



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد  
سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه  
اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



بررسی آسیب پذیری لرزه ای سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی و دیواربرشی با  
توسعه منحنی های شکنندگی

\* ناصر شاخصتی<sup>۱</sup>، محمد امین بیاری<sup>۲</sup>

چکیده

برای مقاوم کردن سازه ها در برابر زلزله سیستم های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد که یکی از آن ها سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی و دیوار برشی بتن آرمه است. از آنجایی که وقوع زمین لرزه یک پدیده تصادفی است، بنابراین باید با یک رویکرد احتمالاتی به این پدیده نگریست و با در نظر گرفتن کلیه عدم قطعیت ها، میزان ریسک پذیری در طراحی ساختمان های موجود را محاسبه کنیم و به جای بیان قطعی که به بررسی شدت زمین لرزه ای مشخص که سازه را به سطح خاصی از عملکرد می رساند می پردازد، به بیان احتمالاتی که احتمال رسیدن سازه به آن سطح عملکرد را به ازای شدت های مختلف زمین لرزه بیان می کند پردازیم، منحنی های شکنندگی برای منظور فوق مورد استفاده قرار می گیرد. که برای تعیین آسیب پذیری سازه ها و احتمال خسارت سازه ای به صورت تابعی از مشخصه های حرکت زمین و پارامتر های گوناگون بیان می گردد. در این تحقیق به بررسی سازه های ۱۰، ۵ و ۱۲ طبقه که دارای پلان یکسان و با سیستم سازه ای مذکور طراحی شده اند پرداخته شده است. سپس برای رکوردهای مشخص با شدت های متفاوت روی سازه های مورد نظر تحلیل دینامیکی غیر خطی با استفاده از نرم افزار PERFORM-3D انجام شده است و در هر تحلیل سطوح خرابی مورد نظر تعیین شده است و در نهایت با رسم منحنی های شکنندگی، احتمال فرآگذشت از سطوح خرابی تعریف شده مورد بررسی قرار می گیرد.

کلمات کلیدی

قاب خمشی فولادی و دیوار برشی بتنی، تحلیل دینامیکی غیر خطی، منحنی های شکنندگی.

۱. عضو هیأت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان، [shabakhty@yahoo.com](mailto:shabakhty@yahoo.com)

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، [amin.bayari@yahoo.com](mailto:amin.bayari@yahoo.com)



# سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

## سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

### اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



#### ۱ - مقدمه

زیان های ناشی از زلزله را می توان به سه دسته ای خرابی های فیزیکی مستقیم ، صدمات اجتماعی ، و زیان های اقتصادی تقسیم بندی کرد. به منظور کمی سازی خرابی های فیزیکی مستقیم می توان شاخص های خرابی را تعریف نمود که متناظر با خرابی ایجاد شده باشند. خرابی سازه ای هنگامی اتفاق می افتد که تغییر شکل های بزرگ و دائمی در اثر بار های واردہ بر سازه ، در آن ایجاد شود. از آن جایی که وقوع زمین لرزه یک ماهیت تصادفی می باشد لذا باید با یک رویکرد احتمالاتی به این مسئله نگریست و با در نظر گرفتن کلیه عدم قطعیت ها ، میزان ریسک پذیری در طراحی ساختمان های موجود را محاسبه کنیم. یکی از مزایای رویکرد احتمالاتی این است که توانایی بررسی مستقیم تعداد زیادی عدم قطعیت در مهندسی زلزله را دارد. این عدم قطعیت ها شامل نیاز ( بزرگا ، مکانیزم ، جهت انتشار موج ، محتوای فرکانسی ، مدت تداوم ، پس لرزه ها و پیش لرزه ها و...) و ظرفیت ( مقاومت ، سختی ، میرایی ذاتی ، رفتار چرخه ای و ...) را دارا می باشد ، بنابراین منطقی است که عملکرد سازه را به فرم احتمالاتی در نظر بگیریم یعنی به جای بیان شدت زمین لرزه ای که سازه را به سطح خاصی از عملکرد می رساند ، احتمال رسیدن سازه به آن سطح عملکرد را به ازای شدت های مختلف زمین لرزه بیان کنیم. منحنی هایی که به این طریق به دست می آید را منحنی های شکنندگی می نامند.[1]

به منظور بیان کمی آسیب پذیری اجزای مختلف سازه ای و غیر سازه ای بر حسب میزان خطر زلزله می توان در مورد انواع سازه ها ، احتمال وقوع یا فراگذشت از یک میزان خسارت خاص بر حسب یک ویژگی معروف زلزله نظیر PGA ، PGV و PGD بیان نمود. به تکرار این عملیات برای مقادیر مختلف PGA و یا تک پارامترهای مذکور ، منجر به تولید منحنی های نرمال شده موسوم به منحنی های شکنندگی می گردد.[2]

#### ۲ - روند تهیه منحنی های شکنندگی

در حالت کلی منحنی های شکنندگی به صورت زیر تعریف نی شود

$$Fragility = P[EDP \rangle AC | IM] \quad (رابطه ۱)$$

در رابطه فوق  $IM$  شدت زلزله ایست که معمولاً برابر شتاب حداقل زمین فرض می شود و  $EDP$  پارامتر تقاضای مهندسی است که از خروجی های تحلیل دینامیکی غیر خطی به دست می آید و  $AC$  شرایط قابل قبول مربوط به حالت حدی مفروض است

$$P = P[EDP \rangle AC | IM] = 1 - P[EDP \langle AC] = 1 - \phi\left(\frac{AC - \mu}{\sigma}\right) \quad (رابطه ۲)$$

یک توزیع نرمال آماری برای هر پارامتر تقاضای مهندسی ( $EDP$ ) در هر شدت حرکت زلزله ( $IM$ ) در نظر گرفته می شود. برای ارزیابی احتمال تجاوز از یک حد مرزی خاص ( $AC$ ) ، میانگین و انحراف معیار هریک از  $EDP$  ها بر اثر مجموع شتابنگاشت های زلزله محاسبه می شود. سپس با استفاده از تابع توزیع تجمعی توزیع نرمال ، احتمال تجاوز هریک از  $EDP$  ها از حالت حدی داده شده محاسبه می شود. [2,3]



## سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

### سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



با انتخاب شتابنگاشت های کافی برای سازه و یافتن پاسخ سازه به ازای این مقادیر ، نقاطی داریم که رابطه بین شدت زلزله و پارامتر پاسخ سازه را می دهنند. برای این که بین نقاط گستته فوق رابطه ای پیوسته برقرار کنیم باید یک تابع توزیع پیوسته برای این مقادیر انتخاب کنیم. تابع توزیع لوگ نرمال در این مورد استفاده می شود.

برای سازه های مورد نظر تعییر مکان مرکز جرم بام تا رسیدن به یک سطح خرابی مشخص به عنوان شاخص خرابی در نظر گرفته شده است که این مقدار از تحلیل استاتیکی غیر خطی سازه به دست می آید. شتاب نگاشت های انتخابی که همگی به یک شدت زلزله مقیاس شده اند به سازه های مورد نظر اعمال می شوند و پاسخ سازه که همان تعییر مکان مرکز جرم بام است به ازای هر یک از شتابنگاشت های مقیاس شده توسط تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی تعیین می شود. برخی از پاسخ های سازه ناشی از تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی از شاخص خرابی مورد نظر که از تحلیل استاتیکی غیر خطی به دست آمد بیشتر و بعضی پاسخ ها کم تر است به علت همین عدم قطعیت است که یک رویکرد احتمالاتی داریم. فرض می شود که مقادیر تعییر مکان بام به ازای هر یک از شدت زلزله های مقیاس شده ، از یک توزیع لوگ نرمال پیروی می کنند یعنی این که لگاریتم طبیعی این مقادیر (تعییر مکان مرکز جرم بام به ازای شدت زلزله مشخص) دارای توزیع نرمال می باشند.

احتمال فرآگذشت از سطح خرابی تعریف شده به ازای یک شدت زلزله مشخص از رابطه زیر به دست می آید

$$F(X) = 1 - \phi\left(\frac{\ln(X) - \mu}{\sigma}\right) \quad (رابطه ۳)$$

( $F(X)$  : تابع احتمال افزایش خرابی سازه از سطح خرابی مورد نظر

$X$  : تعییر مکان مرکز جرم بام تا رسیدن به سطح خرابی مورد نظر که از تحلیل استاتیکی غیر خطی حاصل می شود

$\mu$  : میانگین لگاریتم طبیعی تعییر مکان مرکز جرم بام به ازای زلزله های مشخص که همگی به یک شدت مشخص مقیاس شده اند

$\sigma$  : انحراف معیار لگاریتم طبیعی تعییر مکان مرکز جرم بام به ازای زلزله های مشخص که همگی به یک شدت مشخص مقیاس شده اند

این احتمال برای زلزله های مورد نظر به ازای شدت های مختلف ( $0.2g, 0.4g, 0.6g, 0.8g, 1g, 1.2g, 1.4g$ ) تعیین می شود [4,5]

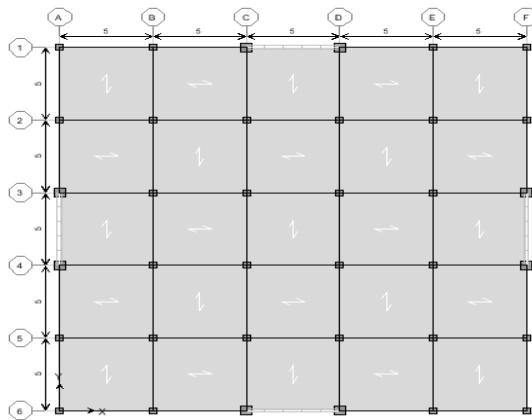
### ۳- مدل های مورد استفاده در این تحقیق

در این تحقیق از سازه های ۵ ، ۱۰ و ۱۲ طبقه که با سیستم قاب خمشی فولادی و دیوار بر Shi بتی طراحی شده اند مورد ارزیابی قرار می گیرد. برای تحلیل غیر خطی سازه های مورد نظر از نرم افزار PERFORM-3D استفاده شده است.



# سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

## سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل ۱ پلان سازه های مورد استفاده

### ۴ - تهیه رکوردهای زلزله

در این تحقیق از ۷ زوج رکورد دور از گسل ، مطابق با خاک نوع B در طبقه بندی USGS که براساس آیین نامه ۲۸۰۰ خاک نوع ۲ با سرعت موج برشی بین ۳۷۵ تا ۷۵۰ متر بر ثانیه استفاده شده است.

جدول ۱ رکوردهای مورد استفاده در تحقیق

نام اختصاری	نام زلزله	مولفه های زلزله	PGA(g)	بزرگی (Ms)	فاصله از گسل (km)
series1	Victoria-Mixico	VICT/CPE045	0.621	6.4	34.8
		VICT/CPE315	0.587		
series2	Northridge	NORTHR/MU2035	0.617	6.7	20.8
		NORTHR/MU2125	0.444		
series3	Northridge	NORTHR/ORR090	0.568	6.7	22.6
		NORTHR/ORR360	0.514		
series4	Northridge	NORTHR/STM090	0.883	6.7	27.6
		NORTHR/STM360	0.37		
series5	N. Palm Springs	PALMSPR/H08000	0.25	6	32
		PALMSPR/H08090	0.239		
series6	San Fernando	SFERN/L12021	0.366	6.6	20.3
		SFERN/L12291	0.283		
series7	San Fernando	SFERN/ORR021	0.324	6.6	24.9
		SFERN/ORR291	0.268		

برای انتخاب رکوردهای مورد نظر در این تحقیق از سایت Peer Berkeley استفاده شده است هریک از شتابنگاشت های شتاب های  $0.2g, 0.4g, 0.6g, 0.8g, 1g, 1.2g, 1.4g$  مقیاس گردیده اند. پاسخ های سازه به صورت ماکریم جایی مرکز جرم بام تحت هر زوج از رکوردهای مقیاس شده در جداول ۲ تا ۴ نشان داده شده



**سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد**  
**سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه**  
**اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)**



است.

**جدول - ۲ تغییر مکان مرکز جرم بام برای سازه ۵ طبقه**

PGA	series1	series2	series3	series4	series5	series6	series7	average	ln(ave)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2g	2.86	2.63	4.34	2.57	2.163	1.3	3.38	2.749	1.011
0.4g	5.39	5.92	8.38	4.94	3.99	2.62	7.07	5.473	1.7
0.6g	6.97	9.14	14	6.33	5.69	3.92	10.23	8.04	2.084
0.8g	8.07	11.94	20.49	7.44	7.06	5.29	13.07	10.48	2.349
1g	10.38	14.5	28.61	9.86	7.59	6.69	15.06	13.242	2.583
1.2g	13.19	17.22	38.34	12.83	8.15	8.13	19.1	16.709	2.816
1.4g	16.73	20.31	46.83	15.42	8.84	9.53	24	20.237	3.008

**جدول - ۳ تغییر مکان مرکز جرم بام برای سازه ۱۰ طبقه**

PGA	series1	series2	series3	series4	series5	series6	series7	average	ln(ave)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2g	5.77	4.02	12.22	5.55	3.5	2.71	8.28	6.007	1.793
0.4g	10.92	7.49	19.18	10.96	7.96	5.69	13.3	10.786	2.378
0.6g	15.63	11	27.92	15.84	12.11	8.127	17.8	15.4	2.734
0.8g	20.27	14.54	37.05	19	15.29	10.24	22.46	19.836	2.987
1g	24.14	17.9	44.52	22.14	16.96	11.91	25.7	23.324	3.149
1.2g	26.94	21.03	51.21	25.62	19.58	13.52	30.78	26.954	3.294
1.4g	29.38	23.41	58.14	29.07	22.69	14.76	36.54	30.57	3.42

**جدول - ۴ تغییر مکان مرکز جرم بام برای سازه ۱۲ طبقه**

PGA	series1	series2	series3	series4	series5	series6	series7	average	ln(ave)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2g	9.09	6.04	12.78	10.76	4.69	2.57	8.42	7.764	2.049
0.4g	16.28	10.92	27.18	18.39	8.88	4.61	15.99	14.607	2.682
0.6g	20.17	14.82	32.99	22.5	13.53	6.57	21.24	18.831	2.936
0.8g	24.14	18.32	42.37	27.53	15.71	9	28.97	23.72	3.166
1g	29.06	20.69	54.32	31.66	17.32	11.44	37.08	28.796	3.36
1.2g	33.81	23.23	67.14	40.356	19.76	13.42	45.72	34.777	3.549
1.4g	37.98	28.22	80.89	48.6	22.47	15	54.9	41.151	3.717

**۵ - رسم منحنی های آنالیز دینامیکی غیر خطی افزایشی (IDA)**

تحلیل دینامیکی افزایشی شامل تعداد زیادی تحلیل دینامیکی غیر خطی تحت شتابنگاشت های زلزله است و این شتابنگاشت ها به گونه ای مقیاس شده اند که بتوانند محدوده رفتار خطی، غیر خطی و در نهایت فرو ریزش سازه را تحت پوشش فرار

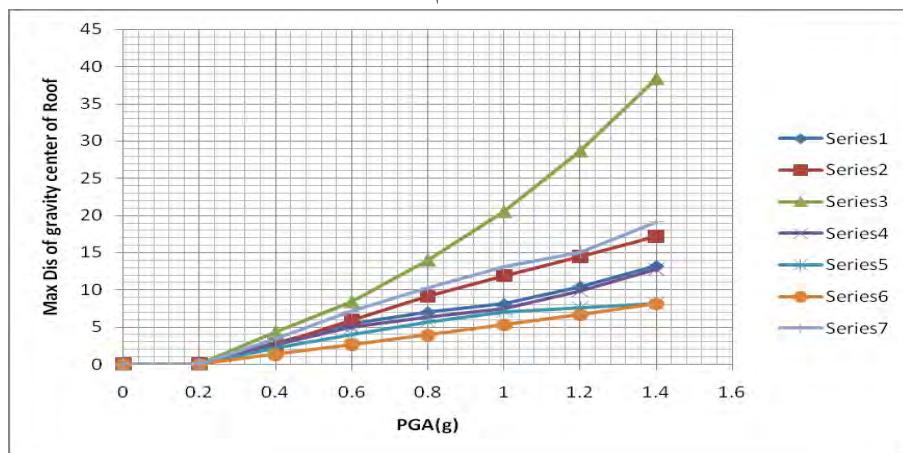


## سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

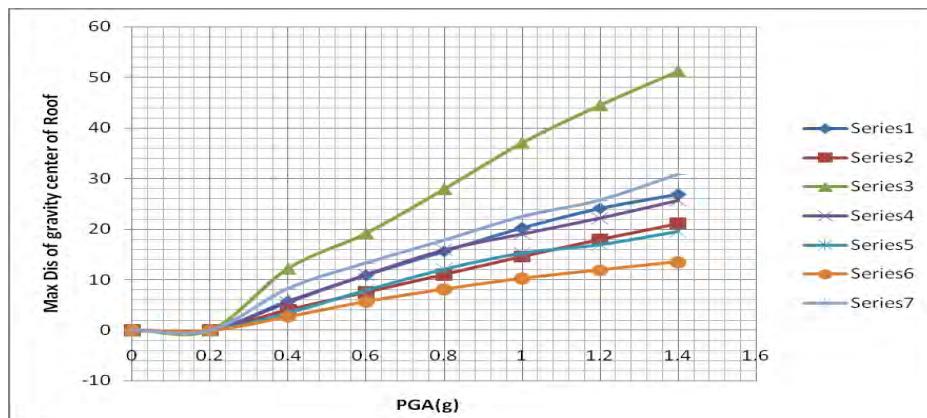
### سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



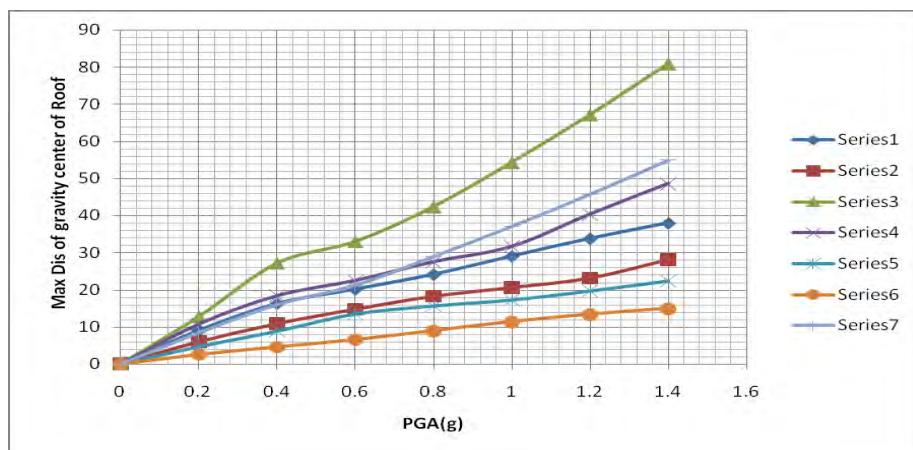
دهند. هدف اصلی این روش به دست آوردن پاسخ سازه برای مقادیر مختلف شدت زلزله است در این تحقیق  $PGA$  به عنوان پارامتر شدت زلزله و مقدار تغییر مکان مرکز جرم بام به عنوان پارامتر پاسخ سازه در نظر گرفته شده است. منحنی های آنالیز دینامیکی افزایشی برای سازه ای مورد نظر در شکل های ۲ تا ۴ رسم شده است.<sup>[2]</sup>



شکل ۲- منحنی آنالیز دینامیکی افزایشی برای سازه ۵ طبقه



شکل ۳- منحنی آنالیز دینامیکی افزایشی برای سازه ۱۰ طبقه





# سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

## سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

### اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل ۴- منحنی آنالیز دینامیکی افزایشی سازه ۱۲ طبقه

#### ۶- تعریف حالت خرابی سازه

تعریف حالت های خرابی نقش مهمی در ارزیابی آسیب پذیری سازه ها دارد. در این تحقیق سطوح عملکردی تعریف شده در دستورالعمل FEMA356 به عنوان معیار خرابی سازه در نظر گرفته شده است. تغییر مکان مرکز جرم بام برای رسیدن اولین عضو سازه (تیر) به سطوح عملکردی قابلیت استفاده بی وقفه و اینمی جانی به عنوان معیار خرابی برای به دست آوردن منحنی های شکنندگی در نظر گرفته شده است

جدول ۵- تغییر مکان برای رسیدن به سطح عملکرد مورد نظر

$(X)$	5STORY	10STORY	12STORY
تغییر مکان مرکز جرم بام برای رسیدن اولین عضو به سطح عملکردی قابلیت استفاده بی وقفه	۱۰.۵۰۶	۱۵.۸۸۱	۱۷.۴۱
تغییر مکان مرکز جرم بام برای رسیدن اولین عضو به سطح عملکردی اینمی جانی	۳۹.۷۹۵	۴۸.۲۴	۵۷.۹۹۶

#### ۷- ترسیم منحنی های شکنندگی سازه

هان طور که قبل ایان شد احتمال فراگذشت از سطح خرابی تعریف شده به ازای یک شدت زلزله مشخص از رابطه زیر به دست می آید

$$F(X) = 1 - \phi\left(\frac{\ln(X - \gamma) - \mu}{\sigma}\right)$$

$X$  : تغییر مکان مرکز جرم بام تا رسیدن به سطح خرابی مورد نظر که در بخش ۶ تعیین شد

$\mu$  : میانگین لگاریتم طبیعی تغییر مکان مرکز جرم بام به ازای PGA های متفاوت که در بخش ۴ تعیین شد

$\sigma$  : انحراف معیار لگاریتم طبیعی تغییر مکان مرکز جرم بام به ازای PGA های متفاوت

جدول - ۶- جدول تعیین منحنی شکنندگی سازه ۵ طبقه

PGA	X-for-IO	X-for-LS	sigma(6)	mu( $\mu$ )	gama( $\gamma$ )	F(X)-for-IO	F(X)-for-LS
0	0	0	0	0	0	0	0
0.2g	10.506	39.795	0.38271	1.011	0	0.00022933	1.4375E-12
0.4g	10.506	39.795	0.38888	1.7	0	0.04682244	1.6877E-07
0.6g	10.506	39.795	0.42707	2.084	0	0.26519542	8.9885E-05
0.8g	10.506	39.795	0.47058	2.349	0	0.49750206	0.00228149
1g	10.506	39.795	0.5068	2.583	0	0.67577241	0.01492945
1.2g	10.506	39.795	0.55791	2.816	0	0.79723306	0.05993057
1.4g	10.506	39.795	0.59147	3.008	0	0.86632459	0.12662936



**سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد**  
**سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه**  
**اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)**

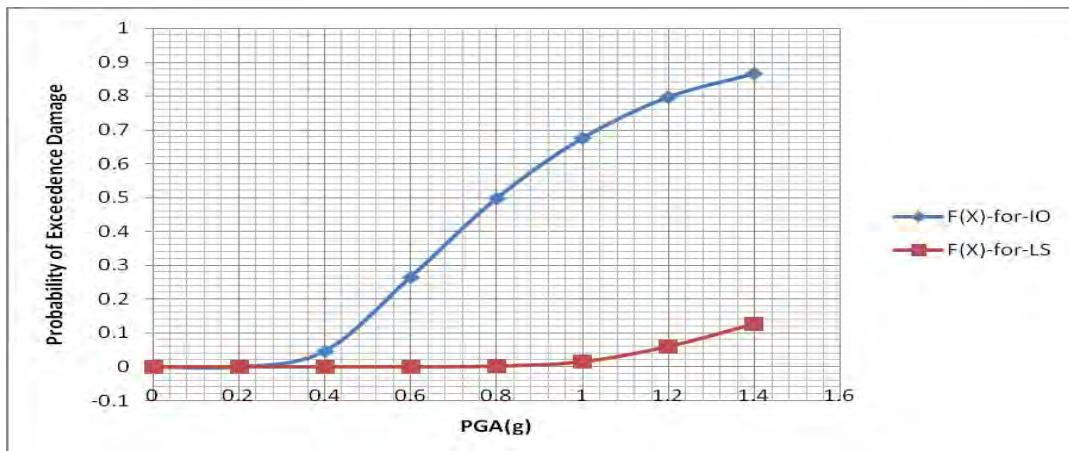


جدول ۷ - جدول تعیین منحنی شکنندگی سازه ۱۰ طبقه

PGA	X-for-IO	X-for-LS	$\sigma(\delta)$	$\mu(\mu)$	$\gamma(Y)$	$F(X)$ -for-IO	$F(X)$ -for-LS
0	0	0	0	0	0	0	0
0.2g	15.881	48.24	0.53257	1.793	0	0.03397535	4.5852E-05
0.4g	15.881	48.24	0.41019	2.378	0	0.17264459	0.00012989
0.6g	15.881	48.24	0.36261	2.734	0	0.46579992	0.00081656
0.8g	15.881	48.24	0.41007	2.987	0	0.70576942	0.01506521
1g	15.881	48.24	0.4192	3.149	0	0.82009963	0.04139502
1.2g	15.881	48.24	0.42265	3.294	0	0.89459163	0.08418519
1.4g	15.881	48.24	0.43576	3.42	0	0.93356133	0.14757518

جدول ۸ - جدول تعیین منحنی شکنندگی سازه ۱۲ طبقه

PGA	X-for-IO	X-for-LS	$\sigma(\delta)$	$\mu(\mu)$	$\gamma(Y)$	$F(X)$ -for-IO	$F(X)$ -for-LS
0	0	0	0	0	0	0	0
0.2g	17.41	57.996	0.566519	2.049	0	0.076886119	0.000192317
0.4g	17.41	57.996	0.594593	2.682	0	0.384228334	0.01021975
0.6g	17.41	57.996	0.522857	2.936	0	0.560015038	0.015760105
0.8g	17.41	57.996	0.512216	3.166	0	0.726803446	0.040397859
1g	17.41	57.996	0.531574	3.36	0	0.827967079	0.09382757
1.2g	17.41	57.996	0.565652	3.549	0	0.889389512	0.182986154
1.4g	17.41	57.996	0.572184	3.717	0	0.933572071	0.274216055

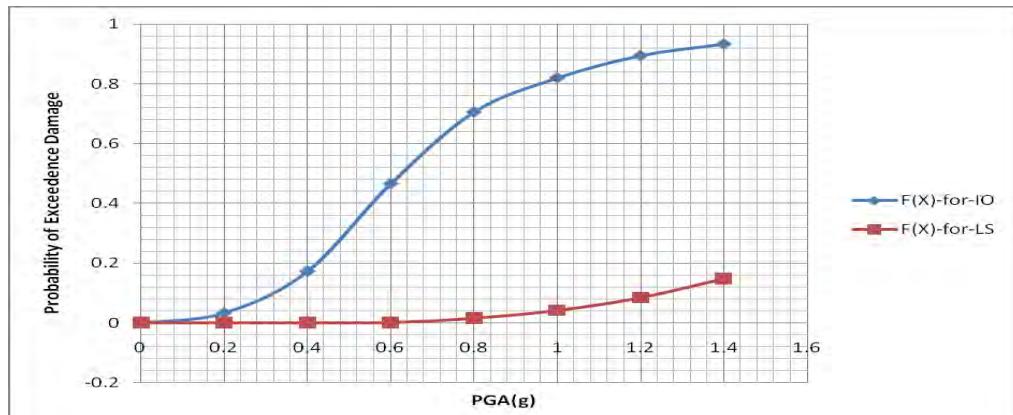


شکل - ۵ منحنی شکنندگی سازه ۵ طبقه

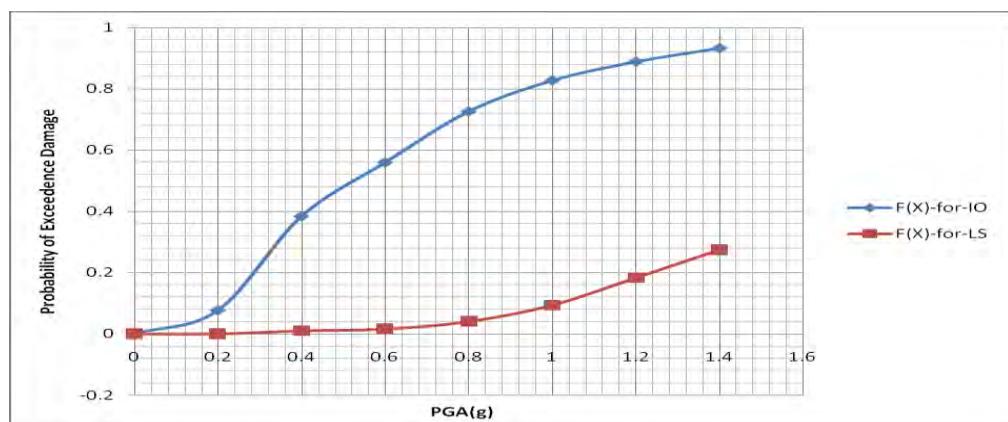


## سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

### سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل – ۶ منحنی شکنندگی سازه ۱۰ طبقه



شکل – ۷ منحنی شکنندگی سازه ۱۲ طبقه

۸- تعیین شاخص خرابی رافایل - می برای سازه های مورد مطالعه شاخص خرابی رافایل و می بر (Roufaeil and Meyer) یک شاخص خرابی کلی است که به صورت زیر تعریف می شود [6]

$$DI = \frac{\delta_r - \delta_y}{\delta_f - \delta_y}$$

$\delta_r$  : تغییر مکان مرکز جرم بام تحت اثر زلزله

$\delta_y$  : تغییر مکان بام متناظر با اولین تسلیم در یکی از اعضای طبقه

$\delta_f$  : تغییر مکان بام متناظر با فرو ریختن سازه



# سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

## سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

### اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



برای تعیین شاخص خرابی فوق تحت اثر ۷ زوج شتابنگاشت معرفی شده ، ابتدا ۷ زوج شتابنگاشت مذکور را مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ مقیاس کرده و سپس سازه های موجود تحت شتابنگاشت های مقیاس شده ، تحت تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی قرار گرفته و تغییر مکان مرکز جرم بام تحت شتابنگاشت های مقیاس شده بدست آمده ، میانگین نغیر مکان ها بعنوان  $\delta_r$  معرفی می شود

تغییر مکان بام متناظر با رسیدن یکی از ستون های طبقات پایین سازه به سطح عملکرد آستانه فرو ریزش را به عنوان  $\delta_f$  در نظر می گیریم که از تحلیل استاتیکی غیر خطی سازه به دست می آید  
تغییر مکان بام متناظر با اولین تسلیم در یکی از تیرهای طبقات را بعنوان  $\delta_y$  در نظر می گیریم که از تحلیل استاتیکی غیر خطی سازه به دست می آید

**جدول ۹ - تعیین شاخص خسارت رافایل - می بر**

	Series (1)	Series (2)	series (3)	series (4)	series (5)	series (6)	series (7)	$\delta_r$	$\delta_f$	$\delta_y$	DI
5story	۶.۷۸	۸.۹۹	۱۴.۵۷	۶.۴۲	۵.۸۳	۴.۰۵	۱۰.۵۳	۸.۱۶۷	۷۰.۹۹۵	۵.۲۵۶	۰.۰۴۴۲۸
10story	۱۹.۱۳۷	۱۳.۴۷	۳۴.۵	۱۸.۲۴	۱۴.۴۹	۹	۲۱.۲۲	۱۸.۰۸	۱۲۴.۲	۱۱.۰۷۶	۰.۰۶۶۳۳
12story	۲۴.۵۴	۱۸.۶۷	۴۳.۸۵	۲۷.۶۳	۱۵.۸۸	۹.۲۵	۲۹.۶۲	۲۲.۷۸	۱۴۲.۴۸۸	۱۲.۰۸	۰.۰۸۲۰۵

#### ۹ - نتیجه گیری

- احتمال خرابی به ازای هر یک از سطوح خرابی تعریف شده با افزایش شدت زمین لرزه و تعداد طبقات بیشتر می شود
- شاخص خرابی سازه نیز با افزایش تعداد طبقات افزایش می یابد
- به ازای سطح خطر طراحی ( $PGA = 0.35g$ ) احتمال رسیدن اولین عضو سازه به عملکرد ایمنی جانی برای هر سه سازه ۵، ۱۰ و ۱۲ طبقه کمتر از ۵۰ درصد است که نشان از عملکرد مناسب این سیستم سازه ای است

#### منابع و مراجع

- [1] - تابش پور ، محمد رضا ، "تحلیل غیر خطی سازه ها ، دستنامه ۲۵ مهندسی زلزله "انتشارات فدک ایستادیس
- [2] - سایت انجمن مهندسی زلزله ایران ([www.ieea.ir](http://www.ieea.ir))
- [3] - حسینی محمود ، مجد محمد ، "اثرجانمایی مهار بند های ضربدری در رفتار لرزه ای ساختمان های فولادی بر اساس مفاهیم شکنندگی ، مجله مهندسی عمران شریف دوره ۲۷-۲ شماره ۱ صفحه ۵۵ تا ۶۳"
- [4] - ذوالفاری محمدرضا ، سالاریان مهران ، "توسعه منحنی های تردی برای سازه های بتی قالب تونلی با استفاده از تحلیل IDA ، نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران ، دانشگاه صنعتی اصفهان ، اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۱"
- [5] - کلانتری افشنین ، بهار امید ، نجفی جعفر ، صادقی سیاوش ، "ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای مدارس شهرکرد به کمک منحنی های شکنندگی پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله سال سیزدهم شماره سوم و چهارم پاییز و زمستان ۸۹"



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد  
سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه  
اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



[6] - فیروز بخت مهدی ، وثوقی فر حمیدرضا ، عرفانی سعید ، " معرفی یک شاخص خرابی با کارایی بالا از بین شاخص های موجود ، پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله سال سیزدهم ، شماره اول و دوم بهار و تابستان ۸۹ "