅建筑的破

坏状态限制在一个目标水平内,来选取抗震性能分析目标,提高住宅建筑抗震分析的振型刚度。接着利用建模分析得到的载荷-位移曲线,并计算了住宅建筑中各个构件的刚度,得到了住宅建筑结构的承载力曲线,最后根据曲线之间的转换,完成了Pushover分析模型的建立,最后在混凝土框架结构施工技术的基础上,通过地震的时程分析来实现住宅建筑的抗震分析。

传统的抗震分析是以地震反应谱作为依据,将住宅建筑地震动力载荷折算成静力载荷,然后对住宅建筑进行计算分析,得到住宅建筑在地震载荷作用下的响应情况^[12]。

地震反应的时程分析是将住宅建筑结构作为一个振动系统,对住宅建筑结构的运动方程直接积分,就可以得到对应的地震响应^[13]。

时程分析流程如下:

A. 对住宅建筑模型输入加速度时程曲线,模拟出地震的反应,并分析和计算;

B. 采用弹塑性恢复力曲线来表征住宅建筑结构的力学性质;

C. 得到住宅建筑结构中塑性铰出现的具体位置和时刻,确定住宅建筑结构中的薄弱部位。

通过时程分析流程,将混凝土框架结构施工技术应用到了住宅建筑的抗震分析中,抗震分析步骤如下:

Step1: 对分析的住宅建筑建立三维有限元分析模型;

Step2: 设置塑性铰的对应属性,选定与之对应的框架单元;

Step3: 分析住宅建筑的工况;

Step4: 计算和分析住宅建筑的结构模型;

Step5: 针对不同的塑性铰属性,并结合住宅建筑抗震分析的实际情况,进行住宅建筑的截面设计并设计配筋;

Step6: 定义Pushover分析模型并分析荷载工况;

Step7: 运行Pushover分析模型来分析住宅建筑的工况;

Step8: 查看分析结果、关系曲线;

Step9: 按照需求进一步修改,并重复上述过程,直至符合住宅建筑的抗震分析要求。

综上所述,采用混凝土框架结构施工技术将住宅建筑的破坏状态限制在一个目标水平内,确定了住宅建筑的抗震性能分析目标,完成抗

震性能分析目标的选取；然后利用建模分析得到的载荷 - 位移曲线，并计算了住宅建筑中各个构件的刚度，得到了住宅建筑结构的承载力曲线，最后根据曲线之间的转换，完成了 Pushover 分析模型的建立；最后在混凝土框架结构施工技术的基础上，通过地震的时程分析来实现住宅建筑的抗震分析。

2 实验对比

2.1 实验参数设计

为了保证对比实验的准确性，在实验开始前需要对参与实验的某些参数做好提前设定，具体设定如下：

- 住宅建筑的地震影响系数最大值为小震的 2.8 倍；
- 将强剪弱弯的结构内力系数调整为 1；
- 载荷分项系数取值为 1；
- 承载力的抗震计算调整系数取值设置成 1；
- 整个实验过程中，材料的强度都选取标准值。

2.2 实验方案及过程设计

传统的住宅建筑抗震分析会使楼层墙体出现拉应力，且住宅建筑的外围墙体拉应力会超过 $2f_{tk}$ ，不满足住宅建筑的抗震性能要求。本文设计的抗震分析对比实验在抗震性能方面做了

进一步探讨，如果采用降低能耗的设计来增加住宅建筑的附属结构，从而帮助住宅建筑结构耗能，可以降低住宅建筑结构受到地震的强烈作用，不仅可以解决拉应力过大的问题，还可以解决方案不合理造成的住宅建筑层间位移角不满足要求的问题。

本实验的具体实施步骤为：

步骤 1: 确定住宅建筑出现拉应力的墙体层数和位置；

步骤 2: 使用式（5）来验算出现拉应力的墙体，并判断拉应力是否超过了 $2f_{tk}$ ：

$$\sigma=\frac{N}{b_w h}\leq 2f_{tk}$$

(5)

步骤 3: 对于拉应力超过 $2f_{tk}$ 的墙体，在不同工况下的内力信息导入到编制的 excel 文件中，并计算出组合后的轴力；

步骤 4: 通过输入预估的住宅建筑型钢截面，通过墙体弹性模量折算的方法，最终计算出不同工况下的折算后拉应力是否超过了；

步骤 5: 不超过 $2f_{tk}$ ，则说明住宅建筑的刚度满足抗震设计要求；超过 $2f_{tk}$ ，则重新选择住宅建筑型钢截面；

步骤 6: 统计实验结果并分析。

2.3 实验结果分析

利用上述的实验方案及过程，得到住宅建筑抗震分析的振型刚度曲线。如图 5 所示。

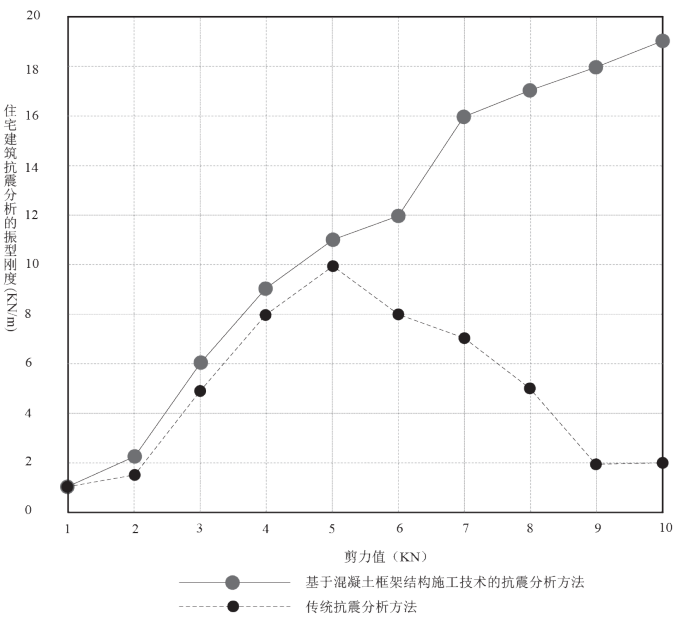


图 5 住宅建筑抗震分析的振型刚度曲线
Fig.5 Mode stiffness curve of seismic analysis of residential buildings

从实验结果中可以看出,随着剪力值的增大,两种抗震分析方法获取到的住宅建筑抗震分析的振型刚度都在逐渐升高,但是传统抗震分析方法获取到的住宅建筑抗震分析的振型刚度值,当剪力值达到 5 KN 时就不再升高,而是随着剪力值的增大而降低;基于混凝土框架结构施工技术的住宅建筑抗震分析方法获取到的实验数据中,住宅建筑抗震分析的振型刚度值一直在升高,最高达到了 19 KN/m。因此可以得出本文的抗震分析方法具有较高的抗震效果。

3 结语

本文提出了混凝土框架结构施工技术在住宅建筑的抗震分析。采用混凝土框架结构施工技术将住宅建筑的破坏状态限制在一个目标水平内,完成抗震性能分析目标的选取;然后利用建模分析得到载荷-位移曲线,并计算了住宅建筑中各个构件的刚度,根据曲线之间的转换,完成了 Pushover 分析模型的建立;最后在混凝土框架结构施工技术的基础上,通过地震的时程分析来实现住宅建筑的抗震分析。实验结果表明,基于混凝土框架结构施工技术的住宅建筑抗震分析方法相比于传统抗震分析方法,住宅建筑抗震分析的振型刚度值提升了 39.29%。

参考文献

- [1] 于晓辉,吕大刚,范峰.基于易损性指数的钢筋混凝土框架结构地震损伤评估[J].工程力学,2017(1):69-75.
- [2] 吴从晓,黄臻,邓雪松,等.二层二跨预制装配式和现浇混凝土框架消能减震框架结构抗震性能对比[J].应用基础与工程科学学报,2017(1):154-166.
- [3] 张哲铭.混凝土框架结构施工技术在住宅建筑的抗震分析[J].中小企业管理与科技,2017(3):120-121.
- [4] 白久林,金双双,欧进萍,等.防屈曲支撑-钢筋混凝土框架结构基于能量平衡的抗震塑性设计[J].建筑结构学报,2017,38(1):125-134.
- [5] 杜云霞,公茂盛,谢礼立.两次地震作用下 RC 框架结构抗震能力分析方法研究[J].世界地震工程,2017,33(1):75-83.
- [6] 唐昌辉,禹愿雄.考虑节点模型的混凝土框架结构抗震性能分析[J].公路工程,2019,44(3):39-43.
- [7] 黄林杰,周臻.带填充墙自复位预应力混凝土框架结构的抗震性能分析[J].工程力学,2018,35(10):165-174.
- [8] 王鼎,赵天传,陈道政.楼板厚度对钢筋混凝土框架结构抗震性能的影响[J].结构工程师,2017,33(5):68-75.
- [9] 严薇,彭奕岚,徐涛.预制混凝土楼梯对框架结构的抗震性能影响分析[J].建筑科学,2017,33(9):7-12.
- [10] 刘忠华,李帼昌,杨志坚,等.基于位移的屈曲约束支撑混凝土框架结构抗震设计方法[J].工业建筑,2017,47(3):18-24.
- [11] 周绪红,管宇,石宇,等.多层冷弯薄壁型钢结构住宅抗震性能分析[J].建筑钢结构进展,2017,19(6):10-15.
- [12] 兰涛,廖钊志,门进杰.带肋箱板式钢结构住宅底部加强区墙体抗震性能有限元分析[J].工业建筑,2018,48(9):63-69+197.
- [13] 王海飙,季安康.房屋建筑抗震能力评价研究[J].建筑技术,2017,48(4):381-384.