



## ارزیابی عملکرد لرزه‌های سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی و دیوار برشی بتنی در زمین لرزه‌های حوزه نزدیک

ابولفضل خلجی

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفت  
hamed.khalaji68@gmail.com

آزیتا اسعدی

استادیار، دانشکده عمران دانشگاه یزد  
aasadi@yazd.ac.ir

### چکیده

مطالعه رکورد زلزله‌های اخیر بیانگر این موضوع می‌باشند که زلزله‌های حوزه نزدیک دارای تفاوت در ویژگی‌های لرزه‌ای با زلزله‌های معمول می‌باشند. عمده این تفاوت در اثر پدیده جهت پذیری پیش‌رونده در زلزله‌های حوزه نزدیک می‌باشد. این پدیده هنگامی رخ می‌دهد که گسیختگی گسل به سمت ساختگاه گسترش یافته و جهت لغزش گسل نیز به سمت ساختگاه باشد. ویژگی مهم این پدیده تجمع انرژی در یک بازه زمانی کوتاه که سبب شکل‌گیری دامنه بلند، شکل پالس مانند و مدت دوام کوتاه در تاریخچه زمانی نگاشت زلزله می‌باشد. این پدیده باعث می‌شود مؤلفه عمود بر گسل در نگاشت‌های ثبت شده در نزدیک گسل، دارای پالس‌هایی با پررود بلند در نگاشت سرعت باشند. بدیهی است تحلیل پارامترهای پاسخ دینامیکی تحت رکوردهای حوزه نزدیک به سبب تفاوت‌های اساسی که اشاره شد، امری ضروری در حوزه بررسی عملکردی و طراحی سازه‌ها دارد. در این مقاله عملکرد سیستم دوگانه قاب خمشی و دیوار برشی بتنی در ساختمان‌های میان‌مرتبه و بلند مرتبه تحت رکوردهای حوزه نزدیک با استفاده از معیارهای لرزه‌ای آیین‌نامه FEMA356ATC40 و دستور بهسازی لرزه‌ای ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این راستا دو ساختمان ۱۰ و ۲۰ طبقه با این سیستم ساختمانی طراحی و تحت آنالیزهای دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفته‌اند. همچنین جهت تعیین تاثیر پذیری نتایج از موقعیت دیوارهای برشی پلان موقعیت دیوارهای برشی نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده حاکی از اهمیت مؤلفه قائم زلزله در رکوردهای حوزه نزدیک می‌باشد. همچنین مشاهده گردید با نزدیک کردن دیوارهای برشی به مرکز جرم سازه استهلاک انرژی و عملکرد لرزه‌ای سیستم ساختمانی مورد بررسی بهبود می‌یابد.

**واژگان کلیدی:** رکوردهای حوزه نزدیک، سیستم دوگانه قاب خمشی و دیوار برشی بتنی، جهت پذیری پیش‌رونده، تحلیل دینامیکی

## مقدمه

دیوارهای برشی بتنی به دلیل سختی بالا نسبت به سیستم قاب خمشی فولادی سبب کاهش تغییر مکان های جانبی سازه و در نتیجه کاهش اثرات ثانویه ( $P-\Delta$ ) در سازه می گردد. کاهش اثرات ثانویه در سازه سبب کاهش قابل ملاحظه خسارات وارده به ساختمان در اثر وقوع زلزله می گردد. در یک دسته بندی کلی دیوارهای برشی با نسبت ارتفاع به طول بیشتر از ۲ دیوار خمشی و یا دیوار لاغر نامیده می شوند و دیوارهای برشی با نسبت ارتفاع به طول کمتر از ۲ دیوار کوتاه نام گذاری می شوند (Fintel, 1995). دیوارهای برشی بتنی در ساختمان های بلند مرتبه نقش اساسی در باربری جانبی سازه هنگام وقوع زلزله دارند. این دیوارها باید به گونه ای طراحی شوند که علاوه بر تامین مقاومت جانبی کافی شکل پذیری مناسب را تحت زمین لرزه های قوی برای سیستم باربر جانبی فراهم نموده تا از شکست ترد دیوار جلوگیری به عمل آید. دیوارهای برشی اغلب قادر به تحمل بیشتر نیروهای جانبی می باشند این در حالی است که قاب های فولادی پس از گسترش ترک در دیوارهای برشی و وارد شدن به ناحیه غیر ارتجاعی به عنوان سیستم ثانویه بار جانبی مشارکت خواهند نمود (تسنیمی، ۱۳۸۰).

بیشتر گزارشات خرابی در زلزله های گذشته، نورت ریچ کالیفرنیا و کوبه ژاپن ناشی از جنبش های زمین لرزه در حوزه نزدیک گسل می باشد. از جمله ویژگی های رکوردهای حوزه نزدیک گسل که سبب تمایز نسبت به حوزه دور از گسل می گردد وجود پالس های پر یود بلند با دامنه قوی در ابتدای شتاب نگاشت می باشد. وجود این پالس های پر انرژی سبب خارج شدن رفتار سازه از حالت مود گونه که در آن یک یا چند مود از سازه رفتار کلی سازه را تعیین می کنند به حالت موج گونه می شود. در این حالت رفتار سازه ناشی از جمع اثرات امواج گذرنده از سازه می باشد (Mollaioli and Decanini, 2006). این رفتار به این معنا است که در طیف فوریه نگاشت این لرزه ها به جای آن که دامنه طیفی در یک محدوده بزرگ پر یودی دارای حداکثر مقادیر خود باشد در یک محدوده کوچک و یا به عبارتی در یک محدوده پر یودی خاص دارای حداکثر مقادیر خود است (Iwan, 1995). نزدیک بودن پر یود پالس های رکوردهای نزدیک گسل با پر یود نوسان طبیعی سازه های بلند مرتبه سبب تشدید سازه های بلند مرتبه و در نتیجه افزایش اثرات ثانویه در رفتار نوسانی سازه های بلند می گردد (Moehle, 2006).

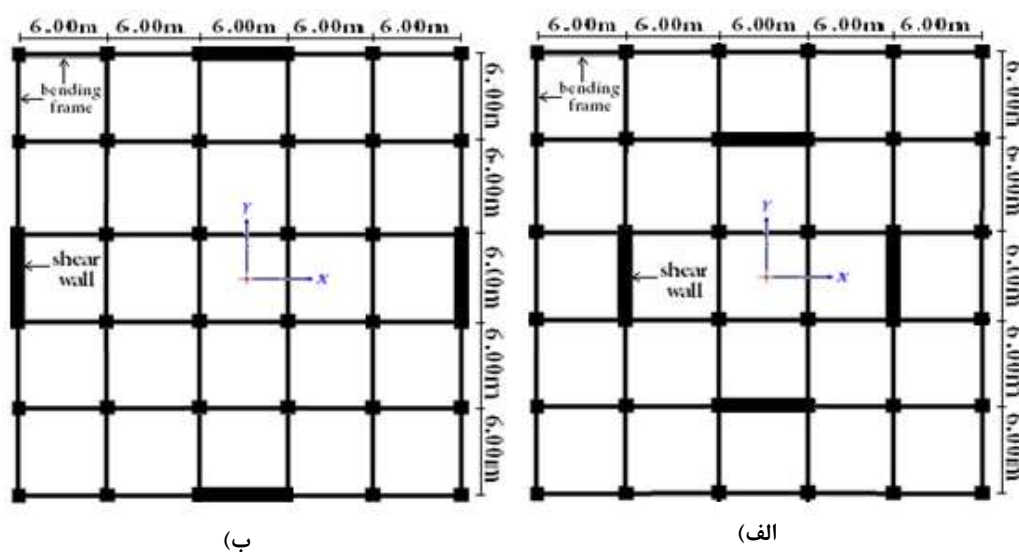
علت به وجود آمدن حرکات پالس گونه با پر یود بلند مدت در ابتدای رکوردهای ثبت شده تجمع امواج برشی در مسیر گسیختگی گسل هنگامی که این امواج با سرعتی نزدیک به سرعت شکست ساختار زمین به سمت ایستگاه و یا سایت انتشار می یابند است (Malhotra, 1999). وجود حرکات پالس گونه رکوردهای حوزه نزدیک گسل سبب انتقال انرژی جنبشی بسیار زیاد به سازه های بلند مرتبه در بازه زمانی کوتاه می شود. از لحاظ دینامیکی اعمال ناگهانی این نیرو به سازه مشابه اعمال ضربه به سازه است که سبب بروز تغییر عملکرد مصالح و رفتار ترد مانند در سازه خواهد شد (Kalkan and Kunnath, 2006). همچنین اعمال مقادیر زیاد انرژی الگوی رفتار غیر خطی سازه را نیز تغییر داده و به جای گسترش رفتار غیر خطی در ارتفاع سازه انرژی وارده در اولین مفاصل شکل گرفته جذب و گستردگی رفتار غیر خطی در سراسر سازه مشاهده نمی شود (Decanini et al, 2000). پس از وارد شدن به ناحیه غیر خطی در اثر آزادسازی انرژی بسیار زیاد به سازه تغییرات اندک مقاومت در ناحیه غیر خطی، تغییر شکل های غیر ارتجاعی سازه را افزایش می دهد. تغییر شکل های غیر ارتجاعی ارتباط نزدیکی با خسارات ناشی از زلزله دارد و در روش طراحی بر اساس عملکرد معیار تغییر مکان به عنوان مناسب ترین شاخص رفتاری برای سازه محسوب می شود (هاشمی و همکاران، ۱۳۸۴).

در این مقاله به منظور بررسی پارامترهای لرزه ای سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی و دیوار برشی بتنی، ساختمان های ۱۰ و ۲۰ طبقه با این سیستم ساختمانی مطابق با ظوابط لرزه ای آیین نامه های ایران طراحی و مدل سازی شده است. جهت بررسی تاثیر موقعیت دیوار برشی در پلان بر عملکرد لرزه ای ساختمان های مورد بررسی موقعیت دیوار برشی در پلان نیز مورد

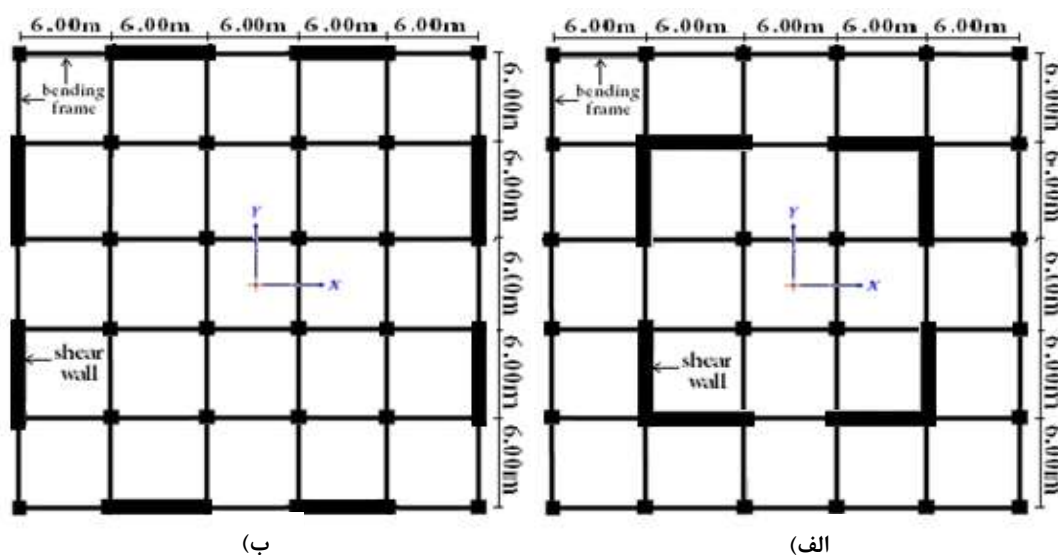
ارزیابی قرار گرفته است. با اعمال رکوردهای زلزله های حوزه نزدیک گسل به مدل های شبیه سازی شده در نرم افزار PERFORM-3D سطوح عملکردی و سایر پارامترهای لرزه ای سازه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

### مدل سازی ملاحظات طراحی

مدل های مورد مطالعه در این پژوهش ساختمان های قاب خمشی به همراه دیوارهای برشی بتنی در دو تراز ارتفاعی ۱۰ و ۲۰ طبقه می باشند. ساختمان های طراحی شده دارای پلان مشابه بوده و هر پلان شامل ۵ دهانه به فواصل ۶ متر است. جهت ارزیابی تاثیر موقعیت دیوارهای برشی در پلان بر عملکرد لرزه ای سازه، ساختمان های با پلان مشابه و موقعیت مکانی متفاوت دیوار برشی طراحی و مورد آنالیزهای تاریخیچه زمانی غیرخطی تحت رکوردهای حوزه نزدیک زلزله قرار گرفته است. در شکل (۱،۲) پلان ساختمان های مورد بررسی به همراه موقعیت دیوارهای برشی نمایش داده شده است.



شکل (۱): پلان ساختمان های ۱۰ طبقه مورد بررسی (الف) پلان ۱ از ساختمان ۱۰ طبقه (ب) پلان ۲ از ساختمان ۱۰ طبقه



شکل (۲): پلان ساختمان های ۲۰ طبقه مورد بررسی (الف) پلان ۱ از ساختمان ۲۰ طبقه (ب) پلان ۲ از ساختمان ۲۰ طبقه

در مدل های طراحی شده ارتفاع طبقات ۳٫۲ متر در نظر گرفته شده است. همچنین برای دال کف طبقات از دال به ضخامت ۱۵ سانتی متر استفاده شده است. بارگذاری سازه مطابق با ضوابط مبحث ششم مقرارت ملی ساختمان در نظر گرفته و بر این اساس بار مرده طبقات معادل  $500 \text{ kg/m}^2$ ، بار زنده طبقات  $200 \text{ kg/m}^2$  و بار زنده بام  $150 \text{ kg/m}^2$  در نظر گرفته شده است. نسبت شتاب مبنای طرح بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ در منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد در نظر گرفته شده است همچنین طبقه بندی خاک محل احداث سازه خاک تیپ ۲ انتخاب شده است. مقاطع مورد استفاده در ساختمان های مورد بررسی در جدول (۱،۲) ارائه شده است.

جدول (۱): مشخصات مقاطع مورد استفاده در مدل ۱ و ۲ ساختمان ۱۰ طبقه مورد بررسی

مدل ۱۰ طبقه	طبقه	مقاطع ستون	مقاطع تیر	مقطع دیوار در جهت X و Y
مدل ۱ از ساختمان ۱۰ طبقه	۱ تا ۳	Box 45x2.5	B-35x1-25x1.5	600x35 cm - Ø 25 @ 15cm
	۴ تا ۷	Box 35x2	B-35x0.8-25x1	600x30 cm - Ø 25 @ 20cm
	۸ تا ۱۰	Box 30x1.5	B-30x0.8-20x1	600x25 cm - Ø 25 @ 20cm
مدل ۲ از ساختمان ۱۰ طبقه	۱ تا ۳	Box 40x2.5	B-35x1-25x1.5	600x45 cm - Ø 25 @ 15cm
	۴ تا ۷	Box 30x2	B-35x0.8-20x1	600x35 cm - Ø 25 @ 20cm
	۸ تا ۱۰	Box 30x1.5	B-30x0.8-20x1	600x30 cm - Ø 25 @ 20cm

جدول (۲): مشخصات مقاطع مورد استفاده در مدل ۱ و ۲ ساختمان ۲۰ طبقه مورد بررسی

مدل ۲۰ طبقه	طبقه	مقاطع ستون	مقاطع تیر	مقطع دیوار در جهت X و Y
مدل ۱ از ساختمان ۲۰ طبقه	۱ تا ۴	Box 60x2.5	B-45x1-30x2	600x50 cm - Ø 32 @ 15cm
	۵ تا ۱۰	Box 50x2.5	B-35x1-25x1.5	600x40 cm - Ø 32 @ 20cm
	۱۱ تا ۱۶	Box 35x1.5	B-30x0.8-20x1.5	600x30 cm - Ø 25 @ 20cm
	۱۷ تا ۲۰	Box 30x1.5	B-30x0.8-20x1	600x30 cm - Ø 25 @ 25cm
مدل ۲ از ساختمان ۲۰ طبقه	۱ تا ۴	Box 60x2	B-40x1-30x1.5	600x60cm - Ø 30 @ 15cm
	۵ تا ۱۰	Box 50x2	B-35x1-25x1.5	600x45 cm - Ø 30 @ 20cm
	۱۱ تا ۱۶	Box 30x1.5	B-30x0.8-20x1.5	600x35 cm - Ø 25 @ 20cm

	۲۰ تا ۱۷	Box 30x1	B-30x0.8-20x1	600x30 cm - Ø 25 @ 25cm
--	----------	----------	---------------	-------------------------

### رکوردهای انتخابی زلزله‌ها

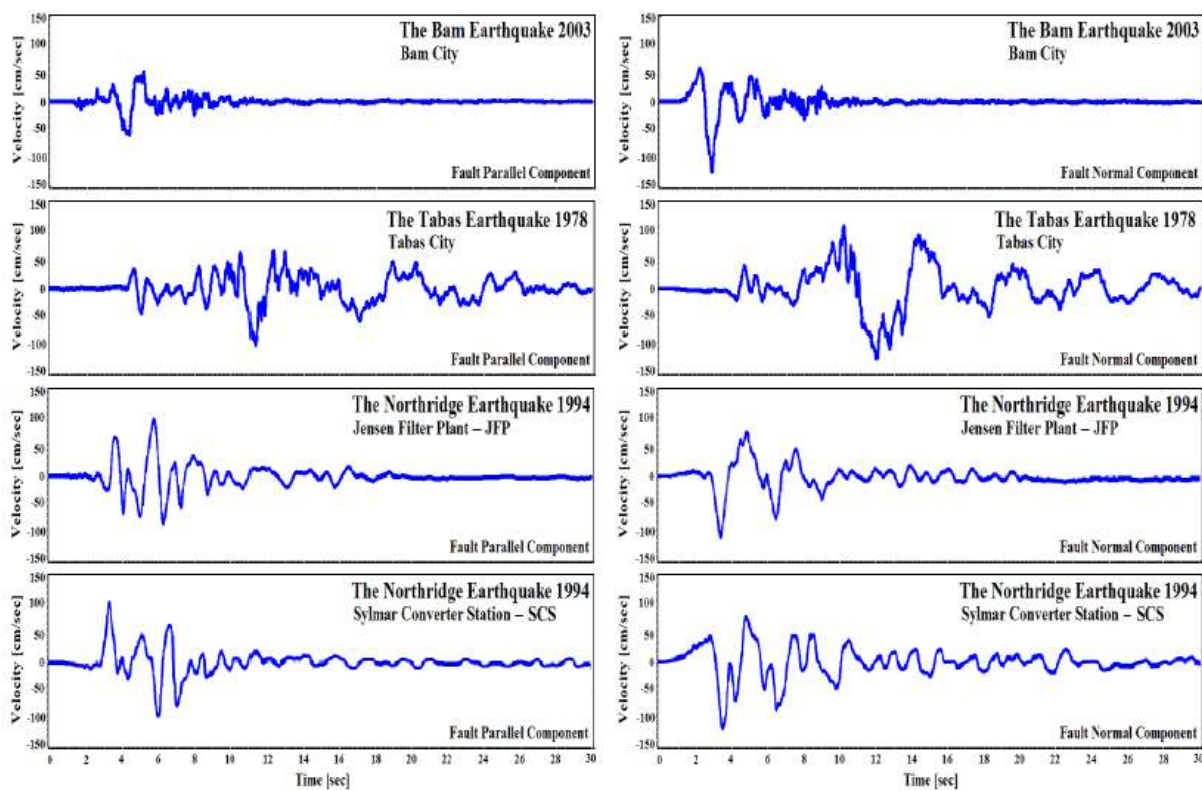
وقوع زمین لرزه‌های بزرگ در نزدیکی مناطقی که در مجاورت گسل‌های فعال واقع شده‌اند، امری اجتناب ناپذیر است. بدین لحاظ ارزیابی و شناخت ویژگی های حرکات نیرومند زمین در حوزه نزدیک گسل و تاثیر آن بر عملکرد سازه‌ها امری ضروری خواهد بود. شایان توجه است که گونه‌های مختلف اثرات پدیده گسلش و جهت داری، شامل فرایند شکست پیشرونده گسل، مقوله اثرات جهت‌داری پسروده و نیز ساختار گسلش ساکن در رکوردهای انتخابی این پژوهش وجود دارند. از آنجا که رکوردهای طبیعی بهترین نمایش از بارگذاری در ارزیابی و طراحی سازه می‌باشند (Galasso et al, 2013). تمامی رکوردها به صورت طبیعی، بدون مقیاس و سه مولفه‌ای به مدل‌های سازه مطالعاتی اعمال شده است. رکوردهای انتخابی در این تحقیق شامل دو مجموعه از جنبش های نیرومند زمین، ثبت شده در نواحی نزدیک و دور از گسل می‌باشند. این رکوردها در هنگام وقوع زلزله‌های بزرگ ایران و نیز زلزله نورتریج کالیفرنیا ثبت شده است. مطابق اطلاعات جدول (۳) رکوردهای ایرانی هم و طبس و نیز چهار رکورد نیرومند زلزله نورتریج (Rinaldi (RRS ، Newhall W.pico (WPI ، Sylmar (SCS ، Jensen (JFP دارای اثرات گسلش پیشرو همراه با جهت‌داری پیشرونده هستند. رکوردهای حوزه نزدیک و نه چندان نیرومند Sepulveda (SPV) ، Saticoy (STC) بیانگر یک مجموعه پیوسته متشکل از چند پالس کوچک و کم دامنه سرعت می‌باشند. اثرات جهت‌داری در این رکوردها به مراتب ضعیف‌تر از رکوردهای (RRS)، (JFP)، (WPI) و (SCS) می‌باشد. رکورد Arelta (ARL) حاوی اثرات گسلش ساکن بوده و هر چند در فاصله نزدیک نسبت به مرکز سطحی زلزله ثبت شده اما در تاریخچه این رکورد ساختار پالس مانند مشاهده نمی‌شود. رکورد Morpark (MRP) یک رکورد حوزه دور از گسل محسوب می‌شود و هیچ‌گونه ساختار پالس مانند در این رکورد ملاحظه نمی‌شود.

جدول (۳): مشخصات فیزیکی رکوردهای انتخابی

Group	Earthquake	PGA(g)			PGV(cm/s)			PGD(cm)		
		LN	TR	UP	LN	TR	UP	LN	TR	UP
The 1994 Northridge Earthquake	SCS(6.2 Km)	0.897	0.612	0.586	102.2	117.4	34.59	45.28	54.16	25.63
	SPV(8.9 Km)	0.939	0.735	0.467	76.6	84.8	33.2	14.95	18.68	9.58
	STC(6.2 Km)	0.37	0.47	0.15	28.85	61.58	6.26	8.45	22.7	3.32
	WPI(6.2 Km)	0.325	0.455	0.29	76.4	92.8	37.2	16.1	56.7	13.3
	MRP(6.2 Km)	0.19	0.29	0.16	20.2	20.7	7.9	4.79	4.24	0.9
	JFP(6.2 Km)	0.593	0.424	0.399	99.1	105.9	33.91	23.96	50.69	8.89
	ARL(6.2 Km)	0.31	0.34	0.55	23.2	40.6	18.4	10.8	15	8.8
	RRS(6.2 Km)	0.472	0.838	0.852	72.72	166.8	51.01	19.82	29.79	11.71
The IRANIAN	BAM(1.0 Km)	0.635	0.793	0.99	59.6	123.7	37.66	20.7	37.4	10.11

Earthquake	TABS(3.0 Km)	0.836	0.851	0.688	97.7	121.3	45.5	39.9	94.5	17
------------	--------------	-------	-------	-------	------	-------	------	------	------	----

وجود پالس های پر انرژی و بلند مدت در تاریخچه زمانی هر کدام از مولفه های یک رکورد نیرومند حوزه نزدیک می تواند پارامترهای پاسخ و مشخصات رفتار سازه را تحت تاثیر قرار دهد. اهمیت این موضوع با افزایش مدت دوام حرکات نیرومند در رکورد زلزله بیشتر خواهد شد. نمونه مختلفی از پالس های پر دامنه و بلند مدت سرعت در رکوردهای زلزله نورتریج، بم و طیس مشاهده شده است. در شکل (۳) ساختارهای پر دامنه و بلند مدت پالس مانند چهار رکورد بسیار نیرومند حاوی اثرات گسلش پیشرونده مشاهده می شود.



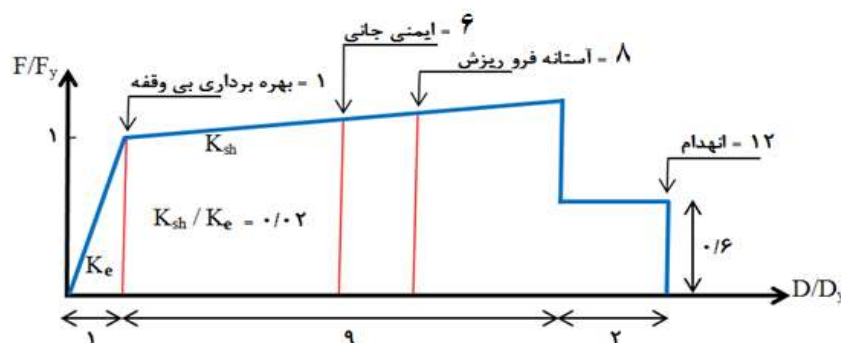
شکل (۳): تاریخچه زمانی سرعت زمین در رکوردهای BAM، Tabas، JFP، SCS حاوی اثرات جهت داری پیشرونده

### ویژگی غیر خطی اعضا

مدل سازی رفتار حقیقی یک سازه واقعی با عدم قطعیت های زیادی همراه می باشد. منحنی نیرو تغییر شکل اعضا باید بر پایه مدارک آزمایشگاهی یا تحلیل ها انجام پذیرد. در این مطالعه به جای استفاده از نتایج آزمایشگاهی یا تحلیل از منحنی های پیشنهادی آیین نامه FEMA 356 استفاده شده است (FEMA, 2000).

### ویژگی های غیر خطی المان تیر و ستون

مفاصل پلاستیک کنترل شونده توسط تغییر مکان برای تیرها و ستون ها طبق دستور العمل های FEMA356 به نرم افزار معرفی شده اند. در شکل (۴) مدل دو خطی تیر و ستون FEMA نمایش داده شده است. این مدل در ناحیه تغییر شکل های منفی نیز به شکل پادمتقارن برقرار است. همچنین در این شکل سطوح عملکردی سه گانه بهره برداری بی وقفه (IO)، ایمنی جانی (LS) و آستانه فرو ریزش (CP) و مرز انهدام مشخص شده اند.



شکل (۴): مدل دو خطی تیر و ستون FEMA (F: لنگر خمشی یا نیروی محوری، D: دوران یا جابجایی)

در این مدل، در مرز  $D/Dy = 1.0$  افت مقاومت رخ داده و تا مرز انهدام با مقاومت پسماند  $F = 0.16Fy$  ادامه پیدا می کند. مدل سازی به گونه ای صورت پذیرفته است که هر گاه یکی از اعضا سازه ها به مرز دررفت  $0.05$  برسد نرم افزار تحلیل را متوقف کند. مفاصل پلاستیک در تیرها تنها در اثر خمش حول محور قوی مقطع توسعه پیدا می کنند (M3 Hinges) و گسترش مفاصل پلاستیک در ستون ها، ناشی از اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی حول هر دو محور اصلی مقطع خواهد بود (P- M2-M3 Hinges).

#### ویژگی های غیرخطی دیوار برشی

برای مدل سازی دیوار برشی به صورت غیرخطی باید طول مفصل خمیری در خمش مشخص شود. به کمک رابطه پیشنهادی زیر می توان طول مفصل خمیری در دیوار برشی را برآورد نمود.

$$(1) \quad L_p = 0.2D_w + 0.44h_e$$

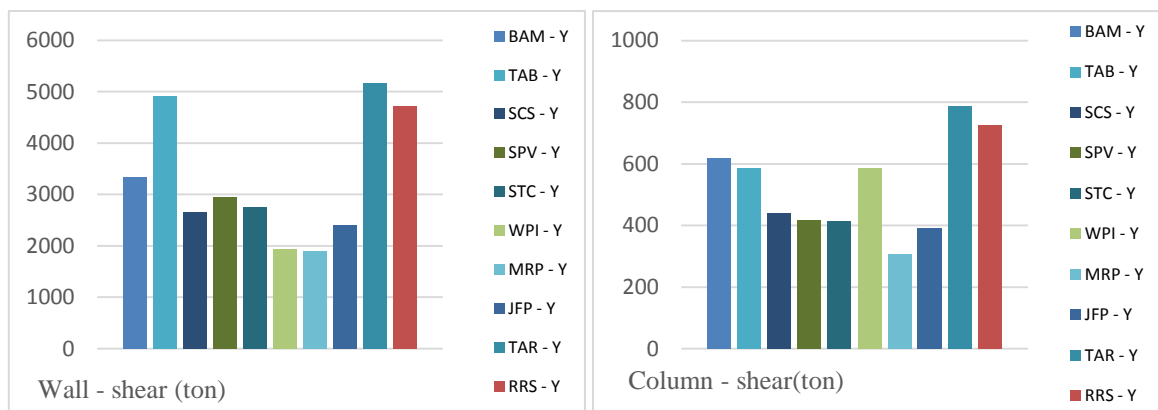
در این رابطه  $L_p$  طول مفصل خمیری،  $D_w$  عمق دیوار و  $h_e$  ارتفاع موثر موثر مقطع است که به صورت ارتفاع دیوار طره ای تعریف می شود که دارای یک بار متمرکز در بالای خود است و خمش و برش برابری در مفصل خمیری با دیوار واقعی دارد. دستورات عمل FEMA356 طول مفصل خمیری را به صورت حداقل دو مقدار نصف عمق دیوار و نصف ارتفاع کل دیوار تعریف می کند. این طول نباید از ارتفاع طبقه تجاوز نماید. برای تعیین عملکرد دیوار برشی، حداکثر مجاز دوران خمیری دیوار در سطوح مختلف عملکرد کنترل می شود. در نرم افزار PERFORM-3D از روشی مشابه و تا اندازه ای دقیق تر برای تعیین سطوح عملکردی دیوار برشی استفاده می گردد. در این برنامه پس از تعریف مصالح فولادی و بتنی به صورت غیرخطی و ایجاد المان دیوار به کمک این مصالح، حداکثر کرنش های موجود در فولاد و بتن در سطوح مختلف عملکردی کنترل و نتایج حاصله ارائه می گردد.

#### بررسی عملکرد سازه ها و کنترل معیارهای پذیرش

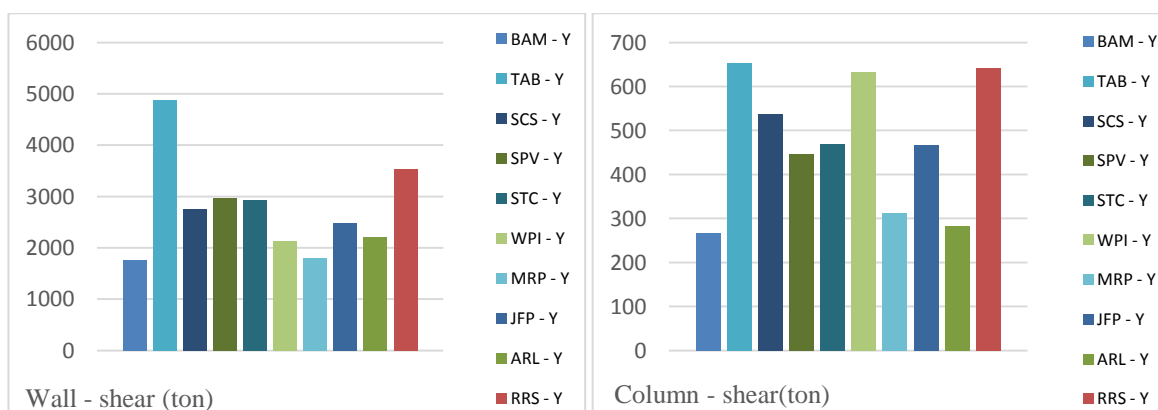
به منظور بررسی سطوح عملکردی و همچنین ارزیابی پارامترهای لرزه ای ساختمان های مورد بررسی با استفاده از اعمال رکوردهای حوزه نزدیک و دور از گسل به سازه های شبیه سازی شده نتایج حاصل مورد ارزیابی قرار گرفته است. به این منظور با استفاده از تحلیل های دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی پاسخ سازه شامل سطوح عملکردی، منحنی تغییر مکان نسبی طبقات و برش پایه حداکثری تعیین شده است.

بررسی پارامتر برش پایه ساختمان های ۱۰ طبقه

به منظور ارزیابی مدل های ۱۰ طبقه شبیه سازی شده با اعمال ۹ رکورد حوزه نزدیک و یک رکورد حوزه دور نتایج حاصل از برش پایه حداکثری مدل ها مورد بررسی قرار گرفته است. همان طور که از مقایسه نتایج مشخص است اکثر برش پایه در مدل های شبیه سازی شده توسط دیوار برشی جذب گردیده است. با مقایسه نتایج مدل های ۱ و ۲ می توان مشاهده نمود که به طور کلی با نزدیک شدن دیوار برشی به مرکز جرم سازه برش پایه وارده به دیوارها افزایش می یابد. به توجه به شکل (۵،۶) می توان مشاهده نمود که بیشتر برش پایه ایجاد شده تحت رکوردهای TABAS، RRS و SPV می باشد. علت به وجود آمدن آن را می توان پالس های پر قدرت در طیف پاسخ رکوردها و همچنین قرارگیری زمان تناوب مود اول نوسان سازه ها در بیشینه طیف پاسخ سرعت این رکوردها دانست.



شکل (۵): نمودار برش پایه ستون ها و دیوار برشی مدل شماره ۱ از سازه ۱۰ طبقه تحت رکوردهای انتخابی



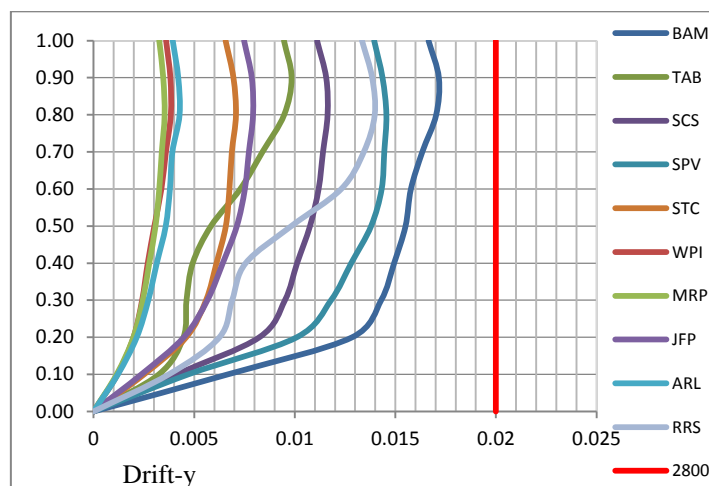
شکل (۶): نمودار برش پایه ستون ها و دیوار برشی مدل شماره ۲ از سازه ۱۰ طبقه تحت رکوردهای انتخابی

#### بررسی پارامتر جابه جایی نسبی ساختمان های ۱۰ طبقه

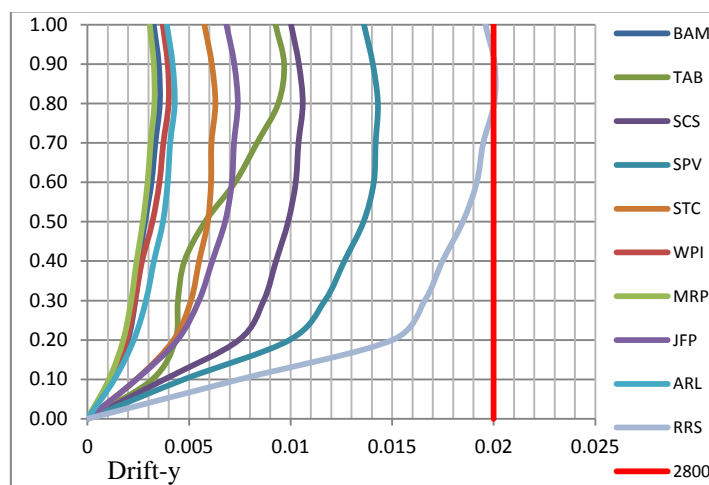
دریافت طبقه ای (تغییر مکان نسبی بین دو طبقه متوالی که با ارتفاع نرمال شده است) به عنوان تقاضای لرزه ای اولیه تعریف می شود، چرا که ارتباط معقولی بین دریافت طبقه ای و تقاضای شکل پذیری هر طبقه است (Kalkan and Kunnath, 2006).



همان طور که در شکل (۸،۷) مشاهده می شود تفاوت قابل توجهی بین مقادیر حاصل از رکوردهای زلزله های حوزه نزدیک و حوزه دور وجود دارد. رکوردهای نزدیک گسل و دارای جهت داری پیشرونده، رفتار بسیار متفاوتی را نسبت به سایر رکوردها از خود نشان می دهند و نیازهای بالاتری را به سازه تحمیل می کنند. قرار دادن دیوارهای سخت کننده در قاب های فولادی سبب کاهش مقادیر دریفت سازه شده است و حداکثر پاسخ در تراز ۰/۶ تا ۰/۷ ارتفاع سازه رخ می دهد.



شکل (۷): نمودار دریفت طبقات مدل شماره ۱ از سازه ۱۰ طبقه تحت رکوردهای انتخابی

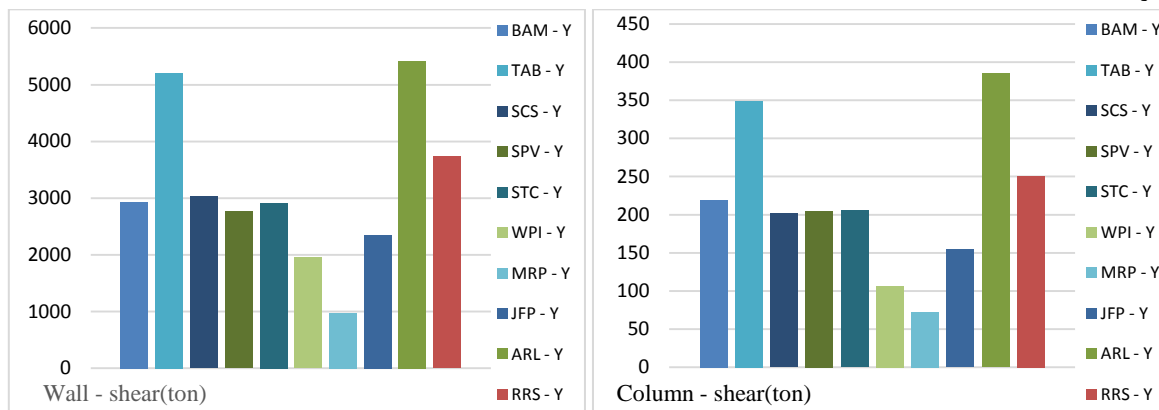


شکل (۸): نمودار دریفت طبقات مدل شماره ۲ از سازه ۱۰ طبقه تحت رکوردهای انتخابی

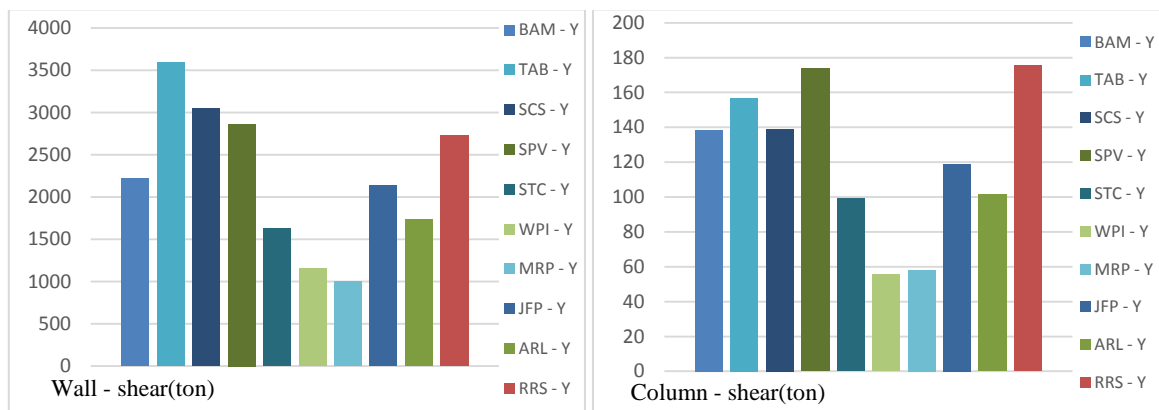
#### بررسی پارامتر برش پایه ساختمان های ۲۰ طبقه

در مدل شماره ۱ سازه ۲۰ طبقه دیوارهای برشی دو به دو عمود به هم بوده و اطراف مرکز جرم سازه قرار دارند و در مدل شماره ۲ دیوارها در دورترین فاصله از مرکز جرم بوده و در نوار پیرامونی پلان قرار دارند. در تحلیل تاریخچه زمانی مدل های ۲۰ طبقه از ۹ رکورد حوزه نزدیک و یک رکورد حوزه دور استفاده شده است. در این قسمت همانند سازه های ۱۰ طبقه حداکثر برش پایه برای حالتی که دیوارها دو به دو متقاطع اند و نزدیک به مرکز جرم هستند رخ داده است. این افزایش در مقادیر برش پایه ستون ها و دیوارها مشاهده می شود. همانطور که در شکل (۹،۱۰) مشاهده می شود در مدل شماره یک تقریباً در تمام موارد رکورد طیس و ARL مقادیر حداکثری برش پایه را به وجود آورده و برای مدل شماره ۲ که دیوارها در پیرامون سازه واقع شده است رکورد طیس و ARL بیشترین برش پایه را دارند. چیدمان دیوارهای برشی در پیرامون سازه باعث کاهش میزان برش

پایه شده است. رکورد MRP که رکورد حوزه دور و بدون پالس در تاریخچه زمانی سرعت است کمترین مقدار برش پایه را در سازه های مطالعاتی دارد. رکورد WPI یک جنبش حوزه نزدیک با مقادیر نسبی پایین تر PGA و PGV است و همچنین برش پایه حاصل از آن نیز به مراتب کم تر از سایر رکوردهای دیگر می باشد. همچنین ناحیه حساس به شتاب این رکورد نیز عرض کمتری نسبت به سایر رکوردهای حوزه نزدیک دارد در نتیجه این عرض کم سبب کاهش مودهای حساس در این ناحیه می گردد.



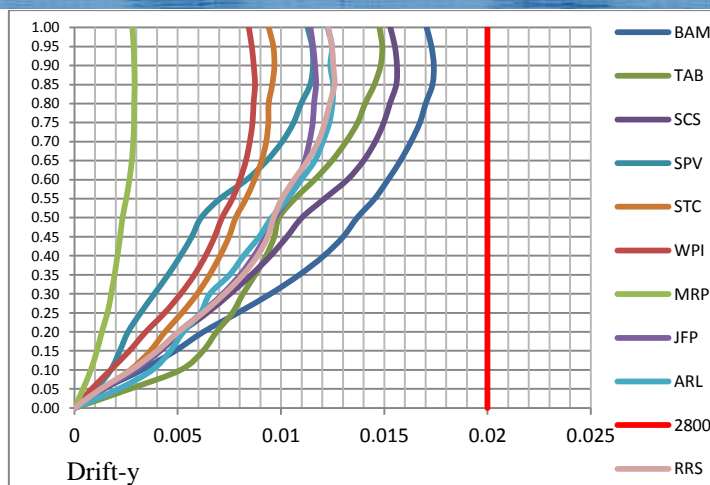
شکل (۹): نمودار برش پایه ستون ها و دیوار برشی مدل شماره ۱ از سازه ۲۰ طبقه تحت رکوردهای انتخابی



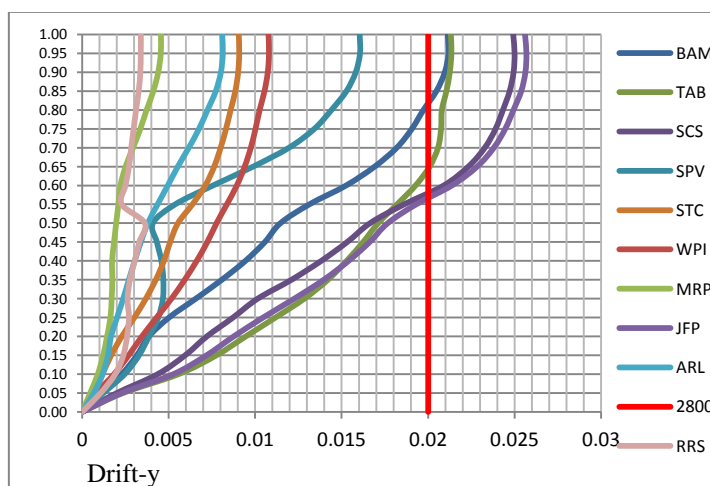
شکل (۱۰): نمودار برش پایه ستون ها و دیوار برشی مدل شماره ۲ از سازه ۲۰ طبقه تحت رکوردهای انتخابی

### بررسی پارامتر جابه جایی نسبی ساختمان های ۲۰ طبقه

در سازه های بلند مرتبه تغییر مکان طبقه آخر در طراحی سازه معیار بسیار مهمی می باشد زیرا با زیاد شدن ارتفاع سازه میزان جابه جایی طبقه آخر مقادیر بسیار بالایی را به خود اختصاص می دهد. تغییر مکان طبقه آخر تحت برخی از رکوردهای این پژوهش حتی به مقدار ۱/۲ متر هم می رسد که این مقادیر در طراحی سازه های بلند بسیار تاثیر گذار می باشد. قرارگیری دیوارهای برشی به صورت هسته ای و عمود بر هم سبب کاهش قابل توجه دررفت و تغییر مکان طبقه آخر نسبت به مدل با دیوارهای پیرامونی شده است. بیشترین کاهش جابه جایی در مدل ۱ نسبت به مدل ۲ در رکورد ARL مشاهده می شود. چنین مناسب دیوارهای برشی در سازه همانطور که در شکل (۹،۱۰) نمایش داده شده است سبب می گردد تا مقادیر دررفت در ترازهای ارتفاعی کاهش بسیار شدیدی داشته باشد. مقایسه نتایج دررفت طبقات در مدل های ۱۰ و ۲۰ طبقه بیانگر این موضوع می باشد که با افزایش تعداد طبقات سازه تاثیر چیدمان دیوارهای برشی در کاهش جابه جایی کلی سازه نسبت به مدل های میان مرتبه به مراتب بیشتر می باشد.



شکل (۱۱): نمودار دررفت طبقات مدل شماره ۱ از سازه ۲۰ طبقه تحت رکوردهای انتخابی

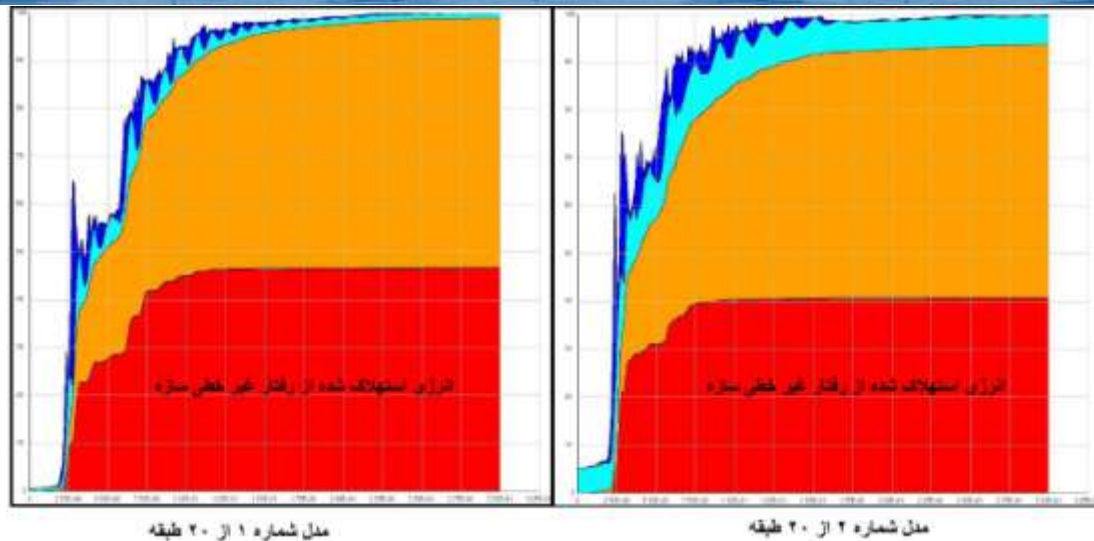


شکل (۱۲): نمودار دررفت طبقات مدل شماره ۲ از سازه ۲۰ طبقه تحت رکوردهای انتخابی

#### بررسی توزیع مفاصل پلاستیک و استهلاک انرژی وارده در مدل ۲۰ طبقه

نتایج ساختار مفاصل پلاستیک در هر دو مدل سازه‌ای متفاوت است در مدل شماره ۱ از سازه ۲۰ طبقه تمامی اعضا در سطوح عملکرد IO و LS هستند و مفاصل غیرخطی به صورت گسترده در تمام سازه پخش شده‌اند ولی در مدل شماره ۲ از سازه ۲۰ طبقه سازه در برخی از مفاصل خود به سطح عملکرد CP رسیده و با تعداد مفصل کمتری کار مستهلک کردن انرژی وارده را انجام می‌دهد. این در حالی است که در مدل شماره یک از ۲۰ طبقه یکنواختی و پراکندگی مفاصل پلاستیک حاکی از آن است که سازه با مفاصل بیشتری در جذب و استهلاک انرژی وارده در حال خدمت دهی است.

همچنین در شکل ۱۳) می‌توان انرژی که سازه تحت رکورد RRS با رفتار غیر خطی مستهلک نموده مشاهده کرد. آنچه مبرهن است سطح حاصل از استهلاک انرژی در مدل ۱ تحت رکورد RRS بیشتر از سطح استهلاک انرژی در مدل ۲ از ساختمان ۲۰ طبقه ناشی از رفتار غیرخطی است.



شکل (۱۲): استهلاک انرژی وارده توسط رفتار غیر خطی در مدل های ۲۰ طبقه

### نتیجه گیری

ویژگی های پاسخ دینامیکی سیستم قاب خمشی فولادی به همراه دیوارهای برشی بتنی بر اساس تحلیل های تاریخچه زمانی غیرخطی در این پژوهش ارائه شده است. بررسی پارامترهای لرزه ای ساختمان های مورد بررسی با اعمال رکوردهای حوزه نزدیک به مدل های شبیه سازی شده و مقایسه نتایج در اثر جابه جایی موقعیت مکانی دیوارهای برشی در پلان سازه صورت گرفته است. نتایج تحلیل ها بیانگر تاثیر موقعیت مکانی دیوارهای برشی در پلان در جذب نیروی برشی و دریافت طبقات در رکوردهای حوزه نزدیک می باشد. این موضوع از آن جا که در سازه های بلند کنترل تغییر مکان جانبی سازه اهمیت بسزایی دارد مورد توجه می باشد. توصیه می شود با استفاده از دیوارهای برشی به صورت هسته مانند و نزدیک مرکز جرم سازه تغییر مکان جانبی سازه کاهش داده شود. همچنین با مقایسه نتایج انرژی مستهلک شده توسط رفتار غیرخطی سازه عملکرد مناسب تر مدل ها با دیوار برشی نزدیک مرکز جرم سازه مشاهده می شود.

## مراجع

- هاشمی، ح.، بهنام فر، ب.، غریب زاده امیر، ف. (۱۳۸۴). ارزیابی عملکرد سازه های فولادی قاب خمشی با اهمیت زیاد با دستورالعمل بهسازی لرزه ای. پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۲-۲۲.
- تسنیمی، ع. (تدوین). (۱۳۸۰). رفتار و طرح لرزه ای ساختمان های بتن مسلح. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن .
- Decanini L, M. f. (2000). Energy displacement demands Imposed by near – source Ground Motion. *world Conference on Earthquake engineering* , 1136.
- (2000). *FEMA356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings-A Prestandard*. Washington: American Society of Civil Engineering for Federal Emergency Management .
- Galasso C, Z. P. (2013). Validation of ground- motion simulations for historical events using MDoF systems. *Journal of International Association for Earthquake Engineering* .
- Iwan, W. (1995). near –field Consideration in Specification of Seismic Design motions for Structures. *European Conference on earthquake Engineering Balkema* , 257-267.
- Kalkan, E., & Kunnath, S. K. (2006). Effects of fling step and forward directivity on seismic response of buildings. *Earthquake Spectra* , 22, 367-390.
- M, F. (1995). Performance of buildings with shear walls in earthquakes of the last thirty years. *PCI J* , 62–80.
- Malhotra, P. (1999). Response of building to Near-Field Pulse-Like Ground Motion. *Earthquake Eng* .
- Moehle, J. (2006). Seismic analysis, design and review for tall buildings. *The Structural Design of Tall and Special Buildings* , 15, 495-513.
- Mollaioli, F., & Decanini, L. D. (Eds.). (2006). Characterization of the dynamic response of structures to damaging pulse-type near-fault ground motions. *Meccanica* , 41, 23-46.