



رفتار دینامیکی غیرخطی قابهای فولادی برون محور تحت تاثیر زلزله‌های نزدیک گسل

فرهاد دانشجو^۱, بیت ا... بدرو^۲

چکیده

در این تحقیق رفتار قابهای فولادی برون محور ساختمانی (EBF) تحت تاثیر رکوردهای دور و نزدیک گسل مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای این منظور قابهای فولادی ساختمان بصورت دو بعدی با تعداد طبقات ۳، ۶ و ۱۲ مدل گردیده و برای هر یک طول تیر پیوند (۵, ۰, ۹ و ۰, ۷, ۰, ۵ پیوند) مختلف در نظر گرفته شده است. طراحی قابها براین اساس بوده است که در تیرهای پیوند مفصل برشی تشکیل شود.

رفتار دینامیکی غیرخطی (EBF) تحت اثر ۴ زوج رکورد دور و نزدیک گسل تحلیل گردیده‌اند. در هر دسته از قابها مقادیر تغییر مکان نسبی، تغییر مکان کلی طبقات، ضریب رفتار شکل پذیری، برش پایه و شکل پذیری مورد نیاز نظریه رکوردهای نزدیک و دور از گسل محاسبه گردیده و مقایسه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که نیاز شکل پذیری و نیاز تغییر مکانی رکوردهای نزدیک گسل بیشتر از مقادیر متناظر آنها در رکوردهای دور از گسل می‌باشد و ضریب تشدید برش پایه برای قابهای ۳ و ۶ و ۱۲ طبقه مورد بررسی به ترتیب برابر ۱.۶۵، ۱.۶۴ و ۱.۸۹ می‌باشد که حاکی از افزایش این ضریب با افزایش پریود ساختمان می‌باشد. همچنین حلقه پسماند نظری رکوردهای نزدیک گسل در تمام قابها نشان دهنده اعمال انرژی بالا در این رکوردها در مقایسه با رکوردهای دور از گسل می‌باشد.

کلمات کلیدی:

قاب مهاربندی شده برون محور، زمین‌لرزه نزدیک گسل، تغییر مکان نسبی طبقات، شکل پذیری مورد نیاز، RAMPerform-3DS

Nonlinear Dynamic Behavior of Eccentric Braced Steel Frames Under the Near-Fault Earthquakes

F.Daneshjoo, B.Badarloo

ABSTRACT

In this research are investigated the behavior of EBF frames subject to far-fault and near-fault earthquakes. For this purpose two dimensional models of EBF frames with 3, 6 and 12 stories and considering 3 different eccentricity/length ratio of (0.5, 0.7, 0.9) for each frame are modeled. Nonlinear dynamic behavior of EBF frames are investigated Under 4 pairs of far and near-fault records. Relative displacement, story displacement, coefficient R_u , base shear and ductility-demand are calculated and compared for near and far fault earthquakes. The research findings are: Ductility-demands and displacement-demands are larger for near-fault than those of far-fault. Recommended magnification factor for base shear in the 3, 6, and 12 story frames are 1.65, 1.64 and 1.89 respectively. Magnification factor of base shear is increased with an increase in structure's period. Hysteresis graphs show that more energy is applied in the near-fault earthquake with respect to far-fault earthquake.

Key words:

Eccentrically Braced Frames, Near-Fault Earthquake, Relative displacement, Ductility-Demand, RAMperform-3DS.

۱. دانشیار بخش عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران danesh f@modares.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری سازه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران badarloo@modares.ac.ir

فولادی به زمین لرزه نزدیک گسل» با سرمایه‌گذاری آژانس مدیریت بحرانی آمریکا (FEMA) ارائه کرد[۱]. بر اساس نتایج این تحقیق معلوم گردید که تنش غیرالاستیک عموماً در تیرها ایجاد شده ولی به میزان قابل توجهی تسلیم در ستونها نیز اتفاق می‌افتد. همچنین نتایج مقادیر جابجایی ۲۵٪ تحت رکوردهای مورد نظر برای هر دو قاب ۶ و ۲۰ طبقه حاکی از نیاز تغییر مکانی بالای رکوردهای مورد نظر به عنوان رکوردهای نزدیک گسل در مقایسه با محدودیت‌های آیین نامه‌های لرزه‌ای فعلی می‌باشد. همچنین در طی بررسی انجام شده در طی این تحقیق در خصوص تاثیر مولفه قائم این دسته از رکوردها معلوم گردید که مولفه قائم در این حالت، از تاثیر واهیت بیشتری برخوردار است. در پایان نتیجه گیری نموده‌اند که تاثیرات این دسته از زمین لرزه‌ها (رکوردهای نزدیک گسل) از تاثیرات زلزله‌های ارائه شده در آیین نامه‌ها بیشتر می‌باشند لذا به منظور در نظر گرفتن تاثیرات رکوردهای نزدیک گسل در آیین نامه‌های لرزه‌ای باید سطح نیروهای طراحی آیین نامه‌ها برای زمین لرزه‌های نزدیک گسل افزایش یابد[۱].

آثار زمین لرزه در نزدیکی گسل مخصوصاً در جهت پیشرو مسیر گسیختگی باعث بوجود آمدن خسارات شدیدی به سازه‌ها بخصوص سازه‌های با زمان تناوب بالا بعلت حرکتهای پالس گونه با پریود بلند می‌گردد که بطور تجربی Duzce, Chi-Chi, Kobe, Northridge و Kocaeli نیز مشاهده گردید و این امر باعث گردید که این عامل مهم بعنوان یکی از فاکتورهای تعیین کننده در علم شهرسازی نیز وارد گردید بطوریکه آقایان Rauch و Smolka در مقاله‌ای که در سال ۱۹۹۶ ارائه کردند با بررسی زمین لرزه Northridge کالیفرنیا در سال ۱۹۹۴ و Kobe را پن که از شهرهای مدرن و بزرگ دنیا به حساب می‌آیند و با بررسی خسارت بوجود آمده تحت اثر این زمین لرزه‌ها از جمله عوامل مهم و متعدد دخیل در انتخاب و توسعه شهرهای آتی و طراحی شهرهای بزرگ آتی عامل تاثیر نزدیکی به گسل و قرارگیری ساختمانها در مسیر گسیختگی

با توجه به تحقیقات انجام گرفته بر روی رکوردهای ثبت شده جنبش قوی زمین در نزدیکی گسل و تاثیر این نوع رکوردها بر روی سازه‌های مختلف نیاز توجه به این رکوردها و آثار آن بر روی سازه‌ها، در دو دهه اخیر اهمیت تحقیق بیشتری را به خود جلب نموده است. تحقیقات انجام گرفته در این زمینه عمدتاً به ۲ دسته تقسیم می‌گردد دسته اول مجموعه‌ای از تحقیقات است که بر روی رکوردهای ثبت شده ناشی از جنبش قوی زمین در نزدیکی گسل و مشخصات و پارامترهای مختلف مربوط به رکوردهای نزدیک گسل انجام گرفته است و با جمع‌بندی دقیق و جامع روی اطلاعات بدست آمده از رکوردهای ثبت شده زمین لرزه‌ها در نزدیکی گسل اطلاعات کامل و قابل استفاده ای جهت بررسی رفتار سازه‌ها تحت اثر این نوع رکوردها در اختیار محققان و کارشناسان قرار می‌دهد. دسته دوم مجموعه تحقیقاتی است که مربوط به بررسی رفتار سازه‌های مختلف تحت اثر رکوردهای نزدیک گسل می‌باشد. مشخصات زلزله‌های نزدیک گسل به دلیل خواص امواج برಶی و تجمع آثار این امواج در جلوی مسیر گسیختگی تفاوت‌هایی با مشخصات زلزله‌های دور از گسل دارند. وجود حرکت پالس گونه با پریود بلند در ابتدای رکوردها، بزرگ‌تر بودن مولفه عمود بر جهت گسل نسبت به مولفه موازی گسل، تجمع انرژی و انتقال آن در مدت زمان کوتاه، اعمال نیروی ضربه گونه بر سازه‌های موجود در مسیر پیشرو گسیختگی، نسبت بیشینه سرعت به بیشینه شتاب بالا وجود بیشینه شتاب و سرعت و جابجایی بالاتر از تفاوت‌های حائز اهمیت رکوردهای زلزله‌های نزدیک گسل می‌باشد[۱].

در زلزله‌های Kobe 1995، Northridge 1994، پس از سیاری از سازه‌های مدرن دچار تخریب کلی یا آسیب دیدگی جدی شدند که پس از تحقیقات فراوان، قسمت عمده خرابی‌های ناشی از این دو زلزله به اثرات زمین لرزه‌های نزدیک گسل نسبت داده شد. John F. Hall گزارشی طولانی تحت عنوان « مطالعه پارامتری پاسخ قابهای خمی



پاسخ) فرآیندی را بیان می‌کند که دارای توزیع نسبتاً یکنواختی از انرژی در طول مدت جنبش می‌باشد. لذا زمانی که انرژی در چند پالس از حرکت مرکز می‌شود، پدیده تشدید که تصور می‌شود طیف پاسخ بایستی ارائه دهد به قدر کافی زمان برای شکل گیری ندارد [۶].

همچنین خسارتهای ایجاد شده در سازه‌ها، در اثر زلزله‌های Kobe 1995، (Mw=6.7) Northridge 1994 و Izmit 1999 نشان داد که اختلافات فاحشی بین پاسخ سازه‌ها در برابر زمین‌لرزه‌های دور و نزدیک گسل وجود دارد [۷].

تحقیقات و بررسی‌های انجام شده پس از وقوع زلزله‌های Kobe 1995 و Northridge 1994 نشان داد که نیاز تغییر مکانی زلزله‌های نزدیک گسل بسیار بالا می‌باشد. این امر ناشی از اعمال یک انرژی حجمی در یک مدت زمان کوتاه توسط رکوردهای نزدیک گسل می‌باشد. در این حالت رفتار سازه به گسترش موج در محیط پیوسته الاستو-پلاستیک شبیه می‌باشد [۸].

به دلیل نیاز تغییر مکانی بالای زلزله‌های نزدیک گسل سازه‌هایی که بر طبق نیروهای پایه معمولی ارائه شده در آین نامه‌های لرزه‌ای فعلی طراحی شده‌اند به هیچ وجه نمی‌توانند تأمین کننده این نیاز تغییر مکانی بالا باشند [۷]. لذا لزوم بررسی و شناخت رکوردهای نزدیک گسل و گنجاندن تاثیرات این رکوردها در آین نامه‌های لرزه‌ای و بهبود ظرفیت سازه‌ها برای نیازهای بالای تغییر مکان حاصل از زمین‌لرزه‌های نزدیک گسل موضوع تحقیقات دهه اخیر بوده است. در راستای نیاز و ضرورت مذکور، آین نامه UBC97 تاثیرات رکوردهای نزدیک گسل را با ارائه یک سری ضرایب بزرگنمایی در نظر می‌گیرد که این سری ضرایب بزرگنمایی در نواحی نزدیک گسل در روابط مربوط به روش استاتیکی معادل و طیف طرح آین نامه اعمال می‌گردد و ضرورت دارد که در استاندارد ۲۸۰۵ ایران نیز با انجام تحقیقات وسیع تری، تاثیرات این گونه زلزله‌ها گنجانده شود.

گسل را معرفی نمود [۲].

ارائه روشهای اصلاحی کدهای آین نامه‌ای و استفاده از روشهای آسانتر برای اصلاح طیف پاسخ سازه‌ها نیز از زمینه‌های تحقیقاتی دیگری است که تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفته است از جمله تحقیقی است که Iwan در سال ۱۹۹۶ برای اصلاح طیف پاسخ جابجایی سازه‌ها ارائه کرده‌اند که در این تحقیق یک معیار جدید برای طیف تقاضای سازه‌ها تحت اثر جنبش قوی زمین تحت اثر زمین‌لرزه‌ها ارائه نموده است [۳].

آقایان Andre Filiatralt در سال ۱۹۹۸ در تحلیل دینامیکی غیر خطی، قابلیت جذب انرژی قابهای خمشی فولادی را جهت بررسی رفتار واقعی قابهای خمشی فولادی با استفاده از یک سازه معمولی ۶ طبقه مورد تحلیل قرار داد. تحلیل انجام یافته بر روی یک سازه معمولی ۶ طبقه با قاب خمشی فولادی که بر اساس کدهای آین نامه ای رایج طراحی شده است انجام گرفته است. سازه مذکور با دو سیستم میراگر متفاوت تحت اثر جنبش زمین که نماینده شرایط نزدیک گسل هستند تحت رکوردهای بدست آمده در منطقه لس آنجلس با یک احتمال وقوع ۱۰ درصد در ۵۵ سال قرار گرفته و رفتار هر دو سیستم برای جذب انرژی و استهلاک انرژی توسط سیستم بررسی شده است [۴].

تحقیق دیگری در سال ۱۹۹۹ توسط Nicolas Allin Cornell بر روی گسیختگی اتصالات قابهای خمشی فولادی انجام گرفته است. در این تحقیق در ابتدا گسیختگی اتصالات قابهای خمشی تحت اثر رکوردهای جنبش زمین در نزدیکی گسل بررسی گردیده و در ادامه روشهایی برای بهبود بخشیدن رفتار اتصالات در قابهای فولادی خمشی در برابر جنبش‌های زمین در نزدیکی گسل ارائه شده است [۵].

تحقیقات انجام شده در مورد پاسخ سازه در برابر زلزله‌های نزدیک گسل بیانگر این مطلب می‌باشد که آنالیز مبتنی بر تاریخچه زمانی از آنالیز طیف پاسخ بهتر است، زیرا که مشخصات حوزه فرکانسی زمین‌لرزه (طی طیف

جدول (۱): نتایج طراحی قاب برون محور ۱۲ طبقه

ردیف	المان	نوع مقطع
۱	تیر پیوند طبقات ۳ و ۲ و ۱	IPE220×PL2
۲	تیرهای خارج پیوند طبقات ۳ و ۲ و ۱	IPE220×PL8
۳	تیرهای دهانه‌های کناری (دهانه‌های بادبندی نشده) طبقات ۳ و ۲ و ۱	IPE240
۴	ستونهای میانی طبقات ۳ و ۲ و ۱	IPB400
۵	ستونهای کناری طبقات ۳ و ۲ و ۱	IPB160
۶	بادبندهای طبقات ۳ و ۲ و ۱	2UPN120
۷	تیر پیوند طبقات ۶ و ۵ و ۴	IPE220×PL2
۸	تیرهای خارج پیوند طبقات ۶ و ۵ و ۴	IPE220×PL8
۹	تیرهای دهانه‌های کناری (دهانه‌های بادبندی نشده) طبقات ۶ و ۵ و ۴	IPE240
۱۰	ستونهای میانی طبقات ۶ و ۵ و ۴	IPB300
۱۱	ستونهای کناری طبقات ۶ و ۵ و ۴	IPB140
۱۲	بادبندهای طبقات ۶ و ۵ و ۴	2UPN120
۱۳	تیر پیوند طبقات ۶ و ۵ و ۴	IPE160×PL8
۱۴	تیرهای خارج پیوند طبقات ۹ و ۸ و ۷	IPE160×PL14
۱۵	تیرهای دهانه‌های کناری (دهانه‌های بادبندی نشده) طبقات ۹ و ۸ و ۷	IPE240
۱۶	ستونهای میانی طبقات ۹ و ۸ و ۷	IPB220
۱۷	ستونهای کناری طبقات ۹ و ۸ و ۷	IPB120
۱۸	بادبندهای طبقات ۹ و ۸ و ۷	2UPN100
۱۹	تیر پیوند طبقات ۱۲ و ۱۱ و ۱۰	IPE140×PL8
۲۰	تیرهای خارج پیوند طبقات ۱۰ و ۱۱ و ۱۲	IPE140×PL16
۲۱	تیرهای دهانه‌های کناری (دهانه‌های بادبندی نشده) طبقات ۱۰ و ۱۱ و ۱۲	IPE240
۲۲	ستونهای میانی طبقات ۱۲ و ۱۱ و ۱۰	IPB160
۲۳	ستونهای کناری طبقات ۱۰ و ۱۱ و ۱۲	IPB100
۲۴	بادبندهای طبقات ۱۰ و ۱۱ و ۱۲	2UPN100

این جمله که «بطور کلی باید از احداث ساختمان در مجاورت گسل‌های فعال و محل هایی که احتمال بوجود آمدن شکستگی در سطح زمین هنگام زلزله وجود دارد، اجتناب شود. در مواردی که احداث ساختمان در چنین مکانهایی اجتناب ناپذیر باشد، علاوه بر رعایت این آیین نامه باید تمهیدات ویژه‌ای که کارشناسان مشخص می‌کنند منظور شود» اکتفا می‌کند.^[۹].

در تحقیق حاضر رفتار قاب‌های EBF تحت تاثیر زلزله‌های نزدیک گسل در مقایسه با زلزله‌های دور از گسل بررسی و تحلیل شده است. بدین منظور قابهای مورد بررسی را توسط نرم افزار RAMperform-3DS مدل کرده و تحت اثر ۴ زوج رکورد دور و نزدیک گسل آنالیز دینامیکی غیر خطی شده‌اند. که در مورد هر دسته از قابها مقادیر تغییر مکان نسبی، تغییر مکان کلی طبقات، ضریب R_{μ} ، برش پایه و شکل پذیری مورد نیاز نظری رکوردهای نزدیک گسل با مقادیر مربوطه در رکوردهای دور از گسل مقایسه شده و نتایج حاصل مورد بحث و تفسیر واقع شده است.

۲) مدل قابهای EBF

در این تحقیق قابهای EBF ۳ دهانه، ۳ طبقه به عنوان قابهای با تعداد طبقات پایین و ۶ طبقه به عنوان قابهای با تعداد طبقات متوسط و ۱۲ طبقه به عنوان قابهای با تعداد طبقات بالا با ارتفاع یکسان ۳ متر برای تمام طبقات انتخاب شده‌اند که هر یک از قابهای مذکور پس از مدلسازی و طراحی بر اساس اصول طرح ظرفیت و بر طبق ضوابط آیین نامه UBC-ASD97 توسط نرم افزار غیر خطی RAMperform-3DS برای ۳ طول تیر پیوند مختلف (۵ و ۷ و ۹ و ۱۰ و ۱۵)، که طول تیر پیوند و e_{crit}

حداکثر طول تیر پیوند است که قاب EBF می‌تواند رفتار برشی داشته باشد) تحت رکوردهای دور و نزدیک گسل مورد نظر تحلیل غیر خطی تاریخچه زمانی شده‌اند. به عنوان نمونه هندسه و ابعاد قاب ۳ طبقه در شکل (۱) نشان داده شده است، همچنین در جداول (۱) الی (۳) مشخصات قابهای مورد بررسی ارائه شده است.

در آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰)، در مورد زلزله‌های نزدیک گسل هیچگونه تمهیداتی در نظر گرفته نشده است و تنها به بیان



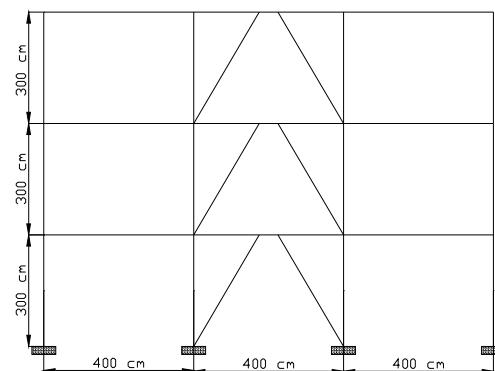
جدول (۳): نتایج طراحی قاب برون محور ۶ طبقه

ردیف	المان	نوع مقطع
۱	تیر پیوند طبقات ۱ و ۲	IPE160×PL8
۲	تیرهای خارج پیوند طبقات ۱ و ۲	IPE160×PL12
۳	تیرهای دهانه‌های کاری (دهانه‌های بادبندی نشده) طبقات ۱ و ۲	IPE240
۴	ستونهای میانی طبقات ۱ و ۳	IPB220
۵	ستونهای کاری طبقات ۱ و ۳	IPB120
۶	بادبندهای طبقات ۱ و ۳	2UPN100
۷	تیر پیوند طبقات ۴ و ۵	IPE140×PL8
۸	تیرهای خارج پیوند طبقات ۴ و ۵ و ۶	IPE140×PL14
۹	تیرهای دهانه‌های کاری (دهانه‌های بادبندی نشده) طبقات ۴ و ۵ و ۶	IPE240
۱۰	ستونهای میانی طبقات ۴ و ۵ و ۶	IPB160
۱۱	ستونهای کاری طبقات ۴ و ۵ و ۶	IPB100
۱۲	بادبندهای طبقات ۴ و ۵ و ۶	2UPN100

قبها برای طول متفاوت تیر پیوند تحلیل مودال شده‌اند که مشخصات پریودی این قبها در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول (۲): نتایج طراحی قاب برون محور ۳ طبقه

ردیف	المان	نوع مقطع
۱	تیر پیوند طبقات	IPE140×PL8
۲	تیرهای خارج پیوند طبقات	IPE140×PL12
۳	تیرهای دهانه‌های کاری (دهانه‌های بادبندی نشده)	IPE240
۴	ستونهای میانی طبقات	IPB160
۵	ستونهای کاری طبقات	IPB100
۶	بادبندهای طبقات	2UPN100



شکل (۱): هندسه قاب ۲ بعدی ۳ دهانه.

جدول (۴): مشخصات پریودی قباهای مورد بررسی.

ضریب مشارکت جرمی مود اول	T1	$\frac{e}{e_{crit}}$	تعداد طبقات
%88.93	0.398	0.9	۳ طبقه
%89.64	0.359	0.7	
%90.13	0.323	0.5	
%78.99	0.797	0.9	۶ طبقه
%80.39	0.734	0.7	
%81.51	0.680	0.5	
%69.46	1.556	0.9	۱۲ طبقه
%68.89	1.5	0.7	
%68.32	1.452	0.5	

۳- شتاب‌نگاشتهای زلزله‌های دور و نزدیک گسل

شده‌اند. شتاب‌نگاشتهای مذکور برای استفاده در تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی بر اساس روش ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰ مقیاس شده‌اند.

۴ زوج شتاب‌نگاشت دور و نزدیک گسل انتخاب شده‌اند که همه رکوردهای مورد بررسی در خاک نوع ۲ (بر اساس تقسیم‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ ایران) ثبت شده‌اند، که این شتاب‌نگاشتهای به همراه مشخصاتشان در جدول (۵) ارائه

جدول (۵): مشخصات رکوردهای مورد بررسی.

زلزله	فاصله (KM)	نوع زلزله	شرایط سایت	M_W	PGA $\frac{cm}{s^2}$	PGV $\frac{cm}{s}$	PGD cm
Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	6.95	نزدیک گسل	Soil	7.6	949	107.5	18.6
Landers 1992/06/28 11:58	5.7	نزدیک گسل	Soil	7.3	789.7	180.2	300.5
Northridge 1994/01/17 12:31	8.2	نزدیک گسل	Soil	6.7	424.8	51.5	7.2
Tabas, Iran 1978/09/16	3	نزدیک گسل	Soil	7.4	835.8	121.4	94.6
Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	24.06	دور از گسل	Soil	7.6	502.3	39	14.3
Landers 1992/06/28 11:58	11.6	دور از گسل	Soil	7.3	278.6	43.2	14.5
Northridge 1994/01/17 12:31	17.7	دور از گسل	Soil	6.7	154.0	14.5	4.29
Tabas, Iran 1978/09/16	17	دور از گسل	Soil	7.4	398.3	26.5	8.75

شکل پذیری سراسری سازه می باشد و به کمک نتایج آنالیز

بار افزون محاسبه می شود، مطابق رابطه $\mu_s = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_y}$ برابر با نسبت حداکثر تغییر مکان جانبی Δ_{MAX} به تغییر مکان حد جاری شدن Δ_y محاسبه می گردد Δ_y برابر تغییر مکان جانبی معادل نقطه اتصال دو قسمت منحنی رفتاری ایده آل سازی شده می باشد. نتایج حاصل از تحلیل بار افزون در جدول (۶) ارائه شده است.

۶- تحلیل های دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی مدل های درنظر گرفته شده در این تحقیق توسط نرم فزار RAMPerfrom-3DS تحت رکوردهای دورونزدیک گسل انتخابی آنالیز غیرخطی تاریخچه زمانی شده اند. تغییر مکان کلی طبقات، تغییر مکان نسبی طبقات، ضریب زلزله، R_s ، μ و رفتار هیسترزیس قابها در این تحقیق بررسی شده و نتایج برای رکوردهای دور و نزدیک گسل مقایسه شده اند.

۶-۱- تغییر مکانها

نتایج تغییر مکان کلی و تغییر مکان نسبی طبقات برای تمام قابهای ۳، ۶، ۱۲ و ۲۶ طبقه و با نسبت $\frac{e}{e_{crit}}$ متفاوت محاسبه گردیده و نمودار تغییر مکان ماکریزم قابها درارتفاع برای زلزله های مختلف دور و نزدیک گسل ترسیم گردیده اند. اشکال (۵) الی (۱۰) برخی از این نمودارها را به عنوان

۴- تحلیل بار افزون استاتیکی غیرخطی

روش آنالیز بار افزون امروزه به یک شیوه متداول و مطلوب جهت ارزیابی رفتار لرزه های سازه های مختلف تبدیل گشته است. از آنالیز های بار افزون انتظار می رود که اطلاعات مناسبی از نیازهای لرزه های که طی زمین لرزه سطح طراحی به سیستم سازه های و اجزای آن اعمال می گردد ارائه نماید. از نکات حائز اهمیت در این آنالیز، میزان دقت پیش بینی های انجام گرفته و شرایطی است که آنالیز مذکور می تواند تحت آنها به تخمین های بهتری از نیازهای لرزه های اعمال شده به سازه منجر شود.

در این تحقیق برای انجام آنالیز های بار افزون برای تعریف نقطه نهایی آنالیز، از محدودیت تغییر مکان نسبی ارائه شده توسط آئین نامه FEMA273 که برابر ۲ درصد ارتفاع طبقه می باشد استفاده شده است. نتایج تحلیل بار افزون برخی از قاب ها در شکل های ۲ الی ۴ به عنوان نمونه ارائه گردیده است.

نتایج نشان می دهد که برای قابهای با طول پیوند $0.9e_{crit}$ و محدودیت Drift٪ ۰.۷ e_{crit} حاکم بوده ولی برای قابهای با طول پیوند $0.5e_{crit}$ ناپایداری قاب قبل از تغییر مکان نسبی٪ ۰.۲ واقع شده و تعریف کننده نقطه نهایی بوده است.

۵- ضریب شکل پذیری کلی سازه (μ_s)

ضریب شکل پذیری کلی سازه که بیانگر ظرفیت



گسل اهمیت می‌یابد.
محادودیت تغییر مکان نسبی غیر خطی در آیین نامه استاندارد ۲۸۰۵ ایران برابر با $0.4R$ برابر تغییر مکان حاصل از تحلیل استاتیکی معادل و در آیین نامه UBC حاصل از تحلیل استاتیکی معادل و در آیین نامه

نمونه نشان می‌دهد. از این نمودارها نتیجه می‌شود که تغییر مکان کالی و نسبی طبقات ناشی از رکوردهای نزدیک گسل در مقایسه با رکوردهای دور از گسل تفاوت زیادی دارد و لذا لزوم در نظر گرفتن تاثیرات رکوردهای نزدیک

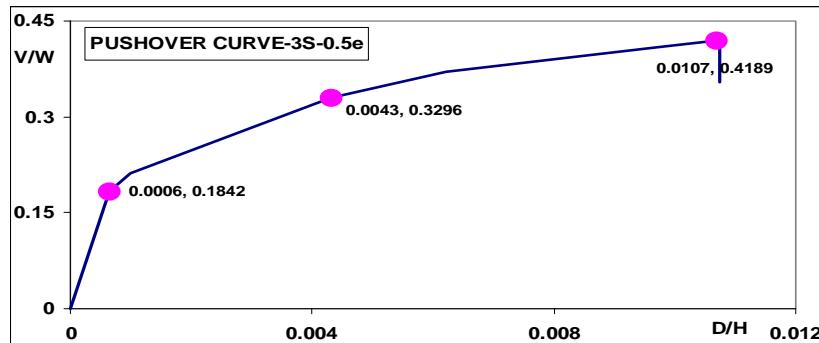
جدول (۶): نتایج شکل پذیری قابهای مورد بررسی.

تعداد طبقه	$\frac{e}{e_{crit}}$	Δ_S	Δ_y	Δ_{Max}	μ_S
۳ طبقه	0.9	1.035	1.587	18	11.34
	0.7	0.847	1.183	15.173	12.8
	0.5	0.699	0.976	12.038	12.3
۶ طبقه	0.9	2.647	3.898	36	9.2
	0.7	2.294	3.371	36	10.7
	0.5	2.020	2.742	27.072	9.9
۱۲ طبقه	0.9	7.199	11.895	72	6.05
	0.7	7.199	11.193	72	6.4
	0.5	7.198	10.13	56.05	5.5

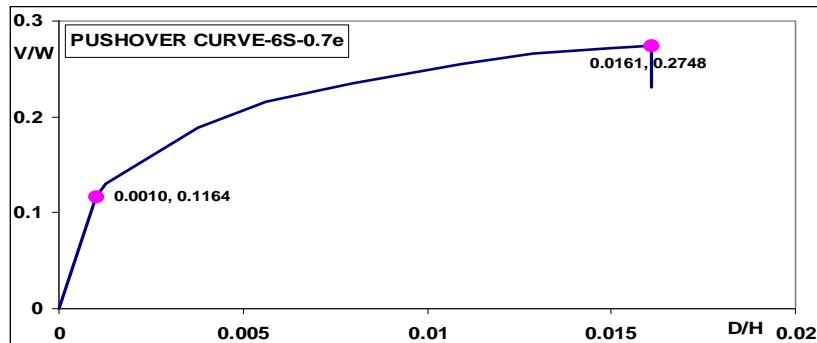
برابر با $R = 0.7R$ برابر تغییر مکان حاصل از تحلیل استاتیکی معادل می‌باشد. با توجه به نتایج ارائه شده در جداول (۷) الی (۹) مشخص است که ماکزیمم تغییر مکان نسبی در رکوردهای نزدیک گسل برای قابهای ۳، ۶ و ۱۲ طبقه به ترتیب برابر با % 3.477، 3.963 و % 2.01 و ماکزیمم تغییر مکان نسبی در رکوردهای دور از گسل برای قابهای ۳، ۶ و ۱۲ طبقه به ترتیب برابر با % 1.101، 0.853 و 0.98% می‌باشد، همچنین ماکزیمم نسبت تغییر مکان رکوردهای نزدیک گسل به رکوردهای دور از گسل برای قابهای ۳، ۶ و ۱۲ طبقه به ترتیب برابر 8.9، 4.9 و 5.9 می‌باشد که نشان دهنده نیاز تغییر مکانی بیشتر در قابهای (کوتاه، متوسط و بلند) تحت رکوردهای نزدیک گسل در مقایسه با رکوردهای دور از گسل می‌باشد.

۲-۶- برش پایه

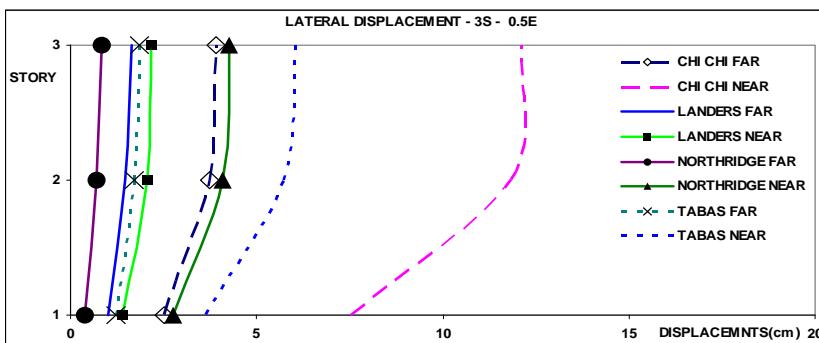
آیین نامه UBC97 به منظور در نظر گرفتن تاثیر رکوردهای نزدیک گسل در روش تحلیل استاتیکی معادل اقدام به ارائه ضرایب نموده است که این ضرایب در جدول (۱۰) نشان داده شده‌اند.



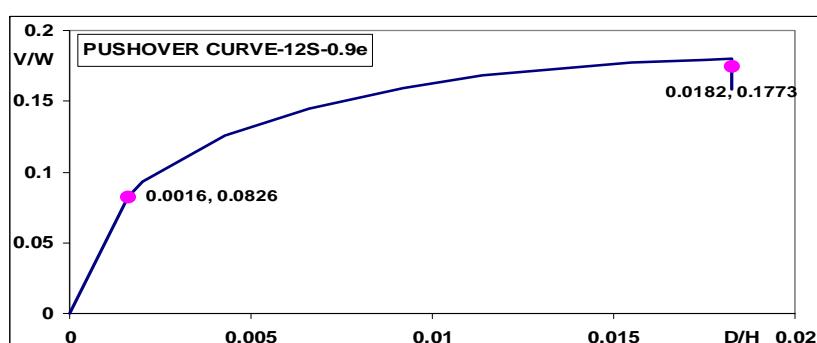
شکل (۳): نمودار پوش آور قاب .6s - 0.7e



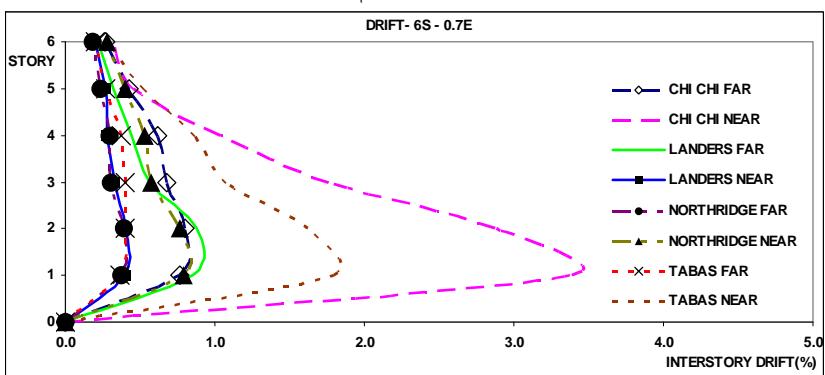
شکل (۲): نمودار پوش آور قاب .3s - 0.5e



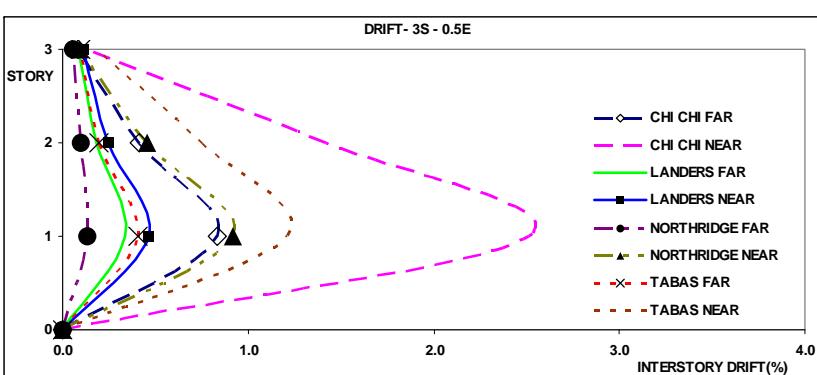
شکل (۵): نمودار تغییر مکان ماکریم قاب .3s - 0.5e



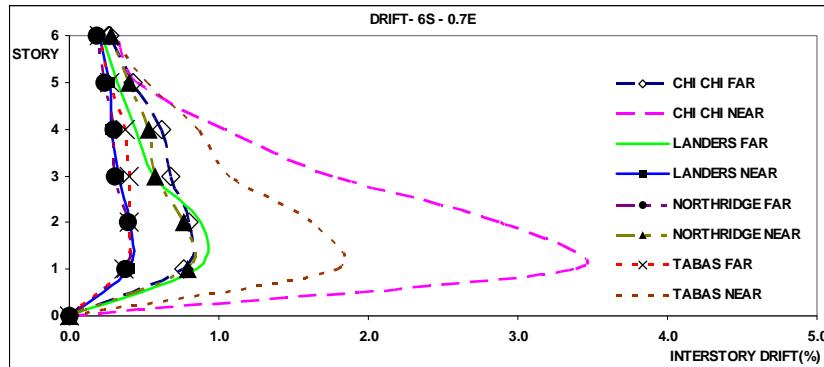
شکل (۴): نمودار پوش آور قاب .12s - 0.9e



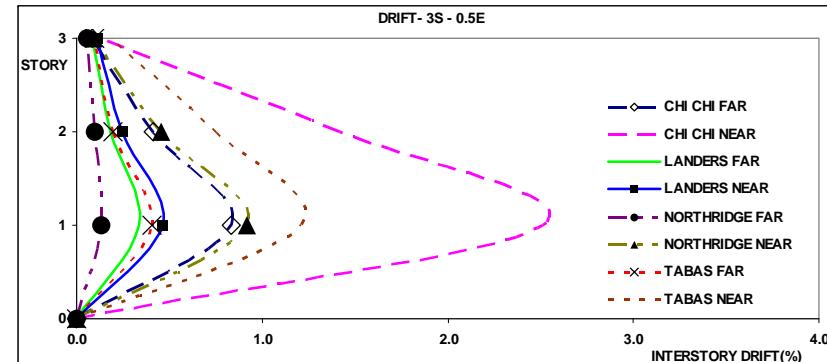
شکل (۷): نمودار تغییر مکان ماکریم قاب .12s - 0.9e



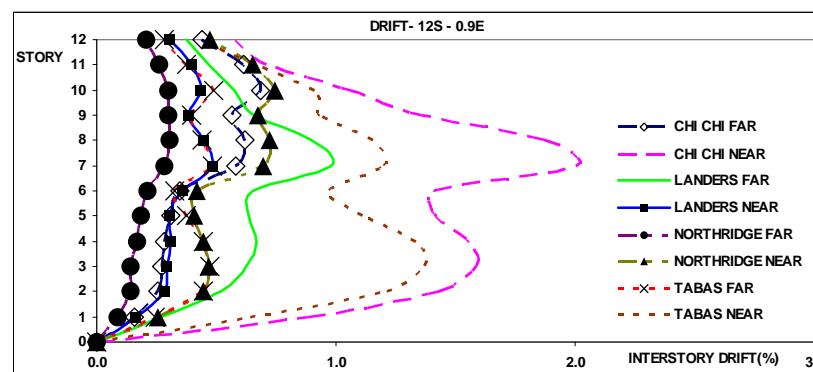
شکل (۶): نمودار تغییر مکان ماکریم قاب .6s - 0.7e



شکل (۹): نمودار تغییر مکان نسبی ماکزیمم قاب .6s – 0.7e.



شکل (۸): نمودار تغییر مکان نسبی ماکزیمم قاب .3s – 0.5e.



شکل (۱۰): نمودار تغییر مکان نسبی ماکزیمم قاب .12s – 0.9e

برابر ۱,۶۴ و ۱,۸۹ توصیه می‌گردد که این اعداد تطابق ضمنی خوبی با ضرایب تشدید ارائه شده توسط آین نامه UBC97 دارد.

و در محدوده بررسی این تحقیق ضریب تشدید برش پایه، به منظور در نظر گرفتن تاثیرات رکوردهای نزدیک گسل برای قابهای ۱۲ و ۱۳ طبقه به ترتیب

نسبت برش پایه رکورد نزدیک گسل به رکورد دور از گسل برای قابهای مورد بررسی در جداول (۱۱) الی (۱۳) آورده شده‌اند که با توجه به اعداد ارائه شده در این جدول

جدول (۷): ماکزیمم تغییر مکان نسبی قابهای ۳ طبقه

		CHI-CHI		LANDERS		NORTHRIDGE		TABAS		$0.4R \times \Delta_S$	$0.7R \times \Delta_S$
		FAR	NEAR	FAR	NEAR	FAR	NEAR	FAR	NEAR		
3S-0.5e	MAX .DRIFT(%)	0.834	2.513	0.335	0.460	0.130	0.917	0.407	1.212	0.161	0.282
	NO. STORY	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3S-0.7e	MAX . DRIFT(%)	0.981	3.010	0.417	0.465	0.120	1.070	0.488	1.378	0.202	0.354
	NO. STORY	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3S-0.9e	MAX . DRIFT(%)	1.101	3.447	0.454	0.488	0.233	1.209	0.625	1.676	0.253	0.443
	NO. STORY	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

جدول (۸): ماکزیمم تغییر مکان نسبی قابهای ۶ طبقه

		CHI-CHI		LANDERS		NORTHRIDGE		TABAS		$0.4R \times \Delta_S$	$0.7R \times \Delta_S$
		FAR	NEAR	FAR	NEAR	FAR	NEAR	FAR	NEAR		
6S-0.5e	MAX .DRIFT(%)	0.595	2.775	0.81	0.404	0.344	0.74	0.335	1.592	0.319	0.558
	NO. STORY	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4
6S-0.7e	MAX . DRIFT(%)	0.764	3.392	0.853	0.403	0.376	0.793	0.368	1.8	0.365	0.639
	NO. STORY	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
6S-0.9e	MAX . DRIFT(%)	0.794	3.963	0.739	0.509	0.413	0.782	0.498	1.96	0.433	0.758
	NO. STORY	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

جدول (۹): ماکزیمم تغییر مکان نسبی قابهای ۱۲ طبقه

		CHI-CHI		LANDERS		NORTHRIDGE		TABAS		$0.4R \times \Delta_S$	$0.7R \times \Delta_S$
		FAR	NEAR	FAR	NEAR	FAR	NEAR	FAR	NEAR		
12S-0.5e	MAX .DRIFT(%)	0.53	1.851	0.701	0.45	0.33	0.63	0.43	1.08	0.71	1.236
	NO. STORY	7	7	7	7	7	7	7	7	11	11
12S-0.7e	MAX . DRIFT(%)	0.56	1.921	0.83	0.46	0.30	0.67	0.43	1.16	0.751	1.314
	NO. STORY	7	7	7	7	7	7	7	7	11	11
12S-0.9e	MAX . DRIFT(%)	0.58	2.01	0.98	0.48	0.28	0.70	0.48	1.20	0.80	1.404
	NO. STORY	7	7	7	7	7	7	7	7	11	11

جدول (۱۰): ضریب نزدیکی به حوزه (N_v)

SEISMIC SOURCE TYPE	CLOSEST DISTANCE TO KNOW SEISMIC			
	$\leq 2km$	5km	10km	15km
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

جدول (۱۱): نتایج نسبت برش پایه رکورد نزدیک به رکورد دور زلزله‌های مورد بررسی برای قاب ۳ طبقه

	CHI-CHI	LANDERS	NORTHRIDGE	TABAS
3S-0.5e	1.55	1.31	1.8	1.6
3S-0.7e	1.47	1.21	2	1.6
3S-0.9e	1.39	1.20	1.85	1.56
Average	1.47	1.24	1.88	1.59

جدول (۱۲): نتایج نسبت برش پایه رکورد نزدیک به رکورد دور زلزله‌های مورد بررسی برای قاب ۶ طبقه

	CHI-CHI	LANDERS	NORTHRIDGE	TABAS
6S-0.5e	1.93	1.34	1.4	1.82
6S-0.7e	1.75	1.40	1.38	1.76
6S-0.9e	1.76	1.53	1.3	1.65
Average	1.81	1.42	1.36	1.74

جدول (۱۳): نتایج نسبت برش پایه رکورد نزدیک به رکورد دور زلزله‌های مورد بررسی برای قاب ۱۲ طبقه

	CHI-CHI	LANDERS	NORTHRIDGE	TABAS
12S-0.5e	2.2	1.72	1.76	1.56
12S-0.7e	2.23	1.51	1.95	1.62
12S-0.9e	2	1.40	2	1.7
Average	2.14	1.54	1.90	1.63



۳-۶- شکل پذیری

افزون) مقایسه شده است. نتایج بیانگر این است که قابهای مورد بررسی که بر اساس ضوابط آیین نامه UBC97 طراحی شده‌اند، نیاز شکل پذیری رکوردهای دور از گسل را به خوبی تامین می‌کنند، در صورتی که در تمام موارد نیاز به شکل پذیری رکوردهای نزدیک گسل بیشتر از شکل پذیری ظرفیت قابهای مورد بررسی می‌باشد.

Δ نظری اولین نقطه تسلیم درسازه است. شکل پذیری محاسبه شده بدین طریق شکل پذیری نیاز قاب مورد نظر، تحت رکورد زلزله مربوطه می‌باشد. در جداول (۱۴) الی (۱۶) شکل پذیری نیاز نظری هر دو دسته از رکوردهای دور و نزدیک گسل با مقدار شکل پذیری موجود (ظرفیت) قابهای مورد بررسی (شکل پذیری حاصل از آنالیز بار

جدول (۱۴): مقایسه شکل پذیری نیاز و موجود قابهای ۳ طبقه

	شکل پذیری ظرفیت	شکل پذیری تقاضا		نسبت شکل پذیری تقاضا به ظرفیت	
		FAR	NEAR	FAR	NEAR
CHI-CHI	3S-0.5E	12.3	5.7	18.1	0.46
	3S-0.7E	12.8	5.3	17.8	0.41
	3S-0.9E	11.34	5.1	18.3	0.45
LANDERS	3S-0.5E	12.3	2.6	4.5	0.21
	3S-0.7E	12.8	3	3.5	0.23
	3S-0.9E	11.34	2.4	3.3	0.21
NORTHridge	3S-0.5E	12.3	1.5	6.5	0.12
	3S-0.7E	12.8	1	6.3	0.08
	3S-0.9E	11.34	1.5	3.4	0.13
TABAS	3S-0.5E	12.3	2.6	8	0.21
	3S-0.7E	12.8	2.7	10.6	0.21
	3S-0.9E	11.34	2.7	8	0.24

جدول (۱۵): مقایسه شکل پذیری نیاز و موجود قابهای ۶ طبقه

	شکل پذیری ظرفیت	شکل پذیری تقاضا		نسبت شکل پذیری تقاضا به ظرفیت	
		FAR	NEAR	FAR	NEAR
CHI-CHI	6S-0.5E	9.2	5.3	10.9	0.58
	6S-0.7E	10.7	6.4	11.5	0.60
	6S-0.9E	9.9	4.3	12.6	0.43
LANDERS	6S-0.5E	9.2	5	2.2	0.54
	6S-0.7E	10.7	4.8	1.9	0.45
	6S-0.9E	9.9	3.7	2.3	0.37
NORTHridge	6S-0.5E	9.2	1.7	4.5	0.18
	6S-0.7E	10.7	1.5	6.2	0.14
	6S-0.9E	9.9	1.6	6.4	0.16
TABAS	6S-0.5E	9.2	2.6	12.2	0.28
	6S-0.7E	10.7	2	12.5	0.19
	6S-0.9E	9.9	2.5	12.8	0.25

جدول (۱۶): مقایسه شکل پذیری نیاز و موجود قابهای ۱۲ طبقه

	شکل پذیری ظرفیت	شکل پذیری تقاضا		نسبت شکل پذیری تقاضا به ظرفیت	
		FAR	NEAR	FAR	NEAR
CHI-CHI	12S-0.5E	9.2	5.3	10.9	0.58
	12S-0.7E	10.7	6.4	11.5	0.60
	12S-0.9E	9.9	4.3	12.6	0.43
LANDERS	12S-0.5E	9.2	5	2.2	0.54
	12S-0.7E	10.7	4.8	1.9	0.45
	12S-0.9E	9.9	3.7	2.3	0.37
NORTHridge	12S-0.5E	9.2	1.7	4.5	0.18
	12S-0.7E	10.7	1.5	6.2	0.14
	12S-0.9E	9.9	1.6	6.4	0.16
TABAS	12S-0.5E	9.2	2.6	12.2	0.28
	12S-0.7E	10.7	2	12.5	0.19
	12S-0.9E	9.9	2.5	12.8	0.25

۴-۶- حلقه‌های پسماند

پاسخ تاریخچه زمانی برش پایه نسبت به تغییر مکان بام (حلقه پسماند) برای قابهای ۱۲ و ۳ طبقه با طول تیر پیوند $0.7e_{crit}$ برای رکوردهای دورونزدیک زلزله‌های TABAS و Chi-Chi اشکال (۱۱) الی (۱۳) نشان داده شده‌اند. با توجه به این شکلها مشخص است که انژری تحمیلی ناشی از رکوردهای نزدیک گسل در مقایسه با رکوردهای دوراز گسل خیلی زیاد می‌باشد و لذا به منظور مقابله با این انژری تحمیلی نیاز به سازه‌ای با شکل پذیری بالا می‌باشد.

۷- نتیجه‌گیری

۱- نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با توجه به مشخصات ویژه رکوردهای نزدیک گسل، سازه‌ها رفتار متفاوتی را تحت اثر این رکوردها از خود نشان می‌دهند. هر چند نتایج عددی بدست آمده در این تحقیق کاملاً به مشخصات قابهای طراحی شده و رکوردها و سایر عوامل از جمله شرایط ساختگاهی سایت بستگی دارد ولی با این وجود بطور کل می‌توان این نتیجه را که سازه‌ها تحت اثر این رکوردها رفتار متفاوتی دارند را قبول نمود.

۲- نیاز تغییر مکانی رکوردهای نزدیک گسل در مقایسه با نیاز تغییر مکانی رکوردهای دور از گسل بیشتر بوده، ماکریم تغییر مکان نسی تحقیق رکوردهای نزدیک گسل در قابهای ۳ و ۶ طبقه در طبقه اول و در قابهای ۱۲ طبقه در طبقات میانی (طبقه ۷) رخ می‌دهد. علت این امر بدان دلیل است که با افزایش $\frac{T_P}{T}$ در مدلها، میزان مشارکت و تأثیر مدهای بالاتر در پاسخ سازه بیشتر

می‌شود. بنابراین محتوی فرکانسی بالای زلزله‌های نزدیک

گسل، طبقات بالاتر را بیشتر تحت تاثیر قرار می‌دهد.

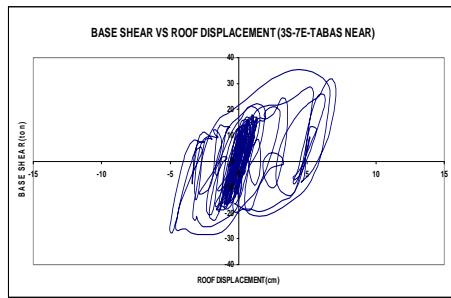
۳- مقادیر برش پایه حاصل از تحلیل دینامیکی خطی و غیر خطی تاریخچه زمانی برای رکوردهای نزدیک گسل بیشتر از رکوردهای دور از گسل می‌باشد لذا به نظر می‌رسد که اگر قرار باشد همین قابها را تحلیل استاتیکی معادل نمود باید در آن صورت برای حالت نزدیک گسل برش پایه بالاتری را در نظر گرفت. ضریب تشدید حاصل از این تحقیق برای قابهای ۳ و ۶ و ۱۲ طبقه به ترتیب برابر ۱,۶۵ و ۱,۶۴ و ۱,۸۵ می‌باشد که تطابق خوبی با نتایج آیین نامه UBC97 که در جدول (۱۰) ارائه شده است، دارد.

۴- شکل پذیری نیاز زلزله‌های نزدیک گسل، در مقایسه با شکل پذیری نیاز زلزله‌های دور از گسل بیشتر بوده و لذا به منظور مقاومت در برابر زلزله‌های نزدیک گسل باید سازه شکل پذیرتری را طراحی نمود.

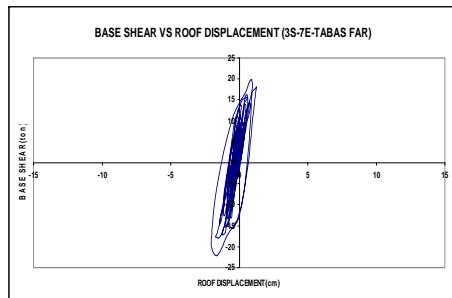
۵- ضریب تشدید برش پایه با افزایش پریود سازه که منجر به بزرگتر شدن $\frac{T_P}{T}$ می‌گردد، برای یک زلزله مشخص افزایش می‌یابد. لذا پیشنهاد می‌شود این موضوع که حتی در آیین نامه UBC97 نیز در نظر نگرفته نشده است با تحلیل مدهای بیشتر تحت رکوردهای دور و نزدیک گسل مختلفی در آیین نامه منظور گردد.

۶- حلقه پسماند نظیر رکورد نزدیک گسل در تمام قابها نشان از اعمال انژری بالا در مقایسه با رکورد دور از گسل می‌باشد که این مطلب تاکیدی دوباره به تهیه و طراحی سازه‌های با قابلیت استهلاک انژری بالا برای مقابله با اثرات زلزله‌های نزدیک گسل می‌باشد.

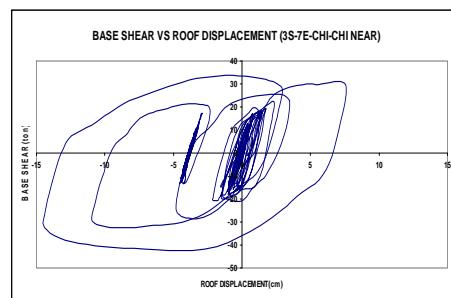




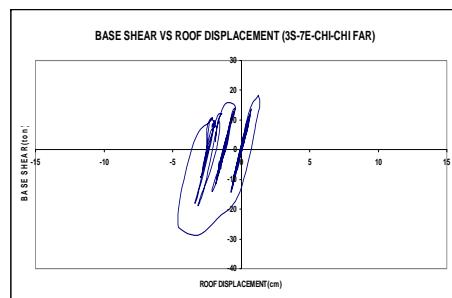
شکل (د-۱۱): حلقه پسماند قاب ۳ طبقه تحت
رکورد نزدیک گسل TABAS



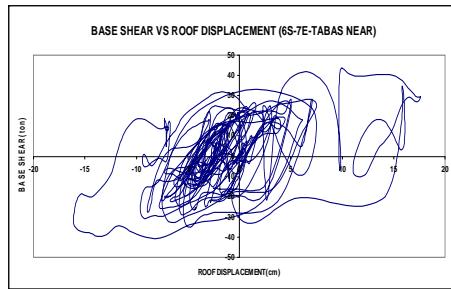
شکل (ج-۱۱): حلقه پسماند قاب ۳ طبقه تحت
رکورد دور از گسل TABAS



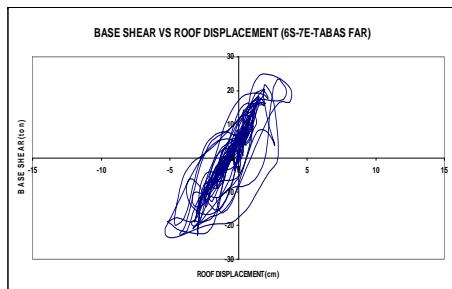
شکل (ب-۱۱): حلقه پسماند قاب ۳ طبقه تحت
رکورد نزدیک گسل Chi-Chi



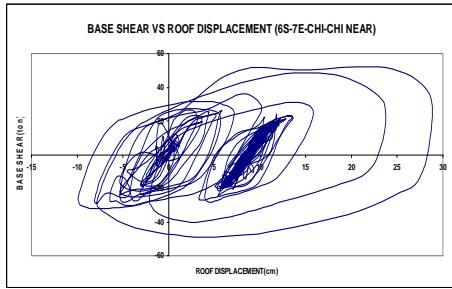
شکل (الف-۱۱): حلقه پسماند قاب ۳ طبقه تحت
رکورد دور از گسل Chi-Chi



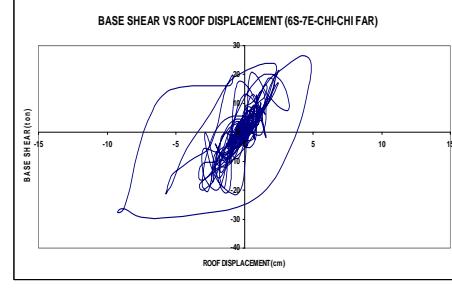
شکل (د-۱۲): حلقه پسماند قاب ۶ طبقه تحت
رکورد نزدیک گسل TABAS



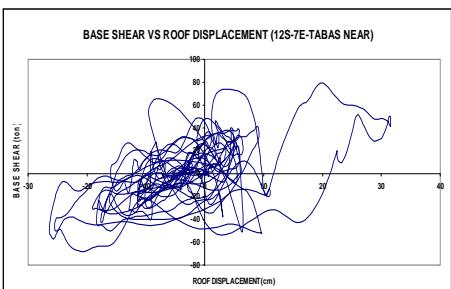
شکل (ج-۱۲): حلقه پسماند قاب ۶ طبقه تحت
رکورد دور از گسل TABAS



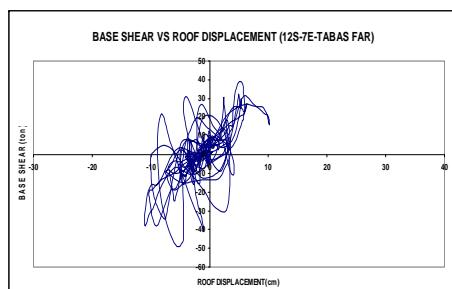
شکل (ب-۱۲): حلقه پسماند قاب ۶ طبقه تحت
رکورد نزدیک گسل Chi-Chi



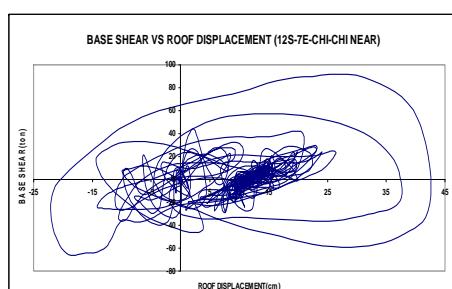
شکل (الف-۱۲): حلقه پسماند قاب ۶ طبقه تحت
رکورد دور از گسل Chi-Chi



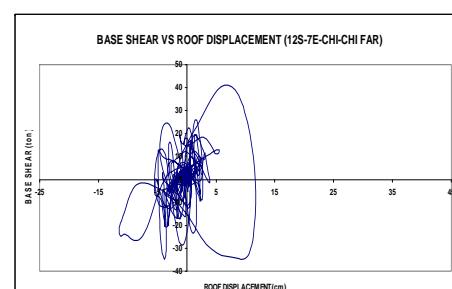
شکل (د-۱۳): حلقه پسماند قاب ۱۲ طبقه تحت
رکورد نزدیک گسل TABAS



شکل (ج-۱۳): حلقه پسماند قاب ۱۲ طبقه تحت
رکورد دور از گسل TABAS



شکل (ب-۱۳): حلقه پسماند قاب ۱۲ طبقه تحت
رکورد نزدیک گسل Chi-Chi



شکل (الف-۱۳): حلقه پسماند قاب ۱۲ طبقه تحت
رکورد دور از گسل Chi-Chi

مراجع

1-John F. Hall, "Parameter Study of the Response of Moment Resisting Steel Frame Building to near Source Ground Motion", Report NO. EERI 95-08, 1995.

2- Smolka, A; Rauch. E, "The Earthquake of Northridge 1994 and Kobe 1995-Lessons for Risk Assessment and loss Prevention with Special Reference to Earthquake Insurance ", Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Pergamon, Elsevier Scince Ltd, [Oxford, England] ,Disc 4,Paper NO1847,1996.

3- Iwan,W.D,"The Drift Demand Spectrum and its Application to Structural Design and Analysis", Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Pergamon, Elsevier Scince Ltd, [Oxford, England], Disc 2, Paper NO1116,1996.

4- Filiatrault, Ander; Tremblay, Robert, "Seismic Retrofit of Steel Moment Resisting Frames with Passive Friction Energy Dissipating Systems", Proceedings Of the NEHREP Conference and Workshop on Research on the Northridge, California Earthquake January 17, 1994, California Universities for Research in Earthquake Engineering (CUREe), Richmond, California, pp III-554---III-561,1998.

5- C.Allin Cornell, Nicolas Luco, "The Effect of Connection Fractures on Steel Moment Resisting Frame Seismic Demands and Safety", A Report on SAC Phase II Task 5.4.6,Final Draft,February,1999.

6-Somerville, Paul. "Characterizing Near-Fault Ground Motion for the Design and Evaluation of Bridges". Principal Seismologist.URS Crop. Pasadena CA 91101.2001.

7- Sinan Akkar and Polat Gulkan, "A Near-Fault Design Spectrum and its Drift Limits", Fourth International Conference of Earthquake Engineering and Seismology, CD-ROM, p.BS-17, 2003.

8- Decanini, Luis & Mollaioli, Fabrizio & Saragoni, Rodolfo. Energy and Displacement Demand Imposed by Near-Source Ground Motions. 12WCEE. New Zealand. Paper 1136,2000.

9- UBC-97 (Uniform Building Code), Volume 2, Structural engineering design provisions.

۱۰- آین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله / استاندارد / ۲۸۰۰ ویرایش دوم / انتشارات مرکز تحقیقات مسکن / ۱۳۷۸.

۱۱- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمانهای فولادی) / دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان / ۱۳۷۸.

۱۲- آین نامه حداقل بار وارده بر ساختمانها و اینه فنی (استاندارد / دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان / ۱۳۷۹).

