

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



ارزیابی منحنی شکنندگی ساختمان های فولادی دارای مهارندهای ضربدري با تحليل ديناميكي افزايشي (IDA)

ليلا كلاني¹، هادي فقيه ملكي²

1- استاديار دانشكده مهندسي عمران، موسسه آموزش عالي طبري بابل

2- دانشجوي كارشناسي ارشد مهندسي عمران-سازه، موسسه آموزش عالي طبري بابل

kalani@tabari.ac.ir
H.Faghihmaleki@gmail.com

خلاصه

خسارات وارده به ساختمان ها در مقابل زلزله ها، ضرورت احتمال خرابی و تعیین میزان خسارت به ساختمان های موجود را در برابر زلزله های آینده مشخص می کند. برای برآورد آسیب پذیری لرزه ای، از منحنی های شکنندگی استفاده می کنیم. منحنی های شکنندگی، احتمال خسارت سازه ای ناشی از زلزله را به صورت تابعی از مشخصه های حرکت زمین و پارامترهای گوناگون طراحی، عرضه می کنند. در این مطالعه، سه نمونه ساختمان قاب خمشی فلزی با مهاربند ضربدري سه، هشت و دوازده طبقه انتخاب شده اند. سپس با استفاده از نرم افزار SeismoStruct. V6 تحلیل دینامیکی افزایشی (IDA) برای نمونه ها با در نظر گرفتن 30 رکورد زلزله صورت پذیرفت تا ظرفیت تسلیم و فروپاشی هر ساختمان برآورد شود. طبق ظرفیت منحنی های شکنندگی بر حسب شتاب اوج زمین (PGA) برای سطح تخریب فروپاشی و تسلیم با فرض توزیع لوگ نرمال، بسط داده شد و نهایتاً با مقایسه منحنی های شکنندگی به بررسی تاثیر ارتفاع در آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها پرداخته شد.

کلمات کلیدی: منحنی شکنندگی، فروپاشی، تسلیم، تحلیل دینامیکی افزایشی (IDA)، قاب خمشی فلزی با مهاربند ضربدري

1. مقدمه

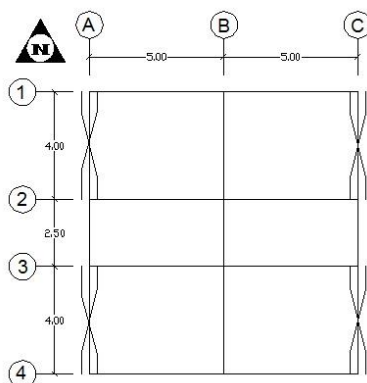
عملکرد ساختمان های قاب خمشی فولادی، تحت اثر حرکت های زمین به خصوص در مناطق لرزه خیز همواره یک موضوع مهم بوده است. از این رو تخریب ساختمان ها در اثر زلزله، نیازمند به تشخیص خطر سازه ای موجود را برای برآورد پتانسیل فروپاشی در اثر زلزله می باشد. در این کار یک روش محاسباتی کارآمد برای برآورد منحنی های شکنندگی پیشنهاد شده است. تعیین منحنی های شکنندگی براساس حداکثر جابجایی نسبی طیف وسیعی از خسارت ساختمان با سطح عملکرد ایمنی جانی (LS) با در نظر گرفتن شبکه عصبی پیشنهاد شده است [1]. M.Majd و همکارانش، توسعه منحنی های شکنندگی قابل اعتماد بر اساس دو شاخص خسارت، از جمله "جابجایی داخلی طبقات" و "تغییر شکل پلاستیکی محوری" مورد استفاده قرار دادند [2].

A.E Özel و همکارش بررسی منحنی شکنندگی قاب بتن آرمه مجهز به مهاربند هم محور را بررسی نمودند و توابع توزیع لگ نرمال دو پارامتری، مورد استفاده قرار گرفت که بررسی تحلیلی منحنی شکنندگی نشان داد که مقاوم سازی ساختمان های بتن آرمه با این مهاربند ها باعث بهبود عملکرد ساختمان در برابر زلزله شود [3]. Jong,SH و همکارش، اصول استخراج منحنی شکنندگی را برای سازه های بتنی با پلان نامنظم ارائه دادند و به منظور توصیف مشخصات خسارات سازه های نامنظم، یک شاخص خسارت را رابطه سازی کردند [4]. Wen-I Liao و همکارانش، روند تشخیص فروپاشی ساختمان ها در سیستم ارزیابی لرزه ای توصیف و به محاسبه پارامترهای استفاده شده در تشخیص تخریب ساختمان ها پرداختند [5].

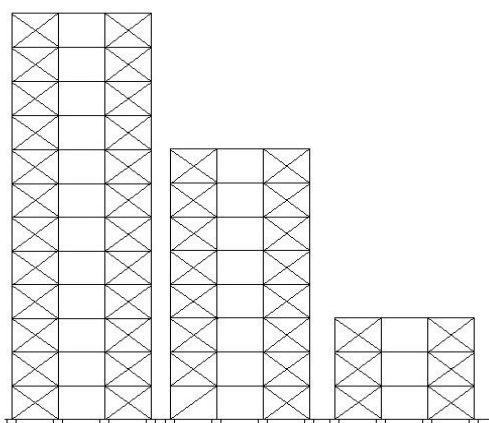
2. هدف از مطالعه

هدف از این مطالعه، توسعه منحنی های شکنندگی برای ساختمان های قاب خمشی فولادی با مهاربند ضربدري در تعداد طبقات مختلف و در مناطق لرزه خیزی زیاد می باشد. ارتفاع طبقه اول 2.8 متر و سایر طبقات 3.4 متر در نظر گرفته شده که با استفاده از آیین نامه ASCE 7-10 طراحی شده اند. پلان در سه نمونه یکسان که در شکل یک نشان داده شده است و تعداد طبقات متبیر و به ترتیب سه، هشت و دوازده طبقه می باشد. گرچه در مطالعات

گذشته سطوح تخریب متنوعی بکار برده شده است، اما در این مطالعه نقطه تسلیم و فویاشی به عنوان سطوح تخریب در نظر گرفته شد. چراکه این دو پارامتر به صورت تحلیلی با دقت قابل قبولی محاسبه شود. با استفاده از 30 رکورد زلزله، با مدل سازی نمونه ها در نرم افزار SeismoStruct. V6 [6] و با انجام تحلیل دینامیکی افزایشی (IDA)، ظرفیت های تسلیم و فرو پاشی نسبت به PGA، برای نمونه ها انجام میگردد. این ظرفیت ها با استفاده از روش های آماری برای توسعه منحنی شکنندگی محاسبه می شود.



شکل 1- پلان طبقات



شکل 2- قاب خمشی با مهاربند ضربدری مدل شده

3. مشخصات مصالح

کاربری ساختمان ها، مسکونی در نظر گرفته شده است که با توجه به دتایل های اجرایی میزان بار مرده واحد سطح کف طبقات 550 Kg/M^2 و بار زنده کف طبقات 200 Kg/M^2 و بام 150 Kg/M^2 در نظر گرفته شده است. محل احداث سازه ها در مکانی با خطرپذیری زیاد زلزله احداث شده اند که دارای شتاب مبنای $3g$ می باشد. جنس فولاد ST37 نظر گرفته شده است و بتن استفاده شده همان بتن معمولی با مقاومت فشاری 210 Mpa می باشد.

4. معرفی نرم افزار بکاربرده شده

برای مدل سازی و انجام تحلیل دینامیکی افزایشی (IDA) بر روی نمونه ها از نرم افزار المان محدودی SeismoStruct [6] ویرایش 6 ام استفاده شده است. این نرم افزار همانند تمامی نرم افزار های المان محدودی قادر به انجام کلیه تحلیل های دینامیکی و استاتیکی-خطی یا غیر خطی است و کارآمدی خاصی در انجام تحلیل دینامیکی افزایشی (IDA) دارد. که در پانزدهمین کنفرانس جهانی مهندسی زلزله (2012) در لیسبون پرتقال برگذار شد به عنوان نرم افزار برگزیده در این زمینه انتخاب شده است [7].



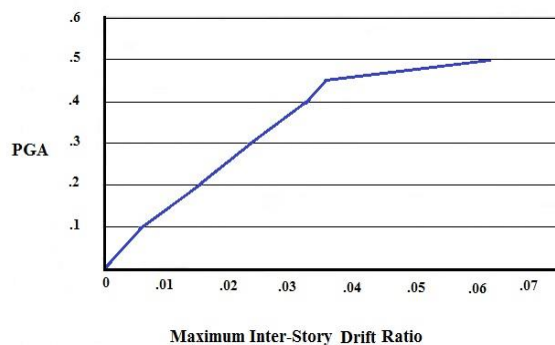
5. تحلیل دینامیکی افزایشی (IDA)

در این تحقیق، برای انجام تحلیل دینامیکی افزایشی، از 30 شتابنگاشت اصلاح شده موسسه Peer استفاده شده است. رکورد های انتخابی، مربوط به ایالت کالیفرنیا بوده و یکسری پارامترهای کنترل کننده از قبیل فاصله از گسل و بزرگی در انتخاب آنها مد نظر قرار گرفته است.

جدول 1- رکورد های مورد استفاده

NO	EVENT	STATION	NO	EVENT	STATION
1	Imperial Valley 1979	Chihuahua	16	Northridge, 1994	LA, Baldwin Hills
2	Imperial Valley 1979	Chihuahua	17	Imperial Valley, 1979	El Centro Array #12
3	Northridge 1994	Hollywood Storage	18	Loma Prieta, 1989	Anderson Dam Downstream
4	San Fernando 1971	Lake Hughes #1	19	Loma Prieta, 1989	Anderson Dam Downstream
5	San Fernando 1971	Hollywood Stor Lot	20	Loma Prieta, 1989	Agnews State Hospital
6	Super Stition Hills 1987	Wildlife Liquefaction Arrey	21	Loma Prieta, 1989	Anderson Dam Downstream
7	Super Stition Hills 1987	Wildlife Liquefaction Arrey	22	Loma Prieta, 1989	Coyote Lake Dam Downstream
8	Super Stition Hills 1987	Salton Sea Wildlife Refuge	23	Imperial Valley, 1979	Cucapah
9	Super Stition Hills 1987	Plaster City	24	Loma Prieta, 1989	Sunnyvale Colton Ave
10	Super Stition Hills 1987	Calipatria Fire Station	25	Imperial Valley, 1979	El Centro Array #13
11	Landers 1992	Barstow	26	Imperial Valley, 1979	Westmoreland Fire Station
12	Cape Mendocino 1992	Rio Dell Overpass	27	Loma Prieta, 1989	Sunnyvale Colton Ave
13	Cape Mendocino 1992	Rio Dell Overpass	28	Imperial Valley, 1979	El Centro Array #13
14	Coalinga 1983	Parkfield - Fault Zone 3	29	Imperial Valley, 1979	Westmoreland Fire Station
15	Whittier Narrows 1987	Beverly Hills	30	Loma Prieta, 1989	Hollister Diff. Array

یکی دیگر روشهای آنالیز دینامیکی غیر خطی، تحلیل دینامیکی افزایشی می باشد که سازه ها تحت اثر یکسری از تحلیل های تاریخچه زمانی قرار میگیرند که شدت این تاریخچه زمانی ها به تدریج افزایش میابد. به عبارت دیگر در این روش مقدار شتاب ماکزیمم به صورت افزایشی از یک مقدار بسیار کم که در طی آن پاسخ سازه الاستیک است مقیاس شده و بتدریج افزایش میابد تا به نقطه حالت حدی هدف پس از تسلیم برسد. در این مطالعه، ماکزیمم جابجایی نسبی درون طبقه ای بعنوان بهترین شاخص تخریب و شتاب اوج زمین (PGA)، بعنوان شدت حرکت زمین انتخاب شده است. یک افزایش 1g در شتاب اوج زمین لحاظ گردیده تا ساختمان ها تخریب شود و ظرفیت تسلیم و فروپاشی با یک حساسیت قابل قبول بدست آید. پس از هر بار تحلیل، ماکزیمم جابجایی نسبی درون طبقه ای ثبت می شود. رابطه بین ماکزیمم جابجایی نسبی درون طبقه ای و شتاب طیفی، خطی در نظر گرفته شده است. ظرفیت تسلیم سازه به عنوان نقطه ای از شتاب طیفی در جایی که منحنی، حالت خطی را رها میکند، تعریف می شود. وقتی سازه به ظرفیت فروپاشی میرسد، با اندک افزایش در اندازه شدت، افزایش زیادی در اندازه تخریب بوجود می آید. برای تعیین ظرفیت فروپاشی سازه، حرکت زمین به نسبت ثابتی افزایش پیدا میکند و چندین تحلیل دینامیکی افزایشی انجام می شود تا ناپایداری دینامیکی بعنوان یک غیر همگرایی اتفاق بیوفتد. اگر ناپایداری دینامیکی در نسبت جابجایی نسبی کمتر از 3٪ اتفاق بیوفتد، جابجایی نسبی درون طبقه ای متناظر با 3٪ را به عنوان ظرفیت فروپاشی سازه در نظر گرفته میشود. نمونه ای از منحنی های IDA در شکل زیر نمایش داده شده است.

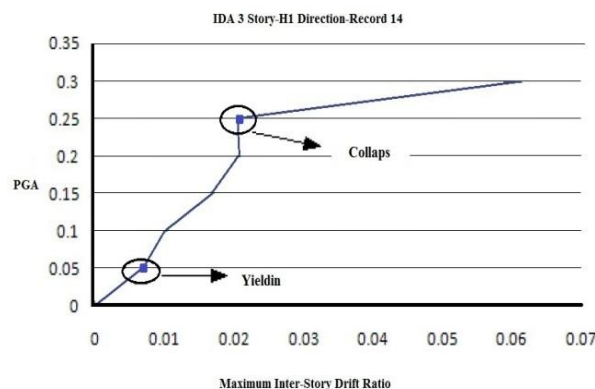


شکل 3- منحنی IDA برای ساختمان 3 طبقه در اثر رکورد 4 در جهت H₁

6. ظرفیت و حالت حدی برای منحنی های IDA

نقطه تسلیم و فروپاشی سازه به عنوان سطوح تخریب اساسی انتخاب شده اند. سطوح تخریب و مقادیر حدی مختلف نسبت به اندازه تخریب در مطالعات اخیر لحاظ می شوند. برای نمونه Kircher Ca و همکار [7] و Smyth و همکارش [8] برای انواع ساختمان های سازه ای چهار سطح تخریب متفاوت Slight, Moderate, Major, Extensive را مشخص کرده اند.

ماکزیمم نسبت دررفت درون طبقه ای بعنوان فروپاشی کامل پذیرفته شده است. و به سطح تخریب، یک مقدار حدی دررفت درون طبقه ای نسبی اختصاص داده می شود. [9] Jovanoska ED، از سطح تخریب مشابه استفاده کرده است، با وجود اینکه، شاخص خسارت Park YJ و همکارش [10]، را به عنوان یک شاخص خسارت بکار می برد. علاوه بر این Karim KR و همکارش [11, 12]، و Shinozuka M و همکارانش [13]، تقاضای انعطاف پذیری مقطع و مقادیر حدی متناظر را به عنوان یک شاخص خسارت در نظر گرفته شد. برآورد مقادیر حدی بالا متناظر با اندازه تخریب، یک روش تحلیلی بسیار مشکل است زیرا تعیین مقادیر حدی بر اساس نتایج تعداد اندکی آزمایش، قضاوت های مهندسی، تجربه از زلزله های گذشته بدست آمده است. در این تحقیق، نقطه تسلیم و فروپاشی به عنوان حالت حدی در نظر گرفته شده است. بر این اساس می توان بصورت تحلیلی و با دقت قابل قبولی آن ها را تعیین کرد. ظرفیت تسلیم سازه شتاب نقطه ای از منحنی IDA است که منحنی حالت خطی را ترک می کند. ظرفیت فروپاشی نقطه ای است که افزایش معین شتاب، افزایش زیادی در اندازه تخریب بوجود آید.



شکل 4- حالات حدی برای منحنی IDA برای ساختمان 3 طبقه در اثر رکورد 4 در جهت H₁



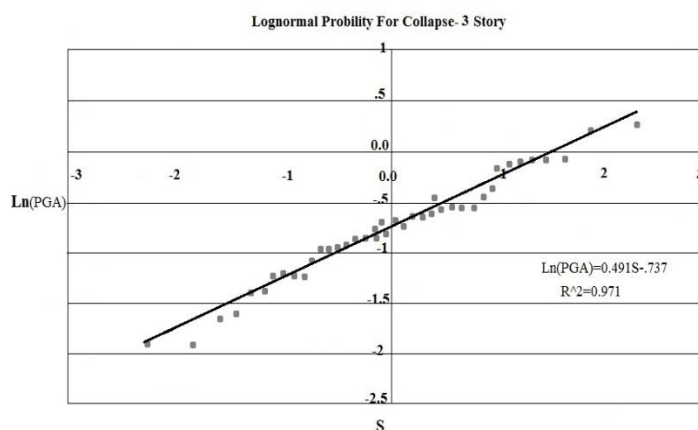
7. منحنی شکنندگی

منحنی شکنندگی احتمال تخریب سازه را به عنوان تابعی از شاخص های حرکت زمین بیان می کند. در این تحقیق، فرض می شود که منحنی های شکنندگی، توابع توزیع لوگ-نرمال دو پارامتری هستند [14]. بر این اساس احتمال تجمعی به صورت زیر تعریف می شود.

$$P(\leq D) = \varphi\left(\frac{\ln X - \lambda}{\zeta}\right) \quad (1)$$

φ توزیع نرمال استاندارد است. X شاخص حرکت زمین به صورت توزیع لوگ-نرمال و ζ انحراف معیار استاندارد از $\ln X$ هستند. انحراف معیار متوسط و استاندارد برای هر سطح تخریب به صورت جداگانه محاسبه می شود. انحراف معیار متوسط و استاندارد از $\ln X$ در شکل 4 نشان داده شده است. این روش بر اساس رسم $\ln X$ در مقابل متغیر استاندارد نرمال روی مقیاس لوگ-نرمال و انجام یک آنالیز رگرسیون خطی برای تعیین انحراف معیار استاندارد و متوسط از $\ln X$ برای هر سطح تخریب انجام می شود. رابطه بین متغیر استاندارد نرمال و انحراف معیار متوسط و استاندارد از $\ln X$ به صورت زیر تعریف می شود:

$$S = \frac{\ln x - \lambda}{\zeta} \quad (2)$$

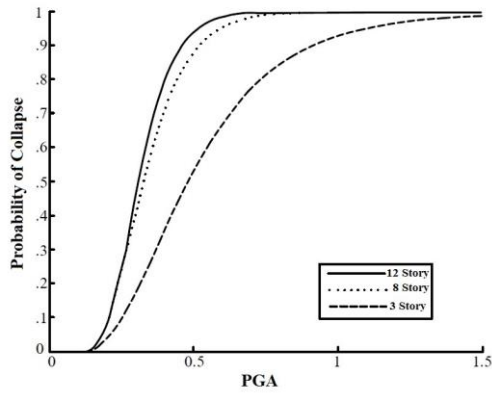


شکل 5- نمودار احتمال لوگ - نرمال برای منحنی احتمال فروپاشی ساختمان 3 طبقه

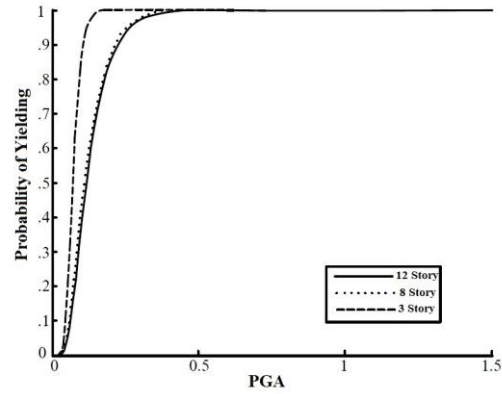
که S متغیر استاندارد است. جدول زیر انحراف متوسط و استاندارد را بر اساس شاخص حرکت زمین (PGA) برای هر نمونه ساختمان و هر سطح تخریب نشان می دهد.

جدول 2 - پارامترهای شکنندگی

طبقات	λ		ζ	
	تسلیم	فروپاشی	تسلیم	فروپاشی
3	-2.66	-0.737	0.328	0.491
8	-2.109	-1.107	0.486	0.354
12	-2.145	-1.168	0.509	0.314



شکل 7- منحنی شکنندگی برای حالت Collapse

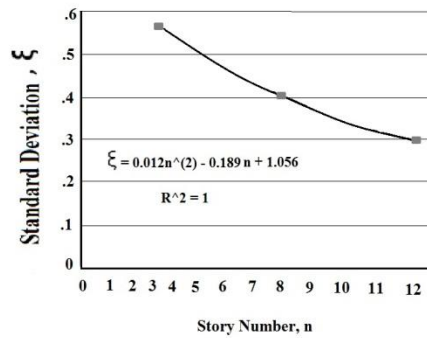


شکل 6- منحنی شکنندگی برای حالت Yielding

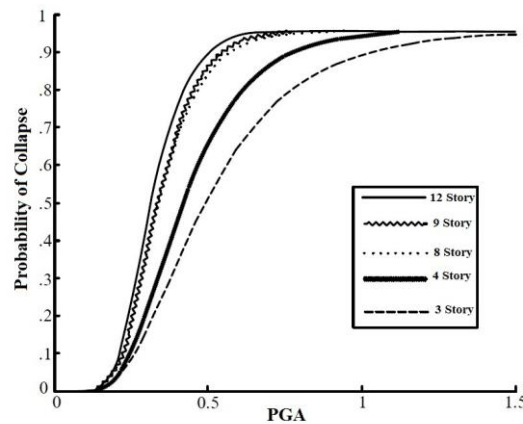
8. بسط منحنی های شکنندگی

با بررسی منحنی های شکنندگی که تا کنون ارائه شده است به این نتیجه میرسیم که پارامترهای منحنی شکنندگی، انحراف معیار متوسط و استاندارد، نسبت به تعداد طبقات تغییر میکنند. بنابراین منحنی شکنندگی ساختمان های 4 و 9 طبقه با استفاده از آنالیز رگرسیون منحنی شکنندگی 3 و 8 و 12 طبقه می توان بدست آورد. مدل رگرسیون استفاده شده برای روابط بین پارامترهای منحنی شکنندگی و تعداد طبقات به صورت زیر می باشد.

$$\lambda = an + b \quad (3)$$



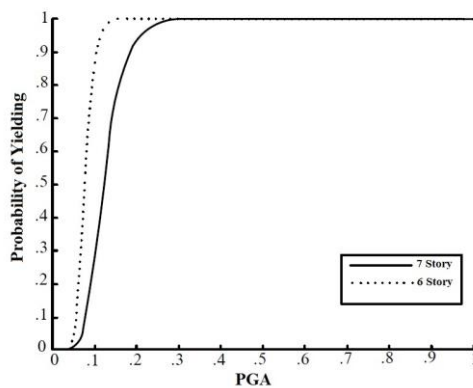
شکل 8- آنالیز رگرسیون برای انحراف استاندارد در حالت Collapse



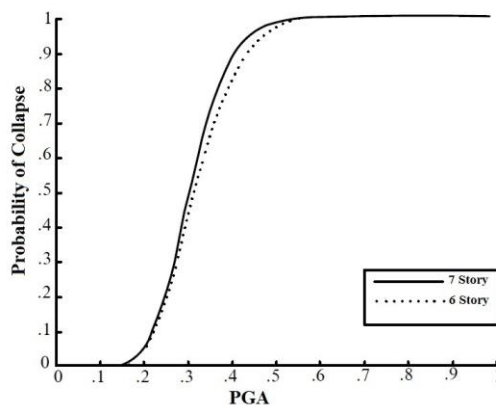
شکل 9- منحنی شکنندگی برای حالت Collapse

9. بررسی تاثیر ارتفاع در عملکرد لرزه ای سازه ها

به منظور تاثیر در میزان شکنندگی ساختمان قاب خمشی فولادی با مهاربند ضربدری، دو ساختمان 6 و 7 طبقه، مدل سازی و طراحی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که این دو ساختمان فقط در ارتفاع با هم متفاوت هستند و مراحل قبل به منظور بدست آوردن منحنی شکنندگی لحاظ شده است. در شکل زیر منحنی های شکنندگی برای هر حالت خرابی نمایش داده شده است.



شکل 10- منحنی شکنندگی برای حالت Yielding



شکل 11- منحنی شکنندگی برای حالت Collapse

10. نتیجه گیری

- 1) با بررسی منحنی شکنندگی در حالت تسلیم با حالت فروپاشی به این نکته میسریم که تسلیم در بازه کمتری اتفاق می افتد و شیب خط آن نیز زیاد است که نشان دهنده وقوع سریع تسلیم در سازه است. در حالی که بازه فروپاشی بزرگتر است و شیب ملایم تری دارد، پس احتمال وقوع فروپاشی در بازه بزرگتری از شتاب می باشد.
- 2) با مقایسه منحنی شکنندگی 3 ساختمان در حالت فروپاشی، مشخص می شود که با افزایش ارتفاع ساختمان ها، فروپاشی ساختمان ها افزایش میابد، که علت آن است که ساختمان بلندتر توانایی تحمل دریفت های بیشتری نسبت به سازه های کوتاه تر دارند و این باعث می شود که دریفت سازه های بلندتر از مقدار مجاز بالاتر رفته و احتمال خرابی افزایش یابد.
- 3) با مقایسه منحنی شکنندگی 3 ساختمان در حالت تسلیم، مشخص می شود که سازه های کوتاهتر سریعتر تسلیم میشوند و علت آن است که ظرفیت آنها نسبت به سازه های بلندتر پایین تر است.



- (4) با مشاهده منحنی های شکنندگی ارائه شده، به این نکته میرسیم که پارامترهای منحنی شکنندگی، انحراف استاندارد و متوسط، نسبت به تعداد طبقات تغییر میکند. پس می توان با توجه به پارامترهای شکنندگی برای ساختمان های قاب خمشی فولادی با مهاربند ضربدری در تعداد طبقات 3 و 8 و 12 طبقه، این پارامترها را با استفاده از آنالیز رگرسیون برای ساختمان های 5 و 7 طبقه بسط داد.
- (5) با بررسی تاثیر تعداد طبقات در یک ارتفاع مشخص این نتیجه رسید که ساختمانی سریعتر به حالت تسلیم و فروپاشی می رسد که با توجه به پدیده $P-\Delta$ ، ارتفاع ستون نسبت به ساختمان های دیگر بلندتر باشد.

11. مراجع

- [1] Chara Ch. Mitropoulou ., Manolis Papadrakakis,” Developing fragility curves based on neural network IDA predictions” journal of Engineering Structures,2011
- [2] M. Majd, M. Hosseini, A. Moein Amini, “Developing Fragility Curves for Steel Building with X-Bracing by Nonlinear Time History Analyses”, 15th World Conference Earthquake Engineering,Lisboa,2012.
- [3] Adil Emre Özel, Esra Mete Güneysi,” Effects of eccentric steel bracing systems on seismic fragility curves of mid-rise R/C buildings: A case study”, journal of Structural Safety, 2011.
- [4] Jong, SH. and Elnashai, AS. (2005), "Analytical assessment of an irregular RC frame for full-scale 3D pseudo dynamic testing - Part I: Analytical model verification," Journal of Earthquake Engineering, 9(1), 95-128.
- [5] WEN-I LIAO,CHIN-HSIUNG LOH and KEH-CHYUAN TSAI,(2006),”Study on the fragility of building structures in Taiwan”,Natural Hazards 37:55-69
- [6] SeismoSoft (2012). SeismoStruct – A computer program for static and dynamic nonlinear analysis of framed structures.
- [7] News About Seismostruct (2012) www.seismosoft.com.
- [8] Kircher CA and Nassar AA and Kustu O and Holmes WT,(1997),” Development of building damage functions for earthquake loss estimation”. Earthq Spectra 1997, 13(4):663–680
- [9] Smyth A and Altay G and Deodatis G and Erdik M and Franco G and G˘ulkan P et al,(2004), “Benefit-cost analysis for earthquake mitigation: Evaluating measures for apartment houses in Turkey”. Earthq Spectra 2004;20(1):171–203
- [10] Jovanoska ED,(2000),” Fragility curves for reinforced concrete structures in Skopje (Macedonia) region”, Soil Dyn and Earthq Eng 2000;19(6):455–66
- [11] Park YJ and Ang AH-S and Wen YK,(1984),” Seismic damage analysis and damagelimiting design of R/C buildings. Civil Engineering Studies”-Technical report no. SRS 516. University of Illinois. Urbana. 1984
- [12] Karim KR and Yamazaki F,(2000),” Comparison of emprical and analytical fragility curves for RC bridge piers in Japan”. In: Proc., 8th ASCE Speciality conference on probabilistic mechanics and structural reliability, vol. II;. p. 205–12
- [13] Karim KR and Yamazaki F,(2003),” A simplified method of constructing fragility curves for highway bridges”, Earthq Eng Struct Dyn 2003;32(10):1603–26
- [14] Shinozuka M and Feng MQ and Lee J and Naganuma T,” Statistical analysis of fragility curves”, J Eng Mech 2000;126(12):1224–31
- [15] Shinozuka M and Feng MQ and Kim HK and Kim SH,(2000),” Nonlinear static procedure for fragility curve development”, J Eng Mech 2000;126(12):1287–95

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

توجه: بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

PROPOSAL
پروپوزال

توجه: پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

ISI
Scopus

توجه: آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو