عملکرد لرزه‌ای ساختارهای ترکیبی مقاوم بلند مرتبه دارای پیکربندی قاب خمشی

سامان خلیلی[1*]، افشین مشکوه الدینی[2]، جعفر کیوانی قمصری[3]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی سازه، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳- دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده

طراحی مبتنی بر عملکرد، نیازمند درک کلی از پاسخ سازه به انواع مختلف حرکت زمین در سطوح مختلف است. روش‌های طراحی باید توجه ویژه به ویژگی‌های حرکات زمین به خصوص در حوزه نزدیک گسل داشته باشند. رکوردهای حوزه نزدیک بوسیله نمود تغییر مکان‌های ضربه‌ای ناگهانی زمین در مدت زمان کوتاه و انرژی بالا در بازه ابتدایی تاریخچه زمانی شناخته می‌شوند.یکی از مهمترین نتایج تغییر مکان جانبی و دریفت سازه، بروز آسیب‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای می‌باشد. بسیاری از مطالعات پیشین بیانگر این است که پارامترهای مذکور جهت نشان دادن همبستگی و ارتباط میان مشخصات پاسخ سازه و خطر لرزه‌ای، کارآمد است. سیستم قاب محیطی، یکی از راه‌های محدود کردن جابجایی طبقات در سازه‌های بلند می‌باشد. این سیستم موجب شباهت رفتار سازه به یک لوله تو خالی شده که در نتیجه، یک افزایش چشمگیر در سختی جانبی بوجود می‌آید. در این تحقیق؛ مدل‌های مطالعاتی قاب خمشی بصورت سازه‌های ۲۰ طبقه بوده که در پلان و ارتفاع منظم می‌باشند. طرح اسکلت مقاوم مطابق با ضوابط طرح لرزه‌ای موجود در ویرایش چهارم آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) و مباحث شم و دهم مقررات ملی ساختمان است. این پژوهش بر پایه ارزیابی نتایج تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی، به بررسی روند تغییرات پاسخ لرزه‌ای اسکلت‌های ترکیبی مقاوم تحت طیف طرح ویژه ساختگاه، مطابق با ضوابط طرح لرزه‌ای موجود در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ می‌پردازد. موضوعات و نکات ارزیابی شده در این پژوهش، شامل پارامترهای پاسخ تغییر مکان جانبی و دریفت سازه و نیز تاثیر آرایش اسکلت‌های صلب داخلی در دامنه تغییرات پارامترهای مذکور می‌باشد. بر پایه ارزیابی نتایج این پژوهش، بیشترین میزان دریفت در یک سوم میانی سازه می‌باشد. همچنین بیشینه پارامترهای پاسخ تغییر مکان و دریفت سازه با تبدیل ساختار اسکلت از قاب خمشی محیطی به دسته شده، به ترتیب دچار کاهش و افزایش نسبی گردیده است.

کلمات کلیدی: قاب خمشی محیطی، قاب خمشی دسته شده، رکورد سه مولفه‌ای، تغییر مکان جانبی، دریفت، پاسخ دینامیکی غیرخطی.

[*]نویسنده مسئول: سامان خلیلی
پست الکترونیکی: std_khalili.s@khu.ac.ir

DOI: 10.22065/jsce.2017.87042.1208
شناسه دیجیتال http://dx.doi.org/10.22065/jsce.2017.87042.1208

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۲۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۰۳

۱- مقدمه

یکی از مهمترین مسائل در طراحی مهندسی ایجاد تعادل بین توانایی مقاومت سازه در برابر رکوردهای نیرومند جابجایی زمین و تقاضای لرزه‌ای می‌باشد [۱]. ظرفیت سازه در طراحی باید بگونه‌ای باشد که حالت فروریزش در برابر نیروهای زلزله پیش نیاید. مفاهیم طراحی بر مبنای عملکرد نیازمند شناخت و درک کلی سطوح مختلف عملکردی و همچنین رفتار و پاسخ سازه‌ها به زمین لرزه‌های مختلف می‌باشد. پارامترهای مرتبط با زمین لرزه‌های حوزه نزدیک مورد توجه در برخی آیین نامه‌ها، به دلیل عدم توجه ویژه به ویژگی‌های فرکانسی زمین لرزه‌های حوزه نزدیک، چندان تاثیرگذار نمی‌باشند [۲]. در این راستا "هادسون" پیشنهاد نمود که بررسی دامنه پیک، مدت زمان لرزش‌های قوی و ویژگی‌های فرکانسی می‌تواند جهت پی بردن به خواص فیزیکی رکوردها، مفید باشد [۳].

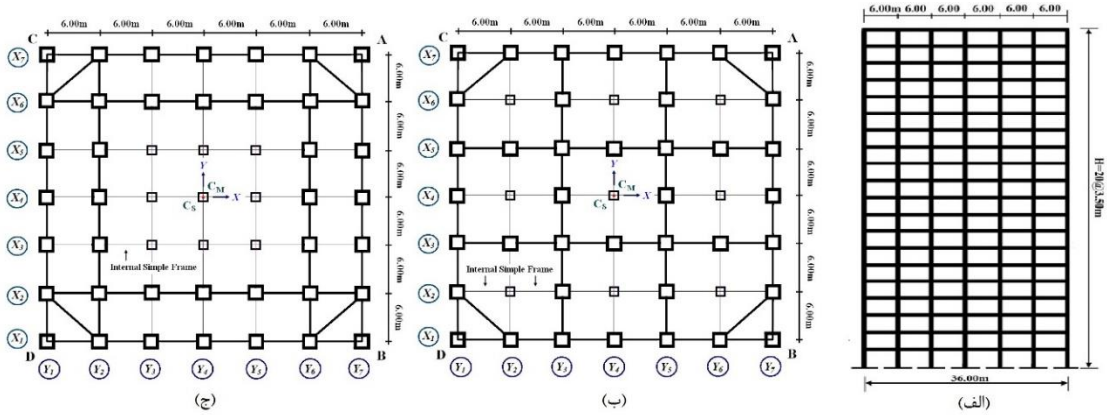
تجزیه و تحلیل الاستیک برآوردی خوب از ظرفیت سازه ارائه می‌دهد، لیکن قادر به پیش بینی مکانیسم فروپاشی و باز توزیع نیروها در مفاصل پلاستیک المان‌های سازه نمی‌باشد. تحلیل غیرخطی تصویری از رفتار سازه را زمانی که از ظرفیت الاستیک آن تجاوز گردد، ارائه می‌نماید. از روش‌های دقیق جهت تعیین تقاضای لرزه‌ای سازه‌ها در برابر یک زلزله مشخص، تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی می‌باشد [۴و۵]. از ویژگی‌های مهم که در تاریخچه زمانی رکوردهای نیرومند حوزه نزدیک دیده می‌شود، وجود پالس‌های بلند مدت در تاریخچه زمانی سرعت زمین است. نمایش این حرکات پالس گونه بویژه در زمین لرزه‌های با جهت داری پیشرونده، زمانی که سرعت موج شکست و موج برشی به یکدیگر نزدیکند، قابل انتظار است [۴و۵]. این ساختار موجگونه، انرژی جنبشی بسیار زیادی را در یک بازه زمانی به نسبت کوتاه به سیستم سازه‌ای ساختمان وارد می‌نماید. بدین لحاظ ساختار ساختمان باید بتواند این انرژی جنبشی را در چندین سیکل مستهلک نماید. مطالعات نشان می‌دهند که نتیجه بارز چنین رفتار لرزه‌ای، پدیدار شدن و گسترش سریع مفاصل غیر خطی در سیستم باربر جانبی سازه و وارد شدن ویژگی‌های رفتار اعضای اصلی سازه به حوزه غیرخطی خواهد بود [۵و۶]. به بیان دیگر پالس‌های بلند مدت شتاب که منجر به پالس‌های بزرگ سرعت می‌گردند، موجب ایجاد پاسخ‌های سازه‌ای قابل توجه شده و پتانسیل خرابی سازه را افزایش می‌دهد.

تغییر مکان جانبی و دریفت، از فاکتورهای مهم در بررسی پاسخ سازه‌های بلند مرتبه می‌باشد [۷]. مهمترین نمود تغییر شکل ناشی از جابجایی نسبی بین طبقات متوالی سازه، آسیب‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای می‌باشد. بسیاری از مطالعات پیشین بیانگر این موضوع است که بهترین پارامتر جهت نشان دادن همبستگی بین پارامترهای پاسخ سازه‌ای و خطر لرزه‌ای می‌باشد. سیستم قاب محیطی یکی از راه‌های محدود کردن جابجایی طبقات سازه‌های بلند در طول زمین لرزه‌های قوی می‌باشد [۸و۹]. موضوعات و نکات ارزیابی شده در این پژوهش شامل پارامترهای پاسخ تغییر مکان جانبی و دریفت و تاثیر آرایش اسکلت‌های صلب داخلی در دامنه تغییرات پارامترهای مذکور می‌باشد. ساختار سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی در ساختمان‌های مورد مطالعه، از نوع قاب محیطی خمشی و دسته شده می‌باشد. سیستم‌های قاب محیطی به لحاظ اسکلت مقاوم سازه‌ای، دارای شکل پذیری و پایداری دینامیکی قابل توجه می‌باشند. قابلیت دیگر این سیستم، بالا بودن مشخصه سختی و مقاومت است. اسکلت مقاوم قاب محیطی خمشی در ساختمان‌های میان مرتبه و بلند کاربرد دارد. همچنین می‌توان از این سیستم مقاوم در جایگزینی با اسکلت‌های قاب مهاربندی شده و یا دیوار برشی، استفاده نمود [۱۰-۱۲].

۲- سازه‌های مطالعاتی قاب محیطی و ملاحظات طراحی

در این پژوهش؛ مدل‌های مطالعاتی قاب محیطی خمشی بصورت سازه ۲۰ طبقه می‌باشند. پلان‌ها منظم و دارای ۶ دهانه به طول ۶ متر در هر دو جهت x و y است. همچنین مدل‌ها در ارتفاع نیز منظم و ارتفاع آن‌ها از تراز همکف تا تراز بام، ۷۰ متر است. جزییات پلان و نما در شکل ۱ نشان داده شده است. منطقه پروژه در پهنه بندی با خطر نسبی خیلی زیاد و خاک ساختگاه از نوع تیپ ۲ فرض گردیده است. طرح اسکلت مقاوم مطابق با ضوابط طرح لرزه‌ای موجود در ویرایش چهارم آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله [۱۳] و مباحث ششم و دهم مقررات ملی ساختمان است. در طراحی مقاطع اعضای سازه معیار رعایت اصل ستون قوی – تیر ضعیف و همچنین محدودیت جانبی نسبی لرزه‌ای طبقات در نظر گرفته شده است [۱۴و۱۵].

ضریب رفتار برای سازه‌های مورد مطالعه با قابلیت شکل پذیری متوسط برابر ۵ لحاظ شده و بارگذاری سازه‌ها بر پایه مبحث ششم مقررات ملی ساختمان صورت گرفته است [۱۵]. بار مرده و زنده اعمالی برای تمام طبقات به ترتیب $۰,۵\ t/m^2$ و $۰,۲\ t/m^2$ بوده و دیافراگم سقف با سختی بی نهایت درون صفحه‌ای نسبت به عناصر قائم باربر جانبی در نظر گرفته می‌شود. پریود طبیعی برای هر دو مدل T=۱,۹۴ ثانیه و پریود مود اول تا سوم مدل‌ها و نسبت مود پیچشی به مود انتقالی در جدول ۱ آورده شده است. بر پایه اطلاعات ذکر شده در این جدول، ملاحظه می‌شود که بدلیل بیشتر بودن مود انقالی نسبت به اولین مود پیچشی، سازه ها به صورت مقاوم و سخت در برابر پیچش در هر دو جهت عمل می‌کنند.



شکل۱ : سازه‌های مطالعاتی قاب محیطی شامل صفحات قاب‌های خمشی (خطوط پر رنگ) و صفحات قاب ساده مفصلی (خطوط نازک):

(الف) نمای سازه ۲۰ طبقه؛ (ب) پلان قاب محیطی دسته شده؛ (ج) پلان قاب محیطی خمشی.

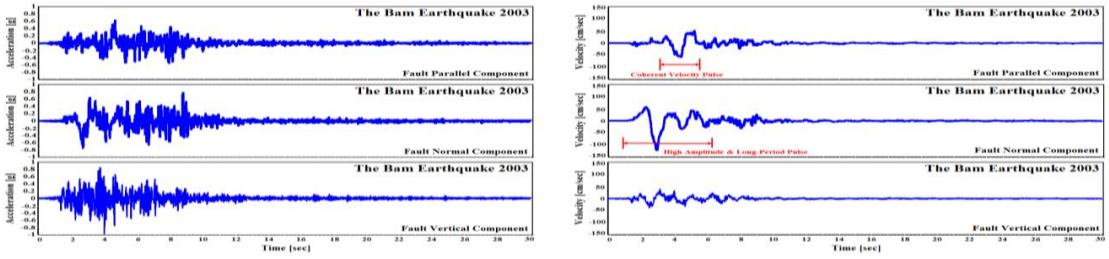
جدول۱ : پریود قاب‌های محیطی برای سه مود اول مدل‌های مطالعاتی (ثانیه)

سیستم مقاوم	مود اول (انتقالی)	مود دوم (انتقالی)	مود سوم (پیچشی)	نسبت مود پیچشی به انتقالی
باربر جانبی	حول محور X	حول محور Y	حول محور Z	
قاب محیطی خمشی	۳,۴۶۱	۳,۴۶۱	۲,۳۸۲	۰,۶۹
قاب محیطی دسته شده	۴,۰۰۶	۴,۰۰۶	۳,۰۶	۰,۷۶

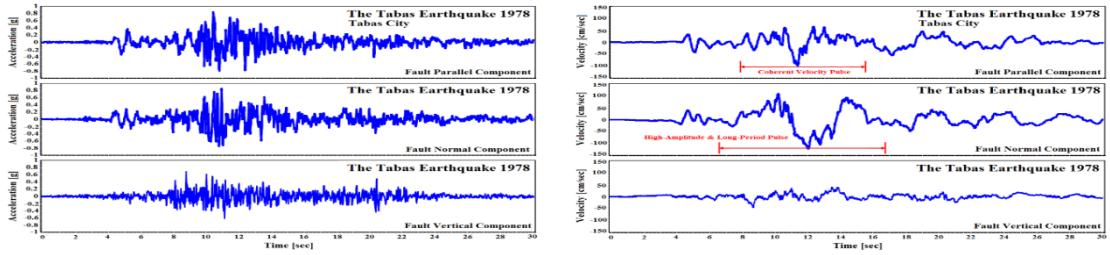
۳- رکوردهای سه مولفه‌ای انتخابی

پارامترهای متعددی در میزان پتانسیل خرابی حرکات لرزه‌ای زمین تاثیرگذار است. برخی از این پارامترها به صورت مستقیم به خصوصیات تحریک زمین و برخی دیگر به تعامل سیستم با این تحریک‌ها وابسته است. همچنین از عوامل مهم در تعیین میزان آسیب سازه بوسیله زلزله، قدرت زمین لرزه و عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها می‌باشد. همچنین بیشینه شتاب و سرعت، نسبت سرعت به شتاب و بازه زمانی زمین لرزه‌های نیرومند با این مطلب دارای ارتباط تنگاتنگی می‌باشد. بررسی مجموعه عوامل ذکر شده در کنار یکدیگر، نیازمند نگرشی ویژه به خصوصیات رکوردهای زلزله بخصوص در حوزه نزدیک گسل و پاسخ سازه به این رکوردها می‌باشد.

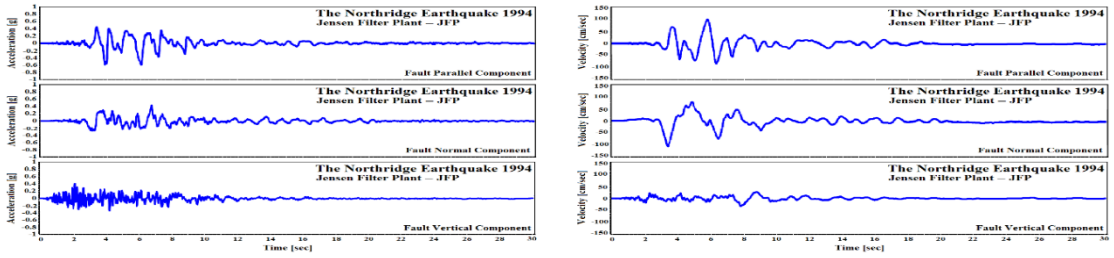
پدیدار شدن ویژگی‌های غیر خطی در رفتار دینامیکی ساختمان‌های واقع شده در حوزه نزدیک گسل، تحت اثر ارتعاشات نیرومند زمین، امری قابل انتظار است. زمین لرزه‌های حوزه نزدیک در مقایسه با دیگر انواع زمین لرزه‌ها، موجب ایجاد نیازهای لرزه‌ای بزرگتری در سازه می‌گردند. یکی از مشخصه‌های رکوردهای حوزه نزدیک وجود حداقل یک اوج مشخص در طیف سرعت زمین است. رکوردهای حوزه نزدیک با جهت داری پیشرونده در جهت عمود بر گسل توسط یک پالس بزرگ قابل تشخیص می‌باشند. دامنه زمانی این پالس‌ها به طور معمول از ۱ ثانیه بیشتر بوده و در حدود پریود اصلی ساختمان می‌باشد [۲و ۶-۵]. در شکل ۲ نمودار شتاب و سرعت رکوردهای سه مولفه‌ای انتخابی در راستای هر سه مولفه، نشان داده شده است.



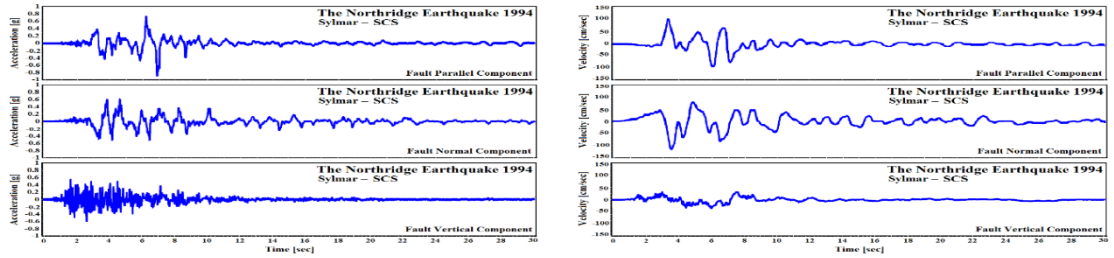
(الف) رکورد سه مولفه‌ای BAM



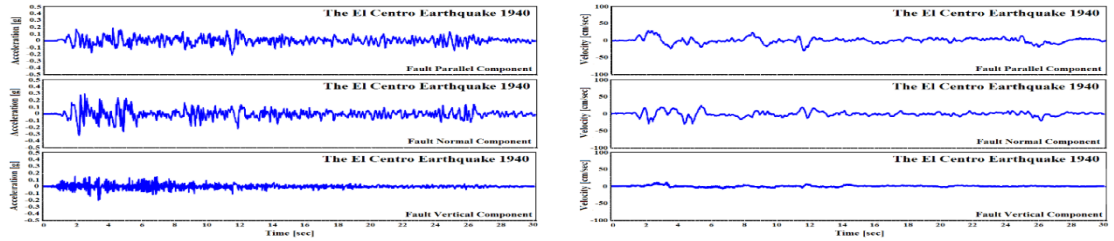
(ب) رکورد سه مولفه‌ای TABAS



(پ) رکورد سه مولفه‌ای JFP از زلزله نورتریج ۱۹۹۴.



(ت) رکورد سه مولفه‌ای SCS از زلزله نورتریج ۱۹۹۴



(ث) رکورد سه مولفه‌ای ELC از زلزله السنترو ۱۹۴۰

شکل۲ : تاریخچه زمانی سه مولفه‌ای شتاب و سرعت رکوردهای انتخابی (جدول ۲).

بررسی پاسخ سازه تحت زلزله حوزه نزدیک گسل در تعیین میزان آسیب دارای نقش مهمی می‌باشد. "ساکای" و همکاران [۱۶] و"روتا" و همکاران [۱۷] به بررسی روابط شاخص آسیب زلزله و بیشینه شتاب زمین پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که بیشینه شتاب زمین می‌تواند به عنوان معیار عینی جهت تشخیص زلزله و برخی از آثار آن در مناطق مختلف، مورد استفاده قرار گیرد. نکته دیگر آنکه، رکوردهای حوزه نزدیک با نسبت‌های طیفی بزرگتر بیشینه سرعت به شتاب، دارای حوزه بزرگتر حساس به شتاب زمین در طیف سه جانبه می‌باشند. همچنین زلزله های حوزه نزدیک با نسبت‌های طیفی کوچکتر بیشینه تغییر مکان به سرعت نیز دارای بخش کوچکتر حساس به سرعت و همچنین حوزه بزرگتر حساس به تغییر مکان زمین می‌باشند [۱۲و۱۸].

رکوردهای انتخابی سه مولفه‌ای، بر اساس ضوابط طرح لرزه ای و پاراگراف ۲ بند ۲-۵-۲ استاندارد ۲۸۰۰ [۱۳] در بازه ۰,۲T تا ۱,۵T، مقیاس شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد، روش مقیاس کردن می‌تواند باعث پراکندگی بزرگی در تخمین نیاز لرزه‌ای گردد. تخمین نتایج تقاضا می‌تواند جانبدارانه بوده و می تواند منجر به طراحی با عدم قطعیت قابل توجه و حاشیه امنیت ناشناخته شود. لازم بذکر است در صورت استفاده از

تعدادزیادی از رکوردها می‌توان ایرادات بیان شده را تا حد مطلوبی برطرف نمود [۱۹]. پارامترهای بیشینه شتاب، سرعت و تغییر مکان و همچنین نسبت پارامترهای مذکور و بزرگای زلزله در جدول ۲ و ضرایب مقیاس در جدول ۳ ذکر گردیده است.

جدول۲ : مشخصات طیفی رکوردهای انتخابی

Ground Motion	Component	Duration (sec)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	Magnitude MW	PGV/PGA (sec)	PGD/PGV(sec)
Tabas 1978 Tabas City	LN	30.00	0.836	97.7	39.9	7.4	0.12	0.40
	TR		0.851	121.3	94.5		0.14	0.78
	UP		0.688	45.5	17.0		0.06	0.37
Bam 2003 Bam City	LN	30.00	0.635	59.6	20.7	6.6	0.09	0.34
	TR		0.793	123.7	37.4		0.16	0.30
	UP		0.999	37.66	10.11		0.03	0.26
Northridge1994 Sylmar (SCS)	LN	30.00	0.897	102.23	45.29	6.7	0.12	0.39
	TR		0.612	117.47	54.16		0.19	0.46
	UP		0.59	34.59	25.04		0.06	0.72
Northridge1994 Sylmar(JFP)	LN	30.00	0.59	91.10	23.97	6.7	0.16	0.26
	TR		0.42	105.97	50.78		0.26	0.48
	UP		0.4	33.91	8.9		0.09	0.26
El Centro 1940	LN	30.00	0.215	29.66	22.07	6.5	0.14	0.74
	TR		0.313	29.69	13.04		0.10	0.44
	UP		0.205	10.55	8.47		0.05	0.80

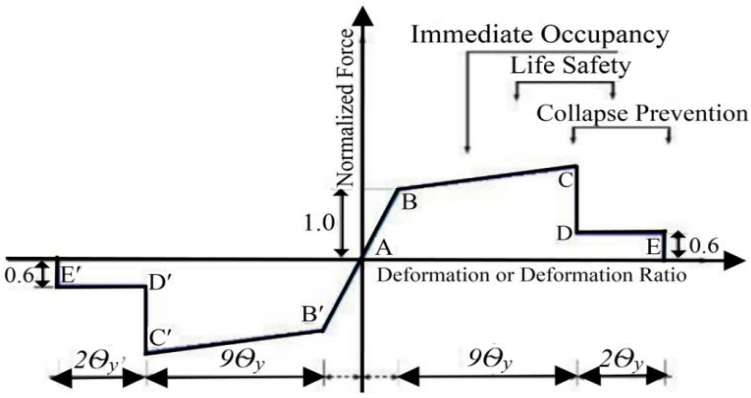
Fault Parallel: LN, Fault Normal: TR, Fault Vertical: UP

جدول۳ : مشخصات طیفی رکوردها انتخابی

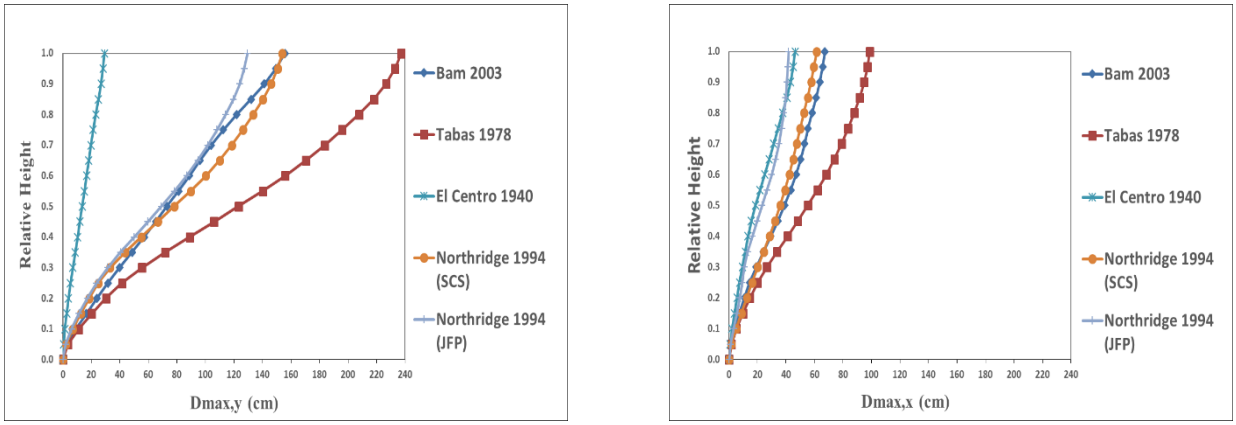
زمین لرزه	ضریب مقیاس
Tabas 1978, Tabas City	۱,۲۲
Bam 2003, Bam City	۱,۸۳
Northridge 1994, Sylmar (SCS)	۱,۲۷
Northridge1994, Jensen Filter (JFP)	۱,۰۱
El Centro 1940	۱,۳۱

۴-ارزیابی پاسخ دینامیکی غیر خطی تاریخچه زمانی مدل‌های مطالعاتی

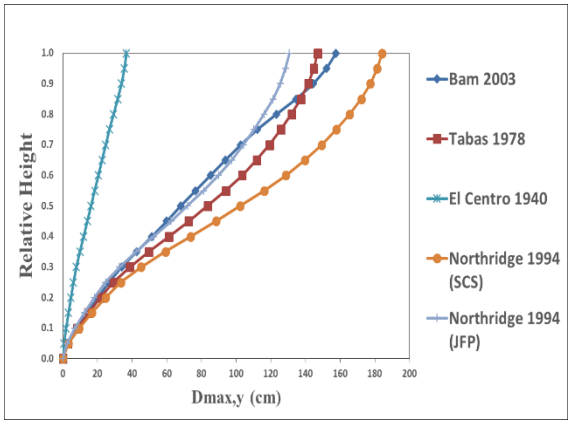
هدف عمومی پاسخ دینامیکی سازه، پیشبینی پاسخ در بازه زمانی معین، تحت زمین لرزه با طیف شتاب مشخص می‌باشد. پارامترهای پاسخ سازه‌ای شامل تغییر مکان جانبی و دریفت بر اساس نتایج تحلیل‌های غیر خطی می‌باشد. همچنین، تاثیر آرایش اسکلت صلب داخلی بر پارامترهای مذکور مورد ارزیابی قرار گرفته است. در روند مدل سازی تمامی سازه‌ها، جهت تعریف رفتار غیر خطی المان‌های تیر و ستون، به ترتیب از مفاصل M3 (خمشی) و غیرخطی P-M2-M3 (اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی)، بر اساس گزارش FEMA356 استفاده شده است [۱۹]. ساختار تحلیلی رفتار غیرخطی مفاصل مذکور در شکل ۳ عنوان گردیده است [۱۹-۱۸]. تمامی تحلیل‌ها توسط نرم افزار SAP2000 انجام شده است. شکل‌های ۴ الی ۷ نمایش دهنده پوش بیشینه تغییر مکان جانبی و دریفت طبقات مدل‌های مورد مطالعه، تحت رکوردهای سه مولفه‌ای اعمال شده، می‌باشند.

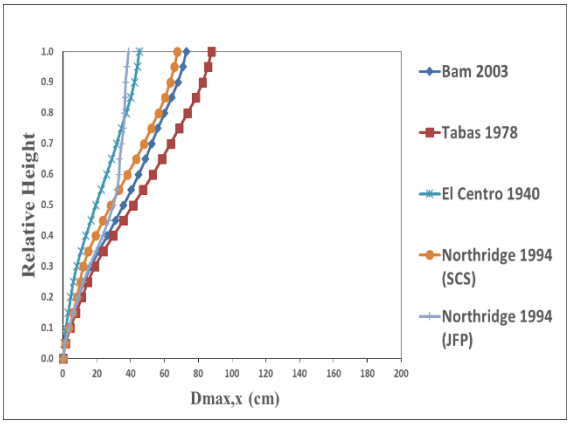


شکل۳ : مدل رفتار غیر خطی اعضا بر اساس FEMA 356 [۲۰].

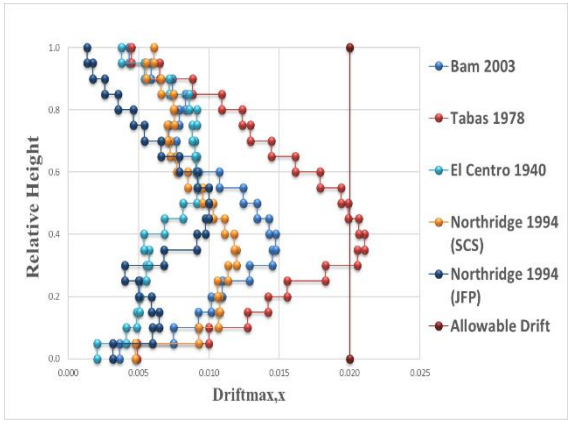


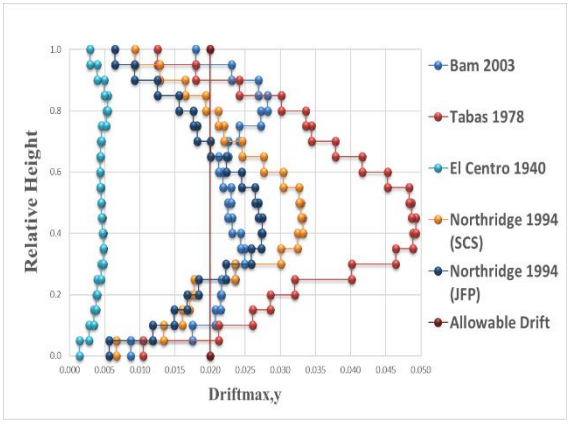
شکل۴ : پوش بیشینه تغییر مکان جانبی مدل قاب محیطی دسته شده.



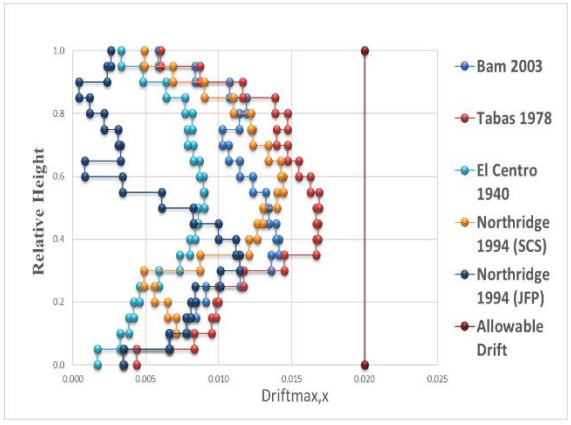


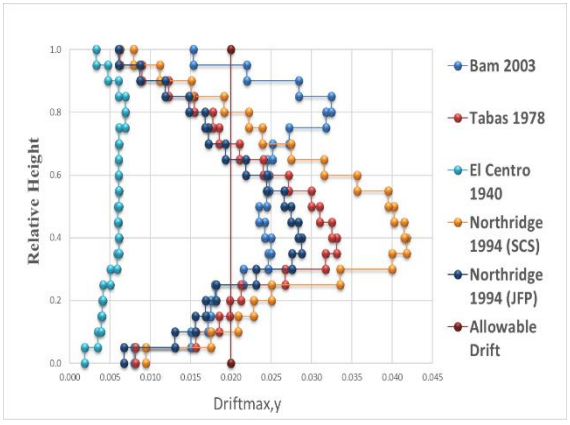
شکل۵ : پوش بیشینه تغییر مکان جانبی مدل قاب محیطی خمشی.





شکل۶ : پوش بیشینه دریفت مدل قاب محیطی دسته شده؛ نسبت به دو راستای X و Y.





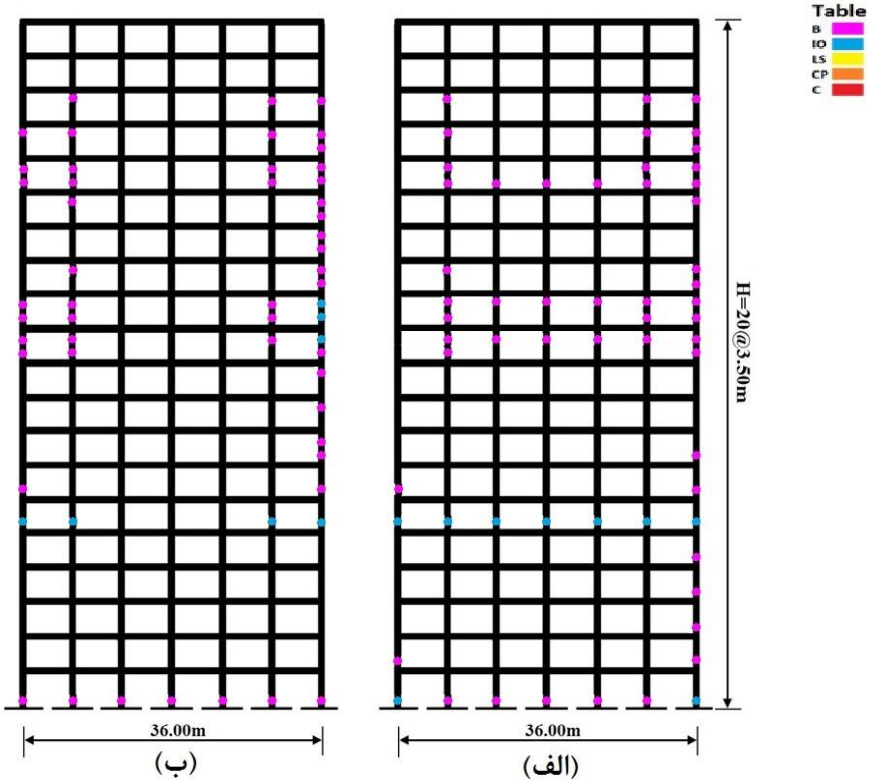
شکل۷ : پوش بیشینه دریفت مدل قاب محیطی خمشی؛ نسبت به دو راستای X و Y.

بررسی تغییر مکان جانبی طبقات مدل‌ها نشان می‌دهد در هر دو نوع اسکلت مورد بررسی، بیشینه این پارامتر در راستای X ، تحت رکورد TAB و کمینه آن تحت رکورد JFP می‌باشد. همچنین در راستای Y، کمینه تحت رکورد حوزه دور ELC و بیشینه برای قاب محیطی خمشی و قاب دسته بندی شده به ترتیب تحت رکوردهای SCS و TAB می‌باشد. از دیگر نکاتی که مشهود است، در هر دو مدل اسکلت در راستای X نمود کمینه و بیشینه تغییر مکان جانبی به ترتیب مربوط به رکوردهای JFP و TAB می‌باشد. همچنین مشاهده می

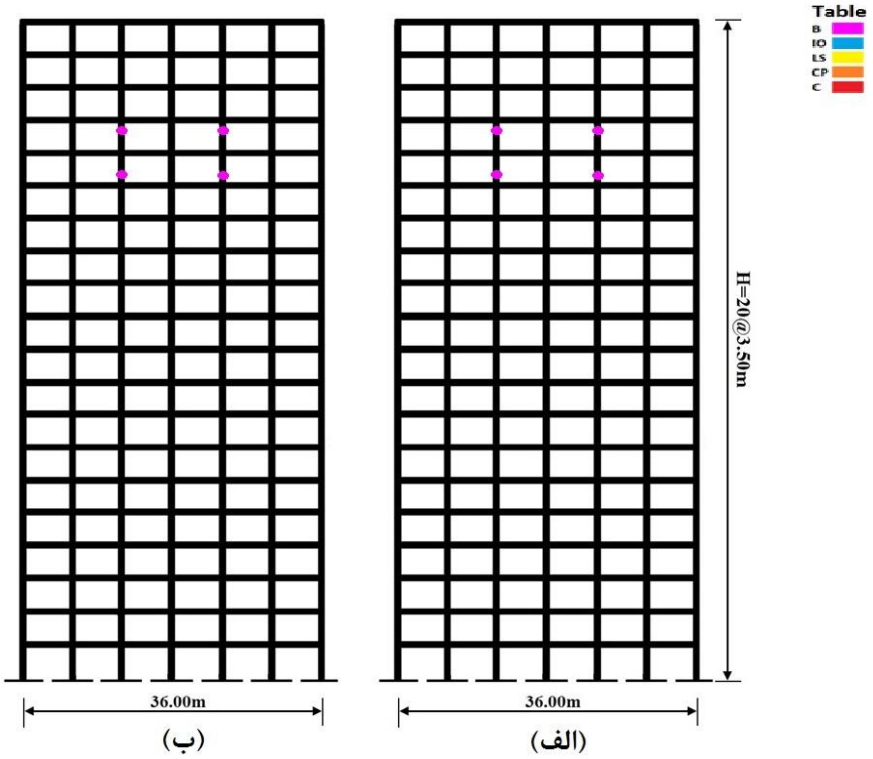
گردد به استثنا رکورد طبس، در بقیه رکوردها با تغییر آرایش اسکلت صلب داخلی از قاب خمشی محیطی به قاب دسته شده، تغییر مکان جانبی طبقات با کاهش اندکی همراه است.

پارامتر دریفت طبقه‌ای یا همان تغییر مکان نسبی دو طبقه متوالی به عنوان معیار نیازی اساسی تعریف می‌گردد. مشاهده می‌شود کمینه و بیشینه کمیت دریفت در راستاهای مختلف از شرایط موجود در بحث تغییر مکان تبعیت می‌کند. همچنین در بررسی روند تغییرات پارامتر دریفت با تغییر آرایش اسکلت صلب داخلی، مشاهده می‌گردد بیشینه مقدار آن با تغییر اسکلت صلب داخلی از قاب محیطی خمشی به قاب دسته شده افزایش یافته و در یک سوم میانی با پرش‌های نسبی بیشتری نسبت به بقیه سازه همراه است.

جهت بررسی تاثیرات رکوردهای سه مولفه‌ای در مکانیزم مفاصل پلاستیک، مفاصل تشکیل شده تحت رکورد سه مولفه‌ای SCS در شکل ۸ و ۹ نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد، هیچ یک از مفاصل پلاستیک تشکیل شده در اسکلت مقاوم سازه‌های مطالعاتی، به مرحله آستانه فروریزش (حد CP) نرسیده است. قابل ذکر است که در قاب محیطی دسته شده در هر دو جهت پلان، تعداد مفاصل بسیار اندک بوده و نمود غیرخطی قابل ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود. همچنین در قاب محیطی خمشی، بیشتر مفاصل در نیمه فوقانی سازه و در محورهای بیرونی تشکیل شده است. پراکندگی نسبی مفاصل و عدم ورود به آستانه فروریزش باعث گردیده که افزون بر ایجاد تعداد مفاصل بیشتر در قاب محیطی خمشی نسبت به مدل دسته شده، این اسکلت صلب در حوزه عملکردی ایمنی جانی (حد LS) باقی بماند.



شکل۸ : ساختار مفاصل غیرخطی تشکیل شده در قاب محیطی شکل (۱) تحت رکورد حوزه نزدیک SCS ؛ (الف) راستای Y؛ (ب) راستای X .



شکل۹: ساختار مفاصل غیرخطی تشکیل شده در سازه قاب دسته شده شکل (۱) تحت رکورد حوزه نزدیک SCS ؛(الف)راستای Y؛ (ب)راستای X.

۵- نتیجه گیری

مدل‌های مورد مطالعه در این پژوهش، در پلان و ارتفاع منظم بوده و سیستم‌های سازه‌ای آن‌ها قاب محیطی خمشی و دسته شده می‌باشند. هر دو سازه مطالعاتی ۲۰ طبقه با ارتفاع ۷۰ متر و دارای ۶ دهانه در هر دو جهت هستند. رکوردهای انتخابی با تاکید بر ویژگی‌های حوزه نزدیک گسل، به صورت سه مؤلفه‌ای به سازه ها اعمال شده است. هدف این پژوهش بررسی پاسخ پارامترهای لرزه‌ای تغییر مکان و دریفت سازه و روند تغییرات پارمترهای مذکور با تغییر اسکلت صلب داخلی از قاب محیطی خمشی به دسته شده است. ارزیابی مفهومی نتایج شامل موارد ذیل می باشد.

- مکانیزم تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل‌های مطالعاتی با تغییر آرایش اسکلت صلب داخلی، از قاب محیطی خمشی به دسته شده با تغییرات نسبی و بویژه در تعداد روبرو شده است.
- حوزه عملکرد مفاصل غیر خطی تشکیل شده در هر دو سازه؛ بطور نسبی یکسان است.
- تغییر اسکلت صلب داخلی از قاب محیطی خمشی به ساختار صلب دسته شده موجب گشته که روند تشکیل مفاصل پلاستیک به تعویق افتاده و علاوه بر کاهش تعداد، بیشتر این مفاصل نیز در سطح خدمت پذیری بدون وقفه (IO) قرار می‌گیرند.
- پارامتر تغییر مکان جانبی در مدل قاب محیطی دسته شده نسبت به قاب محیطی خمشی، کاهش اندکی داشته و دامنه عددی آن با روند یکنواخت‌تری افزایش می‌یابد.
- بیشینه دریفت طبقات در مدل قاب محیطی دسته شده نسبت به قاب محیطی خمشی بیشتر می‌باشد.
- بیشینه دریفت طبقات در هر دو مدل مطالعاتی در طبقات میانی همراه با پرش‌های زیاد می‌باشد.

مراجع

[1] Azhdarifar, M. Ahmadi, A. and Meshkat-Dini, A. (2015). Notes on the Effects of the Variations of Skeletal Framework on the Seismic Response Characteristics of Bundled Tube Structures subjected to Near-Fault Records. In: *Proceedings of the 2nd Conference on Seismology & Earthquake Engineering.* Karaj, Iran: Kharazmi university.
[2] Alavi B, Krawinkler H. (2000). Consideration of near-fault ground motion effects in seismic design. In: *12th World Conference on Earthquake Engineering (12WCEE)*. Auckland, New Zeland: New Zealand Society for Earthquake Engineering.
[3] Sucuoglu, H. Nurtug, A. (1995). Earthquake ground motion characteristics and seismic energy dissipation. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 24, 1195-1213.
[4] Tarta, G. Pintea, A. (2012). Seismic evaluation of multi-storey moment-resisting steel frames with stiffness irregularities using standard and advanced pushover methods. *Procedia Engineering*, Vol. 40, 445–450.
[5] Alavi, B. Krawinkler, H. (2004). Behavior of moment resisting frame structures subjected to near fault ground motions. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 33, 687-706.
[6] Meshkat-Dini, A. (2011). *Conceptualization of Wave-Like Ground Motions during Near-Field Earthquakes accounting for Notification of Dynamic Response Parameters of High-Rise Building.* Tehran, Iran: Kharazmi University, 28-35.
[7] Stafford Smith, B. (1984). Generalized method for estimating drift in high-rise structures. *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, Vol. 110, No. 7, 1549-1562.
[8] Anderson, J. C. Gurfinkel, G. (1975). Seismic behaviour of framed tubes. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 28, 145-162.
[9] Miranda, E. Kyriakides, M. Fu, Q. (2006). Development of improved intensity measures and improved shakemaps for loss estimation and emergency response. In: *SMIP06 Seminar Proceedings*. Toronto: California Strong Motion Instrumentation Program. PP:63-80.
[10] Aboutalebi, M. Meshkat-Dini, A. Keyvani, J. (2017). Assessment of Variation Process of Seismic Response of Hybrid Frame Tube Skeletons with Zipper Elements in Tall Buildings. In: *Proceedings of the 10th National Congress on Civil Engineering*. Tehran, Iran: Sharif University of Technology.
[11] Halis Gunel, M. Emre Ilgin, H. (2007). A proposal for the classification of structural systems of tall buildings. *Building and Environment*, Vol. 42, 2267-2675.
[12] Khalili, S. Meshkat-Dini, A. Keyvani, J. (2016). Nonlinear Dynamic Response of Hybrid Rigid Frame Skeletons in Near Fault. In: *4th National Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Management*. Tehran, Iran: Shahid Beheshti University.
[13] Road, Housing and Urban Development research Center, (2014). *Iranian Standard No. 2800. Iranian code of practice for seismic resistant design of buildings*. Tehran, Iran.
[14] Road, Housing and Urban Development research Center, (2014). *Iranian national building code: Design Loads for Buildings- Division 6*. Tehran, Iran: Publisher tosseh iran.
[15] Road, Housing and Urban Development research Center, (2014). *Iranian national building code: Design and Construction of Steel Structures – Division 10*. Tehran, Iran: Publisher tosseh iran.
[16] Sakai, Y. Yoshioka, S. Koketsu, K. et al. (2001). Investigation on indices of representing destructive power of strong ground motions to estimate damage to buildings based on the 1999 Chi-Chi earthquake, Taiwan. *Journal of Structural and Construction Engineering*, Vol. 549, 43–50.
[17] Rota, M. Penna, A. Strobbia, CL. (2008). Processing Italian damage data to derivetypological fragility curves. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 28, 933–947.
[18] Malhotra P.K. (1999). Response of buildings to near-field pulse-like ground motions. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 28, 1309-1326.
[19] Kurama, Y. C. Farrow, K. T. (2003). Ground motion scaling methods for different site conditions and structure characteristics. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 32, 2425-2450.
[20] Federal Emergency Management Agency, (1998). *FEMA 356*.
[21] Computers and Structures, Inc. (2000). *Analysis reference manual for Sap2000.* Berkeley-California, USA.