

汪玉容.钢筋混凝土建筑结构的抗地震破坏倒塌能力评估研究[J].地震工程学报,2018,40(5):919-925.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.05.919

WANG Yurong. Evaluation of Anti-seismic Damage and Collapse Capability of Reinforced Concrete Building Structures[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(5): 919-925. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.05.919

钢筋混凝土建筑结构的抗地震破坏 倒塌能力评估研究

汪玉容

(凯里学院建筑工程学院, 贵州 凯里 556000)

摘要: 在地震作用下钢筋混凝土建筑结构出现破坏倒塌为地震灾害中的关键,有效评估建筑结构抗地震破坏倒塌能力是建筑结构设计的前提,也是当前建筑结构提高抗震性能与加固的依据。提出变形指标极值、失效判断标准以及钢筋混凝土建筑结构倒塌极限状态判断标准,据此获取倒塌储备系数、倒塌易损性、结构整体超强系数、结构整体延性系数等评估标准。采用 Pushover 分析法选择相应地震波。依据梁柱线刚比对建筑结构抗倒塌能力的影响,以及柱端弯矩增加系数对建筑结构抗地震破坏倒塌能力的影响,对建筑结构易损性进行分析。结果表明:等跨建筑结构抗地震破坏倒塌能力更强;建筑结构底层是薄弱层,COF 值越高,结构越容易倒塌。

关键词: 钢筋混凝土; 建筑结构; 抗地震破坏; 倒塌能力; 评估

中图分类号: TU47

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2018)05-0919-07

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.05.919

Evaluation of Anti-seismic Damage and Collapse Capability of Reinforced Concrete Building Structures

WANG Yurong

(School of Architectural Engineering, Kaili University, Kaili 556000, Guizhou, China)

Abstract: The failure and collapse of reinforced concrete building structures during earthquakes is a key factor in earthquake disasters. The effective evaluation of the seismic collapse-resistant capacity of a building structure is a vital component of building structure design, and also serves as the basis for improving the seismic performance and reinforcement of building structures. In this paper, we propose the extreme value of the deformation index, the failure judgment criterion, and the collapse limit state. Based on these factors, we can obtain evaluation criteria such as the collapse reserve coefficient, collapse vulnerability, structure integral superstrength coefficient, and structure integral ductility coefficient. We use the pushover analysis method to select the corresponding seismic waves. Given the influence of beam-to-column linear stiffness ratio on the anti-collapse capacity of a building structure, we can analyze the vulnerability of the building struc-

收稿日期: 2017-08-20

基金项目: 贵州省教育厅青年科技人才成长项目“黔东南民族木结构传统连接与现代连接性能比较研究”(黔教合 KY 字[2017]331)

作者简介: 汪玉容(1986—),女,江西上饶人,硕士研究生,讲师,研究方向:道路与桥梁工程。E-mail: wyr180403@sina.com。

ture. From our study results, we can draw the following conclusions: equal-span building structures are more resistant to earthquake damage and collapse; the bottom layer of the building structure is weakest; and the higher is the COF value, the more easily a structure will collapse.

Keywords: reinforced concrete; building structure; anti-seismic damage; anti-collapse capacity; evaluation

0 引言

钢筋混凝土建筑结构在地震影响下很容易发生倒塌,严重的地震灾害会造成大量人员伤亡以及严重的经济损失^[1-2]。地震作用下钢筋混凝土建筑结构抗地震破坏倒塌能力为当前抗震设计的关键,特别是人员密集以及长时间居住的建筑,如果出现倒塌,会导致非常严重的后果^[3]。所以,研究钢筋混凝土建筑结构抗地震破坏倒塌能力评估方法,对降低地震灾害,保障人民生命财产安全有非常重要的意义。

Vrochidou 等^[4]提出基于地震加速度时频分析的中高层钢筋混凝土结构损伤评估方法,方法中地震参数源于地震信号的能量含量,利用时间窗来定义地震激励的强运动持续时间,并采用集合经验模态分解对选定的强运动区域进行时频分析。该方法效果较好,但实现难度较大,无法进行广泛应用。刘原等^[5]提出建筑结构平面形状对结构抗倒塌能力的影响分析方法,参考 FEMA P695 提供的方法对结构进行增量动力分析,得出各个结构的最大层间位移角与第一自振周期谱加速度值关系曲线,进而计算罕遇地震时的抗倒塌储备系数 CMR 和倒塌概率,该方法的倒塌评估精度偏低。

虽然针对钢筋混凝土结构的相关研究有很多成果,但都存在应用性不强、抗倒塌性能评估准确度偏

低等缺点。本文以按我国设计标准设计的钢筋混凝土框架结构为研究对象,利用 Pushover 分析法对其进行分析,通过相关评价参数对其抗地震破坏倒塌能力进行评估。

1 钢筋混凝土建筑结构倒塌极限判断标准

钢筋混凝土建筑结构倒塌极限判断标准为评估其抗震破坏倒塌能力的重要基础与依据。本文从变形指标极值和失效判断标准、多条地震作用下钢筋混凝土建筑结构倒塌极限状态判断标准两方面进行分析。根据我国相关规范的规定当建筑物超过一定的高度或对异形建筑进行地震波输入分析,对于本文钢筋混凝土建筑结构倒塌极限为研究问题,该问题主要研究对象为高层以及超高层建筑,且由于大部分地震均受多条地震波作用,所以本文不分析单条地震波作用下钢筋混凝土建筑结构倒塌极限状态判断标准。

1.1 变形指标极值和失效判断标准

钢筋混凝土构件变形为其出现损坏的外在体现,对构件变形需求能力进行比较,能够有效确定构件进入塑性状态后的破坏情况。

对不同钢筋混凝土构件的变形性能进行分析,对构件破坏形态进行划分,依据破坏程度将抗地震破坏性能划分成 6 个等级,同时介绍了对应变形性能指标极值(图 1)。

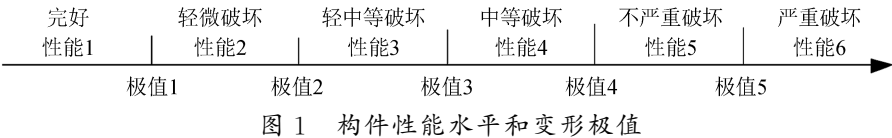


图 1 构件性能水平和变形极值

在构件达到性能 6 的情况下,会发生严重的塑性变形,构件中纵筋破坏或断裂,重要部分混凝土被压碎,承载力大大降低,无法继续承载。所以,在达到性能 6 的情况下,说明构件已经失效,故极值 5 为控制构件是否失效的关键。

1.2 多条地震波作用下钢筋混凝土建筑结构极限状态判断标准

地震随机性很高,主要和震源、传输路径及所处

环境等因素有关。多条地震波作用下,钢筋混凝土建筑结构抗地震破坏倒塌状态为:

$$P_{\text{倒塌}} = n_{\text{倒塌}} / N < [P_{\text{倒塌}}]$$
 (1)

式中: $P_{\text{倒塌}}$ 为钢筋混凝土建筑结构在 N 条地震波影响下达到倒塌极限的概率; $n_{\text{倒塌}}$ 为令建筑结构倒塌的地震波数; $[P_{\text{倒塌}}]$ 为能够接受的倒塌概率。

$[P_{\text{倒塌}}]$ 一般通过经验或业主要求确定,通常取低于 10% 的值。在多条地震波下,若建筑结构倒塌

频率高于 $[P_{\text{倒塌}}]$,说明建筑结构在概率意义上已达到倒塌极限。

2 钢筋混凝土建筑结构抗倒塌能力量化指标

2.1 倒塌储备系数

FEMA-P695^[6]给出评估钢筋混凝土建筑结构抗倒塌能力的指标,即倒塌储备系数 RCM:

$$RCM = \frac{IM_{50\%}}{IM_{MCE}} \tag{2}$$

式中: $IM_{50\%}$ 用于描述在倒塌率为 50%的情况下,相应地震强度可能导致建筑结构破坏倒塌,该地震强度亦被称作建筑结构平均倒塌能力; IM_{MCE} 为规范标准下最大考虑地震强度。

倒塌储备系数为建筑结构真实抗震破坏倒塌能力和设防需求间关系的体现,其值越大,建筑结构抗地震破坏倒塌安全储备越高,建筑结构倒塌的概率越低。

2.2 倒塌易损性

对可描述建筑结构所处场地种类的一组地震波进行 IDA 分析^[7],获取相应建筑结构在多条地震波作用下的倒塌强度 $IM_1, IM_2, IM_3, \cdots$ 。将地震强度看作随机自能量,以某种概率模型完成对其参数的估计,获取建筑结构在各地震强度下的倒塌概率,即倒塌易损性。该值可对建筑结构在各地震作用下的倒塌概率进行评估,同时能够和地震危险性研究结合在一起,实现对建筑结构年平均倒塌概率的评估。

在地震强度 x 下,钢筋混凝土建筑结构倒塌概率为:

$$P(\text{collapse} | IM = x) = 1 - \Gamma \left[\frac{\ln \left(\frac{\gamma_{IM}}{\gamma_{lnx}} \right)}{\sqrt{\alpha_{IM}^2 + \alpha_{lnx}^2}} \right] \tag{3}$$

式中: γ_{IM} 、 α_{IM} 分别为 IM 的对数均值与对数标准差,可利用 IM 的均值 μ_{IM} 与标准差 σ_{IM} 获取:

$$\epsilon_{IM} = \frac{\sigma_{IM}}{\mu_{IM}} \tag{4}$$

$$\gamma_{IM} = \ln \frac{\mu_{IM}}{\sqrt{1 + \epsilon_{IM}^2}} \tag{5}$$

$$\alpha_{IM} = \sqrt{\ln(1 + \epsilon_{IM}^2)} \tag{6}$$

式中: ϵ_{IM} 为离散系数。对不同 IM 下建筑结构倒塌概率进行计算,能够获取建筑结构的倒塌易损性曲线。

2.3 结构整体超强系数

现阶段钢筋混凝土结构在弹性设计方面有一个弊端,即设计人员不能通过弹性设计结果获取建筑结构最大承载能力。因此将建筑结构整体超强系数看作其真实抗地震能力和其设计地震力之比,即:

$$W_d = \frac{V_u}{V_d} \tag{7}$$

式中: W_d 为超强系数; V_u 为建筑结构极限强度,也就是最高承载力; V_d 为建筑结构设计地震力。在大震作用下,结构超强系数能够提高建筑结构的抗倒塌性能。

2.4 结构整体延性系数

延性是影响钢筋混凝土建筑结构抗震性能的关键指标,从本质分析,其体现了建筑结构的非弹性变形能力,可避免由于建筑结构出现非弹性变形而大大降低其强度与刚度。结构整体延性系数计算公式如下:

$$\delta = \frac{l_{\max}}{l_y} \tag{8}$$

式中: δ 为延性系数; $l_{\max}$ 为钢筋混凝土建筑结构最大位移; l_y 为建筑结构屈服位移,可通过等能量法获取。钢筋混凝土建筑结构位移延性越高,则设计地震力越低,建筑结构所需强度亦随之降低。所以,在对抗震结构进行设计的过程中,需保证设计强度与位移延性水平的平衡性。

3 算例分析

3.1 建筑结构设计概况

依据《建筑抗震设计规范》^[8],设计了五层钢筋混凝土建筑结构,场地类别是 II 类,地震分组是第二组。五层建筑框架第一层层高是 3.6 m,剩下各层层高是 3 m,总高度是 15.6 m,结构立面图如图 2 所示。梁柱截面大小如表 1 所示。

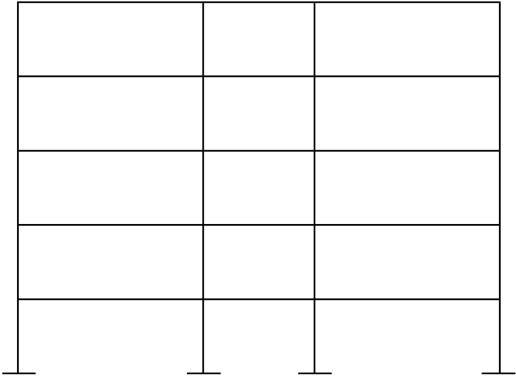


图 2 建筑结构立面图

Fig.2 Elevation of the building structure

表 1 五层建筑结构构件截面大小

Table 1 Section size of components of the five-storey building structure		
结构编号	框架梁截面 /mm×mm	框架柱截面 /mm×mm
性能 1(S5-1)	400×700	900×900(1~3 层) 850×850(4~5 层)
性能 2(S5-2)	250×550	550×550(1~3 层) 500×500(4~5 层)
性能 3(S5-3)	250×450	400×400(1~3 层) 350×350(4~5 层)
性能 4(S5-4)	250×450	与 S5-3 相同
常规设计 (S5-0)	200×400	400×400(1 层) 350×350(2~5 层)

3.2 地震波选择

针对超高层的建筑钢筋混凝土建筑结构,采用 20 条地震波完成时程分析,其中天然波多于 13 条,选取天然地震波时需要考虑建筑自振周期、场地的波速和地脉动值等相关因素。若这些条件没有满足,就会导致天然地震波不足,此时不足的部分需要通过人工模拟地震波。利用 ESPRO 软件对人工地震波进行分析。依据地震强度与场地类别及选择规定,从 PEER 强震数据库中选择满足条件的天然地震波,同时完成对其的试算。为了防止得到的结果对地震事件过度依赖,源于相同地震事件的地震波选择低于 2 条。表 2 是选择的地震波记录,图 3 为天然地震波反应谱和规范反应谱。

钢筋混凝土建筑结构在双向与单向地震作用下响应很大,为了有效评价结构抗震性,以 1:0.9 的比例,沿结构两个方向输入地震波。

表 2 选择的地震记录
Table 2 Selected seismic records

地震波 编号	地震事件	所选 分量	a_{pg}/g
GM1	1999 年土耳其地震	BTS090	0.099 1
GM2	1989 年洛马·普雷塔大地震	SLC360	0.284 5
GM3	1999 年集集台湾地震(05)	CHY032-E	0.612 4
GM4	1999 年集集台湾地震(04)	TCU029-E	0.022 3
GM5	1992 年兰德斯地震	LCN260	0.704 5
GM6	1989 年洛马·普雷塔大地震	BVF220	0.069 9
GM7	1979 年帝王谷地震(06)	H-CAL225	0.134 8
GM8	1986 年查尔方特谷(02)	A-LAD270	0.185 4
GM9	1999 年赫克托矿地震	13123090	0.031 4
GM10	1994 年美国北岭地震(01)	SER270	0.050 1
GM11	2002 年尼纳纳阿拉斯加山地震	K214360	0.006 5
GM12	Big Bear 地震	PSA360	0.078 5
GM13	2002 年阿拉斯加迪纳利地震	PS09103	0.082 6
GM14	1987 年苏必斯蒂森山地震(02)	B-POE360	0.299 6
GM15	1968 年博雷戈山地震	A-SON033	0.038 9

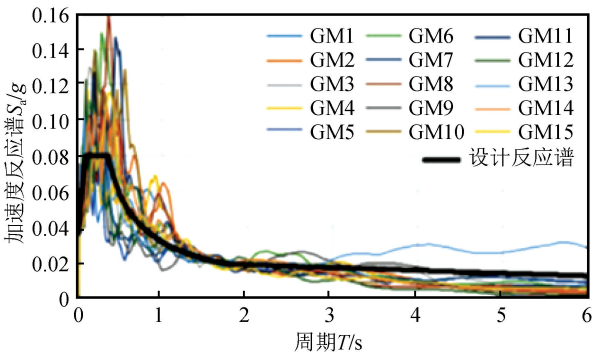


图 3 天然波反应谱和设计反应谱
Fig.3 Response spectra of natural waves and design response spectrum

3.3 分析方法

Pushover 分析法为静力非线性分析法,可依据性能评估当前建筑结构与设计新结构。

钢筋混凝土建筑抗震设计要求建筑结构符合多条地震下的弹性承载力,当前设计界为 Pushover 分析提供基础。利用建筑科学研究院的 PKPM-SATWE 程序完成钢筋混凝土建筑结构在多条地震作用下的抗地震破坏倒塌能力分析,将研究结果看作建筑结构配筋设计的基础。

4 钢筋混凝土建筑结构的抗地震破坏倒塌能力评估

4.1 梁柱线刚比

钢筋混凝土建筑结构中间短跨梁端通常是相同层构建破坏的初始点,在很大程度上是因为其线性刚度较相邻跨的梁单元更大。本文原建筑结构跨度由(5 000+2 000+5 000)变成(5 000+5 000+5 000),降低梁柱线刚度比,通过 Pushover 分析研究钢筋混凝土建筑结构线刚度比对抗地震破坏倒塌能力的影响,如图 4 所示。

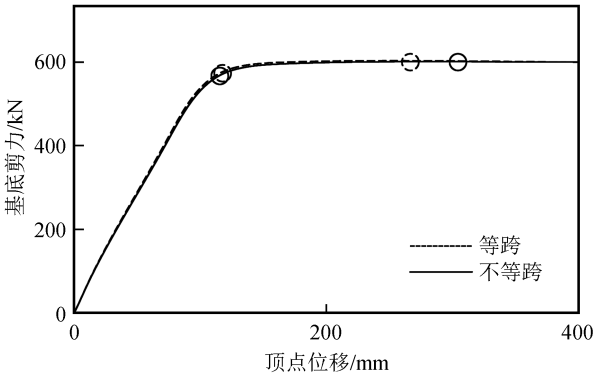


图 4 Pushover 曲线分析结果
Fig.4 Analysis results of Pushover curve

分析图 4 可知，等跨建筑结构与不等跨建筑结构曲线大致相同，仅在极限点位移方面有一定的不同，等跨结构是 253.2 mm 左右，不等跨结构是 288.5 mm 左右，这主要是由于钢筋混凝土建筑结构在地震作用下，主要通过不同柱的相对抗剪刚度完成对弯矩与剪力的分配，梁仅用于平衡。钢筋混凝土建筑结构极限承载力基本不发生改变，建筑结构超强系数是 2.4，未出现变化，而延性系数是 2.9，较不等跨结构减少了 0.41，钢筋混凝土建筑结构位移延性降低，则设计地震力升高，建筑结构所需强度升高，抗地震破坏倒塌能力升高。

4.2 柱端弯矩增加系数

柱端弯矩增加系数对钢筋混凝土建筑结构抗地

震破坏倒塌能力的影响较大，计算公式如下：

$$COF(k) = \frac{\sum_i M_{pci}}{\sum_i M_{pbi}} \tag{9}$$

式中： k 为第 k 个结点； M_{pci} 、 M_{pbi} 分别为和 k 结点连接在一起的不同柱、梁的极限承载力。

由于本文钢筋混凝土建筑结构截面沿层高与跨度方向均不发生变化，因此假设全部结点的柱端弯矩增大系数一致。在研究的过程中令梁截面保持不变、抗弯强度一致，人为增强柱截面的抗弯强度获取 $COF(1.12, 1.31, 1.65, 2.06, 2.61, 3.12, 3.91, 4.72)$ 。给出其中 4 个 COF 值下钢筋混凝土建筑结构塑性铰发展顺序如图 5 所示。

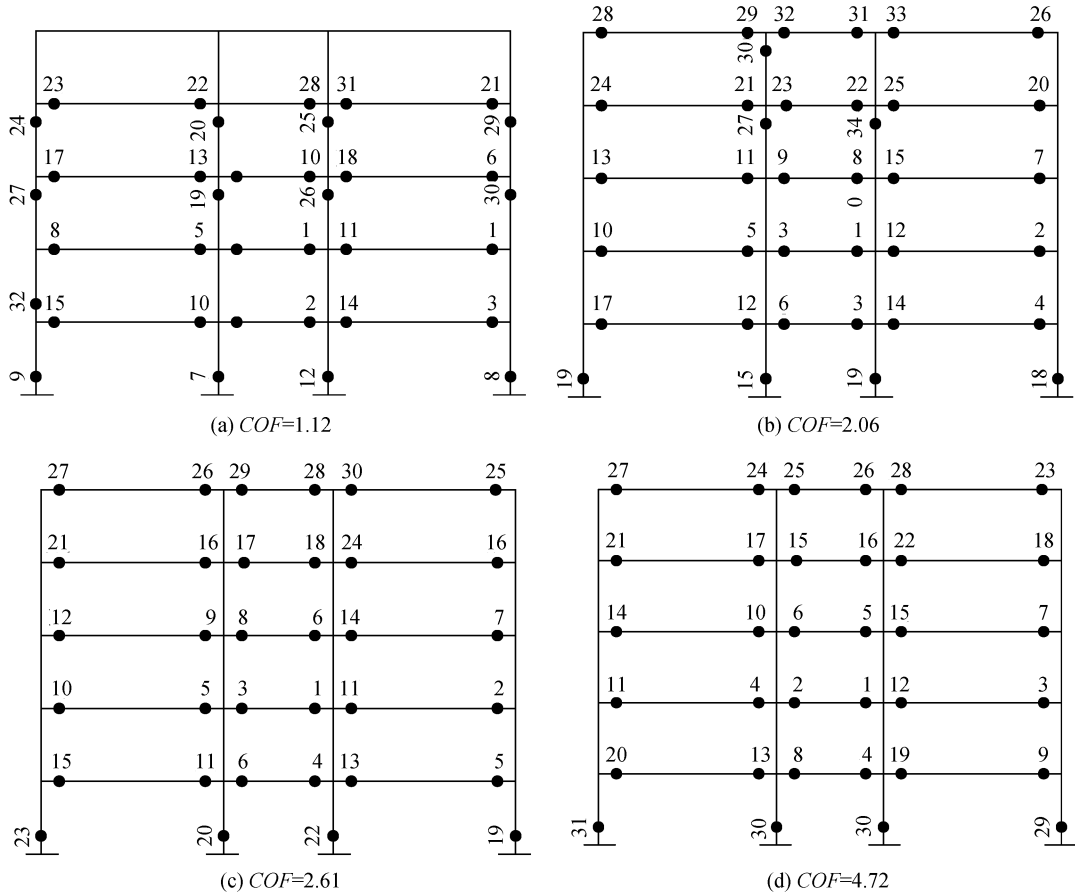


图 5 不同 COF 值建筑结构塑性铰发展顺序图

Fig.5 Plastic hinge development in the building structure under different COF values

分析图 5 可知，针对不同 COF 值，钢筋混凝土建筑结构破坏从最底层梁端向高层梁端发展，梁最右端破坏时间通常较左端早。在钢筋混凝土建筑结构破坏倒塌前，建筑结构底层柱下端均存在塑性铰，说明建筑结构底层是薄弱层。 COF 值越高，底层柱

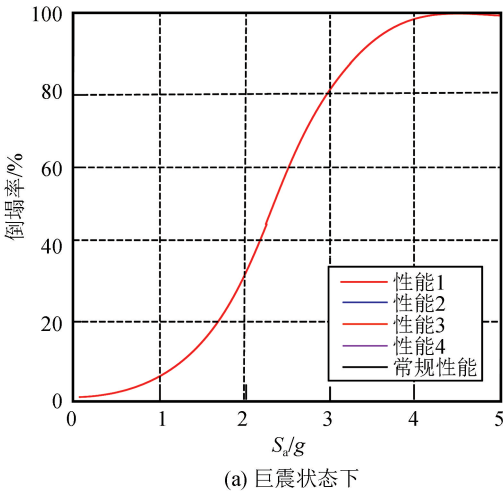
破坏时间越长，破坏出现时间较为集中，同时建筑结构出现梁铰式破坏更加显著，结构更容易倒塌，最大程度地消耗地震能量。当 COF 值高于 2.61 时，钢筋混凝土建筑结构仅出现上述倒塌方式。除梁铰式破坏之外，当 COF 值低于 2.61 时，钢筋混凝土建筑

结构均由于第四层柱上端存在塑性铰造成建筑结构倒塌,说明第四层建筑结构非常薄弱。

4.3 建筑结构易损性分析

因为我国没有对钢筋混凝土结构倒塌率与抗倒塌系统进行详细规定,本文依据美国 ATC-63 报告,也就是在大震作用下钢筋混凝土建筑结构倒塌率比低于 10%,代表建筑结构达到抗震要求,构建抗倒塌系统限值取 2.3。

依据以上分析结果,钢筋混凝土建筑结构选用



等跨结构,COF 值取 2.06,通过不同建筑结构多条震动 IDA 分析获取自变量 S_a 的自然对数和应变量最高层位移角的自然对数值,获取散点分布图。完成对数据的回归分析,获取不同建筑结构散点分布图的回归直线,同时求出直线方程,按照回归直线方程和结构极限状态,获取相应各极限状态的结构易损性,以获取结构达到大震状态与巨震状态情况下五层不同结构的地震易损性曲线,结果如图 6 所示。

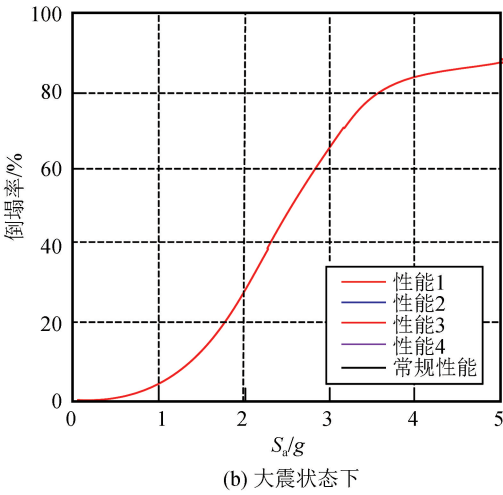


图 6 五层建筑结构易损性曲线

Fig.6 Vulnerability curves of the five-storey building structure

通过图 6 可获取大震作用下建筑不同结构的倒塌率。按照我国当前抗震设计标准,求出不同建筑结构地震作用下的第一阵型谱与加速度值,通过图 6 求出倒塌率为 50%情况下相应结构的第一阵型谱与加速度,二者之比就是建筑结构抗倒塌系数,对其进行调整,获取五层建筑不同结构的抗倒塌储备系数值(表 3)。

表 3 五层建筑结构倒塌率与抗倒塌系数

Table 3 Collapse ratio and collapse margin ratio of the five-storey building structure

结构编号	S3-1	S3-2	S3-3	S3-4	S3-0	
倒塌率	大震	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1%
	巨震	0.0%	0.0%	15%	14.1%	19.1%
调整后抗倒塌系数	13.82	6.62	4.42	4.31	3.81	

分析表 3 可知,研究建筑结构在大震作用下的倒塌率全部低于 10%,抗倒塌储备系数全部高于 2.3,说明其在大震作用下不会出现倒塌现象。建筑结构在巨震作用下的倒塌率也不高,说明有很高的抗倒塌能力。

为了进一步验证钢筋混凝土建筑结构的抗地震破坏倒塌能力评估方法的有效性,对倒塌能力评估

精度进行实验,以文献[4]、文献[5]作为对照实验组,其实验结果与所提方法进行对比,实验输出结果如图 7 所示。

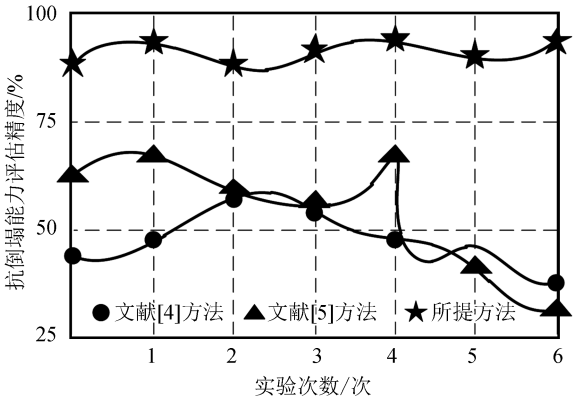


图 7 不同方法下建筑倒塌评估精度对比

Fig.7 Comparison between evaluation accuracy of building collapse using different methods

根据图 7 可以看出,本文所提方法的评估精度明显高于两种传统方法,从稳定性来看,传统方法的建筑倒塌能力评估精度变化幅度较大,且精度平均偏低。在整个实验过程,本文方法一直保持在 80%

~90%,且较为稳定。通过本次实验,可以全面验证本文提出方法的有效性。

5 结论

依据《建筑抗震设计规范》,设计了五层钢筋混凝土建筑结构,采用 20 条地震波对建筑结构完成时程分析,得出以下结论:

(1) 将不等跨结构变成等跨结构后,钢筋混凝土建筑结构极限承载力基本不发生改变,建筑结构超强系数未出现变化,而延性系数降低,建筑结构位移延性降低,则设计地震力升高,建筑结构所需强度升高,抗地震破坏倒塌能力升高。

(2) 建筑结构底层和第四层是薄弱层。 COF 值越高,底层柱破坏时间越长,破坏出现时间较为集中,同时建筑结构出现梁铰式破坏更加显著,结构更容易倒塌,最大程度地消耗地震能量。

(3) 在等跨结构和 COF 值为 2.06 的情况下,建筑结构在大震作用下不会出现倒塌现象,在巨震作用下的倒塌率也不高,有很高的抗倒塌能力。

参考文献(References)

- [1] 韩小雷,崔济东,季静,等.强震作用下基于构件性能的钢筋混凝土框架结构抗倒塌能力评估[J].建筑结构学报,2015,36(12):27-34.
HAN Xiaolei, CUI Jidong, JI Jing, et al. Component-performance-based Collapse Resistant Capacity Evaluation of Reinforced Concrete Frame Structures under Strong Earthquake Actions[J]. Journal of Building Structures, 2015, 36(12): 27-34.
- [2] 黄超,梁兴文,党争,等.FRC 框架结构基于等效单自由度模型的抗地震倒塌能力评估[J].工程力学,2016,33(2):127-135.
HUANG Chao, LIANG Xingwen, DANG Zheng, et al. Evaluation of Seismic Collapse Capacity of FRC Frame Structures

Based on the Methodology of Equivalent SDOF Systems[J]. Engineering Mechanics, 2016, 33(2): 127-135.

- [3] 张磊,许镇,叶列平,等.基于局部谱形状指标调整结构抗地震倒塌能力的预测结果[J].工程抗震与加固改造,2016,38(5): 9-15.
ZHANG Lei, XU Zhen, YE Lieping, et al. Adjustment of the Predicted Results of the Collapse Resistance of Structures Based on Spectral Shape Index[J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2016, 38(5): 9-15.
- [4] VROCHIDOU E, ALVANITOPOULOS P F, ANDREADIS I, et al. Structural Damage Estimation in Mid-rise Reinforced Concrete Structure Based on Time-frequency Analysis of Seismic Accelerograms[J]. Iet Science Measurement & Technology, 2016, 10(8): 900-909.
- [5] 刘原,冯远,蒋欢军.建筑结构平面形状对结构抗倒塌能力的影响[J].中国科技论文,2016,11(13):1445-1451.
LIU Yuan, FENG Yuan, JIANG Huanjun. Influence of Structural Planar Shape on the Collapse Resistance[J]. China Sciencepaper, 2016, 11(13): 1445-1451.
- [6] 党王桢,梁兴文.RC 框架结构地震倒塌易损性分析的实用方法[J].震灾防御技术,2015,10(4):986-995.
DANG Wangzhen, LIANG Xingwen. The Practical Method of Collapse Fragility Analysis of RC Frame Structure[J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 2015, 10(4): 986-995.
- [7] SAGASTA F, Benavent-Climent A, Fernández-Quirante T, et al. Modified Gutenberg-Richter Coefficient for Damage Evaluation in Reinforced Concrete Structures Subjected to Seismic Simulations on a Shaking Table[J]. Journal of Nondestructive Evaluation, 2014, 33(4): 616-631.
- [8] 周洋,郭迅,孙丽.底层商用多层砌体结构抗震性能与倒塌机理试验研究[J].地震工程与工程振动,2014,34(5):118-128.
ZHOU Yang, GUO Xun, SUN Li. Experimental Study on Seismic Performance and Collapse Mechanism of Multi-story Masonry Structure with First Soft Floor[J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2014, 34(5): 118-128.