نشریه علمی - پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۷، شماره ۲، سال ۱۳۹۹، صفحه ۴۶ تا ۵۹

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)

www.jsce.ir

بررسی تأثیر حذف تغییرمکان ماندگار در زلزله‌های نزدیک گسل بر روی ساختمان‌های چند طبقه

بهرام رضایی بنا

گروه عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه ازاد اسلامی واحد اردبیل، اردبیل، ایران

چکیده

زلزله‌های حوزه نزدیک دارای دو اثر مهم هستند، جهت‌پذیری پیش‌رونده[1] و تغییرمکان ماندگار[2] که در آن جهت‌پذیری پیش‌رونده به جهت وقوع زلزله بستگی دارد و تغییر مکان ماندگار یا حرکت پرتابی بخاطر تغییر مکانهای ماندگار زمین در اثر تغییر شکلهای تکتونیکی و همراه شدن آن با مکانیزم پارگی به وجود می‌آید که با پالس سرعت با دامنه زیاد و یک گام یکنواخت در تاریخچه زمانی تغییر مکان همراه است. با توجه به اینکه مطالعات چندانی درباره اثرات تغییرمکان ماندگار روی سازه‌ها بر خلاف جهت‌پذیری پیش رونده انجام نشده-است و همچنین در بیشتر مرکز اطلاعات رکوردها، تمامی زلزله‌ها با استفاده از روش‌های فیلتر کردن، فیلتر می‌شوند و اثر تغییر مکان ماندگار در آنها حذف می‌شود بنابراین در این تحقیق چهار نوع سازه ۴، ۸، ۱۲و ۱۶ طبقه انتخاب و برمبنای آیین‌نامه لرزه‌ای آمریکا(ASCE-10) و با رعایت کلیه معیارها و ضوابط در مورد قابهای خمشی ویژه در آیین نامه فولاد آمریکا(AISC341-10) طراحی می‌شوند.۱۶ رکورد از رکوردهایی که دارای اثر تغییر مکان ماندگار هستند انتخاب و به سازه‌ها اعمال می‌گردند. همچنین برای اینکه اثرحذف تغییر مکان ماندگار و فیلترکردن روی پاسخ سازه‌ها مشخص شود همان ۱۶ رکورد بصورت فیلتر شده به سازه‌ها اعمال و با حالت بدون فیلتر مقایسه می‌گردد. نتایج نشان داد که تغییر مکان ماندگار تأثیر چندانی در پاسخ سازه‌ها ندارد و می‌توان از رکوردهای فیلتر شده استفاده کرد.

کلمات کلیدی: تغییر مکان ماندگار، جهت‌پذیری پیش‌رونده، زلزله نزدیک گسل، قاب خمشی ویژه فولادی، تغییرمکان

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	10.22065/jsce.2018.120429.1478
۱۳۹۶/۱۲/۰۴	۱۳۹۷/۰۴/۱۱	۱۳۹۷/۰۶/۱۱	۱۳۹۹/۰۱/۱۵	۱۳۹۹/۰۱/۱۵	doi: 10.22065/jsce.2018.120429.1478

*نویسنده مسئول: بهرام رضایی بنا

پست الکترونیکی: Bahram.deprem@gmail.com

[1] Forward Directivity

[2] Fling-Step

Effect of fling-step removal in near-fault earthquakes on multi-story buildings

Bahram Rezayibana *

Assistant Professor, department of civil engineering, Ardabil Branch, Islamic Azad university, Ardabil, Iran

ABSTRACT

Near-field earthquakes have two important effects, Forward Directivity and Fling-step, in which Forward Directivity depends on the direction of occurrence of an earthquake, and Fling-step happens due to permanent displacement of the earth due to tectonic deformations and its integration with the tearing mechanism with a velocity pulse with high amplitude and a uniform step in the displacement time history. Considering that few studies have been done on the effects of fling-step on structures other than Forward Directivity, and also in most earthquake data centers, all earthquakes are filtered using filtering methods and the fling-step effect is eliminated, therefore, four types of 4, 8, 12 and 16-story structures are selected and are designed based on the American Seismic Code (ASCE-10), in accordance with the American Steel Regulation (AISC341-10), in accordance with all the criteria for steel special moment frames. 16 records having fling-step effect are selected and applied to the structures. Also, to show effect of neglecting the fling-step on the response of the structures, the same records having no fling-step are applied to the structures and compared to the unfiltered state. The results showed that fling-step has little effect on the structure response, and filtered records can be used on seismic analysis.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

ARTICLE INFO

Receive Date: 23 February 2018
Revise Date: 02 July 2018
Accept Date: 02 September 2018

Keywords:
Fling-step
Forward Directivity
Near-Field Earthquake
Special Steel Moment Frames
Displacement

doi: 10.22065/jsce.2018.120429.1478

*Corresponding author: Bahram Rezayibana
Email address: Bahram.deprem@gmail.com

۱- مقدمه

زلزله‌های حوزه نزدیک به زلزله‌هایی اطلاق می‌شوند که مکان ثبت زلزله در فاصله‌ای کمتر از حدود ۱۵ کیلومتر از منشا وقوع آن قرار داشته باشد[۱]. به دلیل فاصله کم، اثر کاهندگی امواج زلزله ناچیز است و بنابراین این زلزله‌ها دارای محتوای فرکانسی بالایی هستند که در آن پالس‌هایی با پریود بالا نیز دیده می‌شود. اختلاف بین رکوردهای حوزه دور و نزدیک حتی برای یک زمین‌لرزه نیز کاملا مشهود است و بیشتر این اختلاف نیز، نتیجه وجود دو خصوصیت جهت‌گیری پیشرونده و تغییرمکان ماندگار در زلزله‌های حوزه نزدیک است. تغییرمکان ماندگار یا حرکت پرتابی به خاطر تغییر مکانهای ماندگار زمین در اثر تغییر شکلهای تکتونیکی و همراه شدن آن با مکانیزم گسلش به وجود می‌آید که با پالس سرعت با دامنه زیاد و یک گام یکنواخت در تاریخچه زمانی تغییر مکان همراه است[۲]. این حرکت زمین ممکن است باعث افزایش نیاز نیروهای سازه برای دفع این انرژی ورودی که باعث تولید جابجایی‌های بزرگ می‌شوند، باشند. درنتیجه خطر شکست ترد برای سیستم‌های ضعیف بطور قابل توجهی افزایش می‌یابد. اثرات مضر این پدیده در طول بسیاری از زلزله‌ها در سراسر جهان شناخته شده است. مطالعات نشان می‌دهد که پالس با سرعت بالا می‌تواند نیازهای کششی شدیدی بر روی سازه‌های چند طبقه بر جای گذارد[۳].

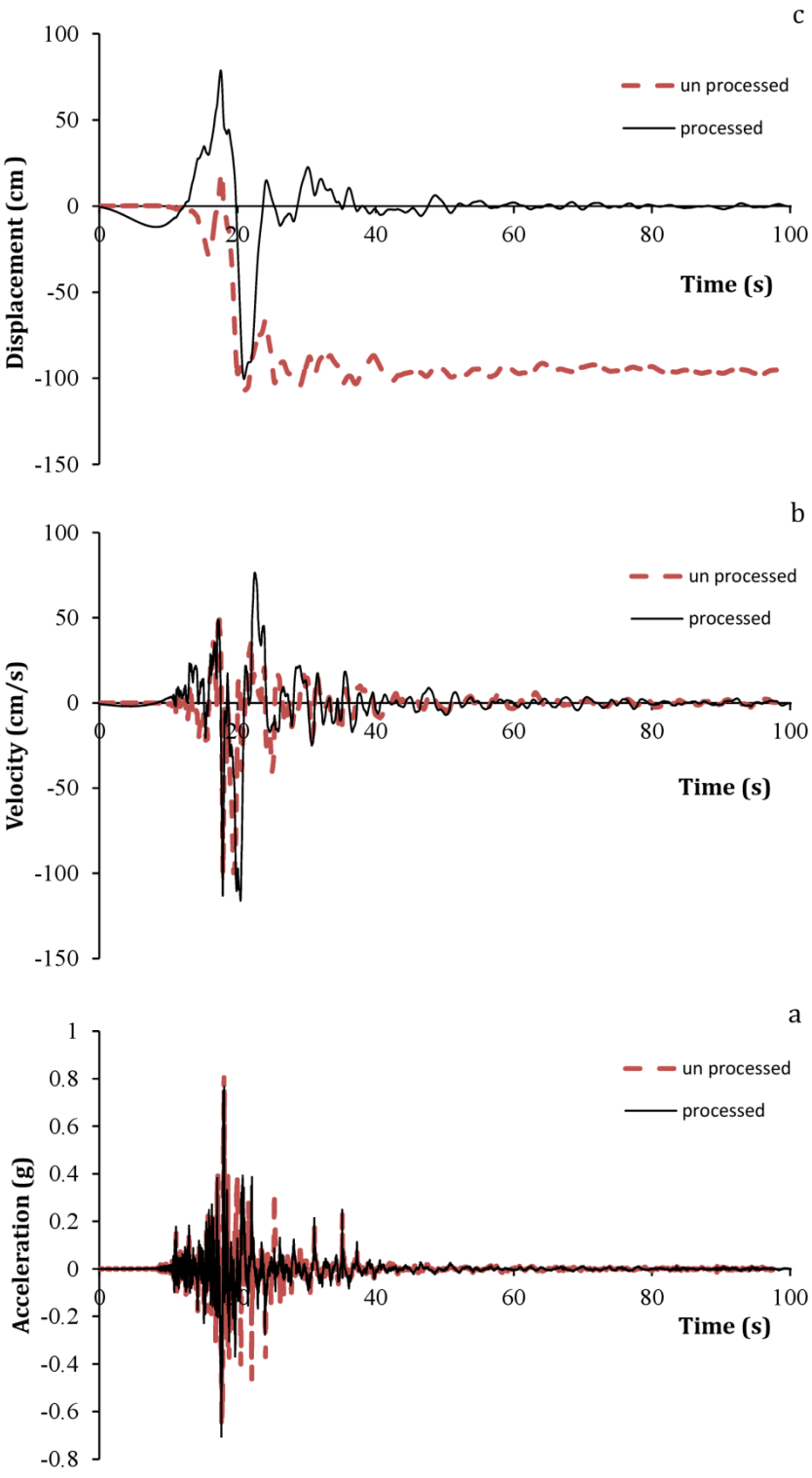
رکوردهای خام ثبت شده توسط دستگاههای لرزه‌نگار به دلیل وجود خطاهای دستگاهی و محاسباتی با استفاده از روشهای پردازش استاندارد (اصلاح پایه[3] ، فیلتر باند بالا[4])، فیلتر می‌شوند و خطاهای موجود حذف می‌شوند. معمولا به کمک توابع ریاضی مختلف، رکوردها طوری اصلاح می‌شوند که سرعت و تغییرمکان درانتهای زمین‌لرزه صفر گردد. این عملیات در بیشتر مراکز اطلاعات رکوردها انجام شده و رکوردهای فیلتر شده دراختیار محققین قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه زلزله‌های نزدیک گسل با اثر تغییرمکان ماندگار دارای تغییرمکان غیرصفر درانتهای رکورد تغییرمکان می‌باشند، پردازش استاندارد باعث حذف این اثر می‌گردد و بنابراین دیگر نمی‌توان اثر تغییرمکان ماندگار را در رکوردها مشاهده کرد. به همین دلیل در سالهای گذشته مطالعات چندانی درباره اثرات تغییرمکان ماندگار روی سازه‌ها بر خلاف جهت‌گیری پیشرونده انجام نشده‌است. در شکل ۱ رکوردهای شتاب، سرعت و تغییرمکان درجهت شمال- جنوب مربوط به زلزله دارفیلد نیوزلند[5] در هردو حالت بدون پردازش و با پردازش نشان داده شده است. خطوط پر رکورد تاریخچه زمانی بدست آمده به کمک پردازش استاندارد(دانلود شده از سایت پیر[6])را نشان می‌دهد[۴] و خطوط خط چین تاریخچه زمانی رکوردهای بدون فیلتر(ارائه شده توسط بورکس و بیکر[۵]) را نشان می‌دهد.

مطالعات گذشته نشان داده است که پاسخ سازه‌ای به زلزله‌های نزدیک گسل نسبت به زلزله‌های دورازگسل شدیدتر می‌باشد و شدیدا به نسبت پریود پالس به پریود سازه بستگی دارد. هرچه پریود سازه به پریود پالس نزدیکتر می‌شود پاسخ سازه افزایش می‌یابد[۶]. با توجه به اینکه پریود پالس زلزله‌های نزدیک گسل با جهت‌پذیری پیش‌رونده، تقریبا طیف وسیعی از پریودها را دربرمی‌گیرد، می‌تواند از سازه‌های کوتاه تا سازه‌های بلند را تحت تاثیر قرار دهد[۷]. ازبین زلزله‌های رخ داده درجهان فقط زلزله‌های۱۹۹۲ چی- چی تایوان، ۱۹۹۹کوجالی ترکیه، ۲۰۰۲ دنالی آلاسکا و ۲۰۱۰ دارفیلد نیوزلند دارای تغییرمکان ماندگار می‌باشند[۴]. تمامی این زلزله‌ها درفاصله کمتراز ۱۰ کیلومتر، دارای رکوردهایی با اثر تغییرمکان ماندگار می‌باشند. بررسی مشخصات پالس این زلزله‌ها، نشان می‌دهد که اکثرا دارای پریود بلند حدود ۸ ثانیه هستند و ممکن است پاسخ سازه مانند اثر جهت‌گیری به پریود پالس حساس نباشد[۸].

یکی از چالشهای اساسی در استفاده از رکوردهای نزدیک گسل، مقیاس کردن آنها می‌باشد. اکثر آیین‌نامه‌های طراحی روشهایی برای مقیاس کردن رکوردها پیشنهاد می‌دهند. بااین‌حال مقیاس نمودن رکوردها در مورد زلزله‌های نزدیک گسل دارای حساسیت فراوانی است. به دلیل اینکه این رکوردها در نزدیکی یک گسل ثبت می‌شوند شدیدا به مشخصات منبع زلزله بستگی دارند. زمانیکه مشخصات رکورد به دلیل مقیاس کردن، تغییر می‌یابد دیگر رکورد جدید مربوط به آن منبع نمی‌شود و نمی‌تواند خصوصیات آن منبع را دربر بگیرد. به

[3] Baseline Correction
[4] High-Pass Filter
[5] Darfield(New Zealand)
[6] PEER

همین دلیل است که در مورد زلزله‌های نزدیک گسل با جهت‌پذیری پیش‌رونده توصیه می‌شود از رکوردهای مقیاس نشده استفاده شود[۹]. این مسئله درمورد تغییرمکان ماندگار هنوز بررسی نشده‌است.



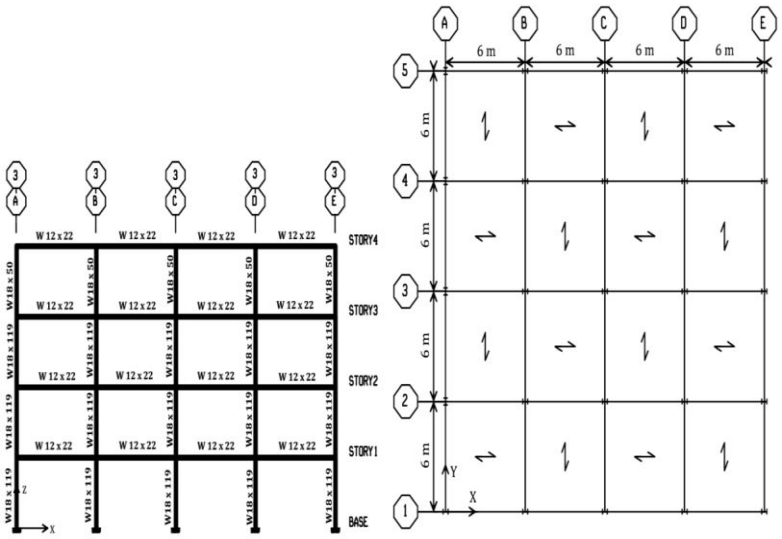
شکل۱ : مقایسه رکوردهای شتاب، سرعت و تغییرمکان زلزله نزدیک گسل با اثر تغییرمکان ماندگار با و بدون پردازش.

با توجه به عدم وجود رکوردهای بدون فیلتر در مراکز اطلاعات رکوردها، مطالعات چندانی درمورد زلزله‌های نزدیک گسل با اثر تغییرمکان ماندگار صورت نگرفته‌است. ایستیوارت و همکاران با اضافه کردن پالسهای تغییرمکان تصادفی برروی رکوردهای فیلترشده پاسخ سازه‌ای را بدست آوردند[۱۰]. ولی به دلیل اینکه این تکنیک اثرات پردازش استاندارد را حذف می‌کند نمی‌تواند پاسخهای مناسبی ارائه دهد[۱۱]. کالکان و کونات، ساختمانهای مختلف را در برابر زلزله‌های دور ازگسل و نزدیک گسل با مشخصه جهت‌گیری پیش‌رونده و تغییرمکان ماندگار تحت آنالیز قرار دادند. ایشان نشان دادند که زلزله‌های نزدیک گسل با اثر تغییرمکان ماندگار می‌تواند ساختمانها را نسبت به زلزله‌های دورازگسل آسیب پذیر کنند[۱۲]. بورکس و بیکر سیستمهای یک درجه آزادی را با استفاده از رکوردهای نزدیک گسل با مشخصات تغییرمکانی مختلف مورد ارزیابی قرار دادند. این رکوردها عبارتنداز: رکوردهای با تغییرمکان ماندگار بدون پردازش استاندارد، رکوردهای با اضافه کردن تغییرمکان تصادفی به رکوردهای فیلترشده و رکوردهایی که تغییرمکان ماندگار در آنها به کمک پردازش استاندارد حذف شده‌اند. ایشان نشان دادند که در بیشتر حالتها در سیستمهای یک درجه آزادی پاسخ سازه‌ای بستگی به تغییرمکان ماندگار ندارد ولی اشاره شده که باید در مورد سسیستمهای چند درجه آزادی مطالعات بیشتری صورت بگیرد[۱۳].

دراین مطالعه سعی می‌شود به سه سوال مهم درمورد زلزله‌های نزدیک گسل با اثر تغییرمکان ماندگار پاسخ داده شود. اولا، از آنجاییکه تغییرمکان ماندگار، پاسخ سیستمهای یک درجه آزادی را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد، آیا درمورد سازه‌های چند طبقه نیز اثری ندارد و یا اگر اثر دارد به صورت می‌باشد؟ دوما، با توجه به اینکه در مراکز اطلاعات رکوردها، تمامی رکوردها فیلتر شده و اثر تغییرمکان ماندگار درصورت وجود حذف می‌شوند، آیا می‌توان از رکوردهای فیلترشده که قابل دسترس هستند استفاده کرد؟ سوما، آیا حساسیت موجود در مقیاس کردن زلزله‌های نزدیک گسل با جهت‌گیری پیش‌رونده درمورد تغییرمکان ماندگار نیز وجود دارد و یا می‌توان از آنها به راحتی در تحلیلهای لرزه‌ای بصورت مقیاس‌شده استفاده کرد؟ برای پاسخ دادن به این سوالات چهار سازه ۴، ۸، ۱۲و ۱۶ طبقه با قاب خمشی فولادی ویژه طراحی و تحت ۱۶ رکورد نزدیک گسل دارای تغییرمکان ماندگار آنالیز دینامیکی غیرخطی قرار می‌گیرد.

۲- معرفی ساختمانهای مورد مطالعه

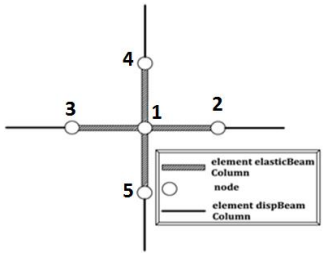
چهار ساختمان با تعداد طبقات ۴ ، ۸ ، ۱۲ و ۱۶ طبقه برای این پژوهش در نظر گرفته شده است. هر ساختمان دارای ۴ دهانه در راستای X و ۴ دهانه در راستای Y می‌باشد. طول همه دهانه‌ها ۶ متر و ارتفاع طبقات ۴ متر می‌باشد. سیستم باربر جانبی ساختمان، قاب خمشی با شکل‌پذیری ویژه می‌باشد. اتصال پای ستون‌ها به پی، به صورت گیردار فرض می‌گردد. اثر P-Δ برای ستون‌ها لحاظ می‌شود. بار مرده اعمال شده بر روی کف طبقه ها، ۴ کیلونیوتن بر متر مربع و بار زنده۲ کیلونیوتن بر متر مربع می‌باشد. گره‌های موجود در ترازهای هر طبقه به گونه‌ای به هم وابسته شده‌اند که بتوانند رفتار سقف صلب را از خود نمایش بدهند. مقاطع استفاده شده برای تیرها و ستون ها از مقطع W با تنش تسلیم ۳۵۰ و مدول الاستیسیته ۲۰۰۰۰۰ مگاپاسکال می‌باشد. همه سازه‌ها درشهر لس‌آنجلس منطقه با لرزه‌خیزی بسیار زیاد و خاک نوع C مطابق با ASCE/SEI 7-10 انتخاب می‌شود[۱۴]. بار لرزه‌ای مطابق با ASCE/SEI 7-10 تعیین می‌گردد. تحلیل غیرخطی تاریخچه‌زمانی به روش نیومارک با میرایی ۵٪ و اختصاص جرم‌ها در هر طبقه در محل اتصال تیر به ستون انجام می‌گیرد. در شکل ۲ پلان تیپ طبقات نشان داده شده است. یکی از قابها برای انجام آنالیزهای تاریخچه زمانی غیرخطی انتخاب می‌شود. قاب انتخاب شده مطابق با AISC2010 طراحی می‌شود[۱۵]. برای نمونه درشکل ۲ مقاطع اختصاص داده شده برای قاب ۴ طبقه نشان داده شده است.



شکل۲ : ابعاد و تیر ریزی پلان و مشخصات مقاطع سازه ۴ طبقه.

۳- مدلسازی عددی قابهای خمشی در نرم افزار اپنسیس[7]

برای مدلسازی قابهای طراحی شده از نرم افزار Opensees استفاده می‌شود[۱۶]. این نرم افزار یکی از رایج ترین ابزارهای تحلیل المان محدود پیشرفته است که قابلیت‌های متنوع از جمله توانایی انجام مدل سازی قاب‌های سه بعدی و دو بعدی با درنظرگرفتن رفتار غیرخطی هندسی و همچنین رفتار غیر الاستیک مصالح، تحت بارهای استاتیکی و دینامیکی را دارد. برای کلیه اعضای قاب شامل تیر وستون از دو المان تیر- ستون تغییرمکانی[8] با تعداد ۱۵۰ رشته استفاده می‌گردد. برای بخش چشمه اتصال، المان الاستیک بکار برده می-شود. در شکل۳ مدل عددی اتصال قاب خمشی فولادی ارائه شده است. همانطورکه درشکل مشاهده می‌گردد. برای مدلسازی چشمه اتصال از پنج گره استفاده می‌شود. گره شماره ۱ به عنوان محل اتصال محور تیر به ستون، گره‌های شماره ۲ و ۳ محل اتصال محور تیر به محور ستون و گره‌های ۴و ۵ محل اتصال محور ستون به محور تیر را مشخص می‌کند. برای کلیه المانهای غیر خطی از مصالح منگوتو – پینتو[9] با سخت شدگی ایزوتروپیک وکینماتیک با نسبت سخت شدگی کرنشی برابر با٪۱ استفاده می‌شود[۱۷]. باتوجه به اینکه آنالیزهای تاریخچه زمانی دوبعدی انتخاب می‌شود، قاب ها در صفحه X-Z مدل می‌گردند. به جهت اینکه تغییرمکان در جهت عمود بر صفحه قاب برای تیر و ستون محدود است، تغییرمکان در جهت عمود بر قاب Y و دوران حول محورهای X و Z برای گره‌های اتصال تیر به ستون بسته می‌شود. اتصال ستون به تکیه گاه به صورت گیردار می‌باشد.



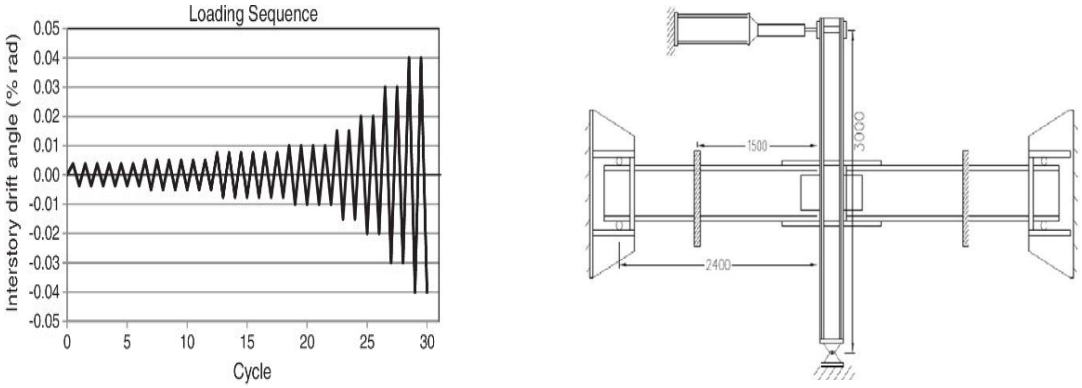
شکل۳ : مدل عددی چشمه اتصال.

[7] OpenSees

[8] Element Disp Beam Column

[9] Menegotto-Pinto

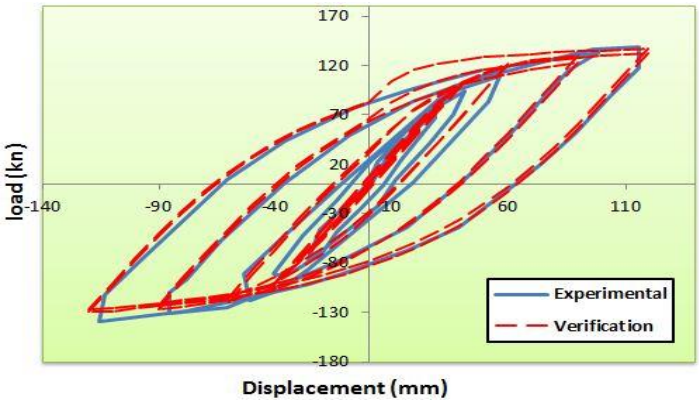
برای صحت سنجی مدل عددی از نتایج نمونه آزمایشگاهیDIP1 مربوط به آزمایشات سازمند و آقاکوچک استفاده می‌شود[۱۸]. همانطور که در شکل ۴(الف) نشان داده شده است، مدل از یک ستون با مقطع دوبل IPE و یک صفحه فولادی عمودی سرتاسری متصل به یک تیر با پروفیل IPE تشکیل شده است. در انتهای ستون، تکیه گاه بصورت مفصلی و در انتهای مقاطع تیر تکیه‌گاه غلتکی بکارگرفته شده است. جکهای هیدرولیکی برای اعمال بارگذاری چرخه‌ای به نمونه، در بالای ستون و با سرعت پایین با روش شبه استاتیکی و بصورت تغییر مکان جانبی اعمال می‌شود. مشخصات بارگذاری در شکل ۴(ب) نشان داده شده است.



ب الف

شکل۴ : (الف) مدل آزمایشگاهی چشمه اتصال (ب) بارگذاری چرخه ای[۱۸].

نتایج آنالیز عددی و آزمایشگاهی در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مدل عددی بادقت مناسب می-تواند پاسخ واقعی قاب را پیش‌بینی کند. تغییرمکان تسلیم اولیه، افزایش مقاومت پس از تسلیم، سختی اولیه، سختی مرحلیه بارگذاری، باربرداری و بارگذاری مجدد تطابق خوبی با نتایج آزمایشگاهی دارد.



شکل۵ : نتیجه صحت سنجی.

۴- رکوردهای مورد استفاده

در این پژوهش ۱۶ رکورد فیلتر شده از سایت پیر[۵] و ۱۶ رکورد فیلتر نشده از تحقیقات بورکس و بیکر[۴] انتخاب می‌شود. بورکس و بیکرنشان دادند که ۸۸ رکورد از ۶۳ ایستگاه، شامل زلزله چی چی تایوان[۱۰] ، زلزله کوجالی ترکیه[۱۱]، زلزله دارفیلد نیوزلند و

10 Chi Chi Taiwan(1999)

زلزله دنالی آلاسکا[12] دارای تغییرمکان ماندگار درانتهای رکورد تغییرمکان می‌باشند. در این مطالعه، رکوردها طوری انتخاب می‌شوند که دارای مقادیر تغییرمکان ماندگار مختلفی باشند. مشخصات رکوردها جهت انجام تحلیل‌ها به شرح جدول۱ می‌باشد. همانطورکه از جدول ۱ مشاهده می‌شود محدوده تغییرمکان ماندگار از ۲۵ سانتی‌متر برای رکورد شماره ۱۶ تا ۶۵۳ سانتی‌متر برای رکورد شماره ۵ متغیر می‌باشد. با توجه به اینکه در تعیین نیروهای لرزه‌ای قابها، منطقه با لرزه‌خیزی بالا و خاک نوع C انتخاب شده است، همه رکوردهای انتخابی مربوط به زلزله چی چی تایوان با بزرگی ۷/۶ و نوع خاک C می‌باشند.

۵- نتایج آنالیز تاریخچه زمانی غیرخطی

برای بررسی تأثیر تغییرمکان ماندگار برروی پاسخ لرزه‌ای سازه‌های چند طبقه، سازه‌های ۴ ، ۸ ، ۱۲ و ۱۶ طبقه طراحی شده با سیستم قاب خمشی ویژه تحت ۱۶ رکورد فیلتر شده و ۱۶ رکورد فیلتر نشده قرار می‌گیرد. نتایج به صورت نمودارهای حداکثر نسبت دریفت طبقه برای حالت فیلترنشده وپاسخ حداکثر تغییرمکان برای هردوحالت فیلترشده و نشده بصورت جداگانه برای هر کدام از سازه‌ها ارائه می‌گردد.

جدول۱: مشخصات زلزله‌های مورد استفاده

Record Number	Earthquake Name	Year	Station Name	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	Fling-disp (cm)
01	Chi-Chi, Taiwan	1999	CHY028	0.765	77.74	109	90.7
02	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU047	0.407	36.28	73.88	65.17
03	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU052	0.45	218.55	697.82	640
04	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU067	0.5	98.31	190.68	133.44
05	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU068	0.51	285.66	783	653
06	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU071	0.54	95.75	457	433
07	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU071	0.65	83.68	277.18	251.72
08	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU072	0.475	82.59	146.82	136.21
09	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU072	0.38	66	180	158
10	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU074	0.6	70.65	212.77	202.65
11	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU074	0.379	48.74	145.77	136.68
12	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU076	0.43	64.66	79.74	54.38
13	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU078	0.45	43	105	91.4
14	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU084	1	133	212	186
15	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU084	0.432	46.65	95.46	82.46
16	Chi-Chi, Taiwan	1999	TCU129	0.62	54	45	25

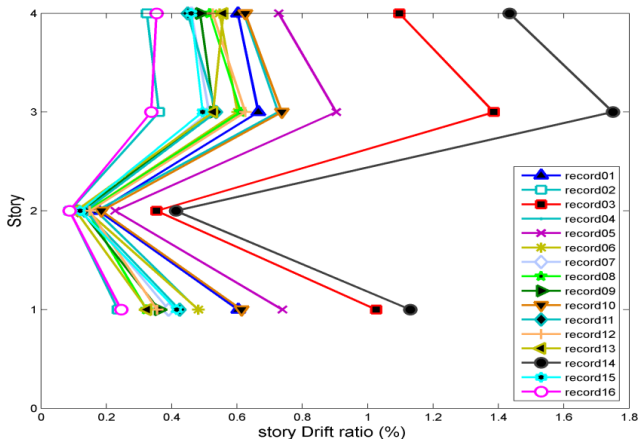
[11] Kocaeli-Turkey(1999)

[12] Denali-Alaska(2002)

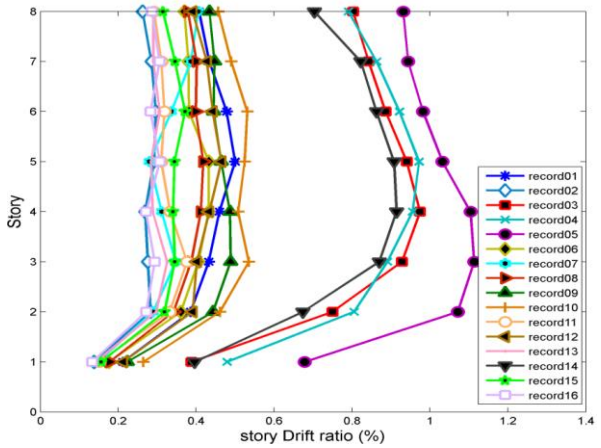
۱-۵- پاسخ حداکثر دریفت طبقه تحت رکوردهای فیلتر نشده

در شکل۶ پاسخ حداکثر نسبت دریفت طبقه تحت رکوردهای فیلتر نشده برای سازه ۴ طبقه ارائه شده است. با مراجعه به شکل مشاهده می‌شود که بیشترین پاسخ مربوط به رکورد شماره ۱۴ می‌باشد. مطابق جدول ۱، مقدار تغییرمکان ماندگار این رکورد برابر با ۱۸۳سانتی‌متر درمقابل ۶۵۳ سانتی‌متر رکورد شماره ۳ می‌باشد که نشان می‌دهد تغییرمکان ماندگار تاثیری روی پاسخ سازه ۴ طبقه ندارد. عاملی که باعث اختلاف پاسخ می‌شود را می‌توان در مقادیر طیفی جستجو کرد اگرچه عوامل دیگری شامل نحوه اعمال انرژی زلزله، مدت زمان زلزله و محتوای فرکانسی می‌تواند بر پاسخ سازه تأثیر گذار باشد. مقدار شتاب طیفی در مود اول مربوط به رکورد ۱۴، ۲/۱۵g می‌باشد که دارای بیشترین مقدار نسبت به رکوردهای دیگر است و باعث افزایش پاسخ تحت این رکورد گردیده است. برای رکورد شماره ۳ مقدار شتاب طیفی ۱/۸g تخمین زده شده است.

در شکل۷، پاسخ نسبت دریفت طبقه تحت رکوردهای فیلتر نشده برای سازه ۸ طبقه ارائه شده است. با توجه شکل مشاهده می شود که رکورد شماره ۵ بیشترین پاسخ را اعمال کرده‌است. همچنین می‌توان گفت پاسخ سازه ۸ طبقه تحت رکوردهای ۳، ۴ و ۱۴ تقریبا برهم منطبق می‌باشند. رکورد شماره ۵ و ۳ تقریبا مقادیر تغییرمکان ماندگار نزدیک به هم دارند(مطابق جدول ۱) با اینحال پاسخهای آنها متفاوت می‌باشند. مقدار شتاب طیفی برای رکورد شماره ۵، ۱g و برای رکورد شماره ۳، ۰/۶۸g می‌باشد که نشان می‌دهد تغییرمکان ماندگار تاثیری روی پاسخ سازه ۸ طبقه ندارد و مقدار شتاب طیفی است که باعث اختلاف پاسخها گردیده‌است.

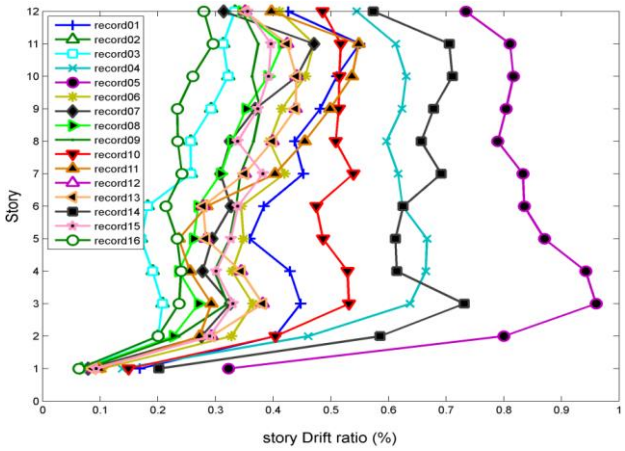


شکل۶ : پاسخ حداکثرنسبت دریفت طبقه سازه ۴ طبقه برای رکوردهای فیلترنشده.



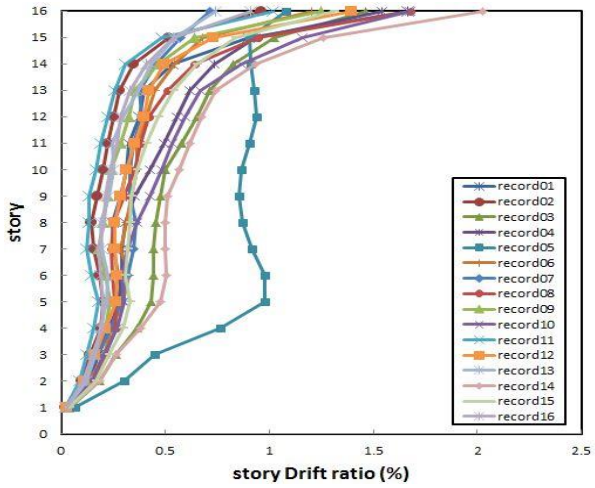
شکل۷ : پاسخ حداکثرنسبت دریفت طبقه سازه ۸ طبقه برای رکوردهای فیلترنشده.

در شکل۸، پاسخ نسبت دریفت طبقه تحت رکوردهای فیلتر نشده برای سازه ۱۲ طبقه ارائه شده است. با توجه شکل مشاهده می شود که پاسخ حداکثر مربوط به رکورد شماره ۵ می‌باشد. مقدار شتاب طیفی برای رکورد شماره ۵، ۰/۶۹g می‌باشد که دارای بیشترین مقدار نسبت به رکوردهای دیگر است و باعث بیشترین پاسخ تحت این رکورد گردیده است. مقدار شتاب طیفی در مود اول برای دو رکورد ۱۴ و ۴ به ترتیب ۰/۵۴g و ۰/۴۸g تعیین شده است که نسبت به رکورد شماره ۵ پایین تر بوده و پاسخها کاهش یافته است. با توجه به اینکه مقدار تغییرمکان ماندگار برای رکورد شماره ۵ از همه رکوردها بیشتر است(۶۵۳ سانتی‌متر) بااینحال مقدار شتاب طیفی تاثیرگذارتراز آن می‌باشد.



شکل۸ : پاسخ حداکثرنسبت دریفت طبقه سازه ۱۲ طبقه برای رکوردهای فیلترنشده.

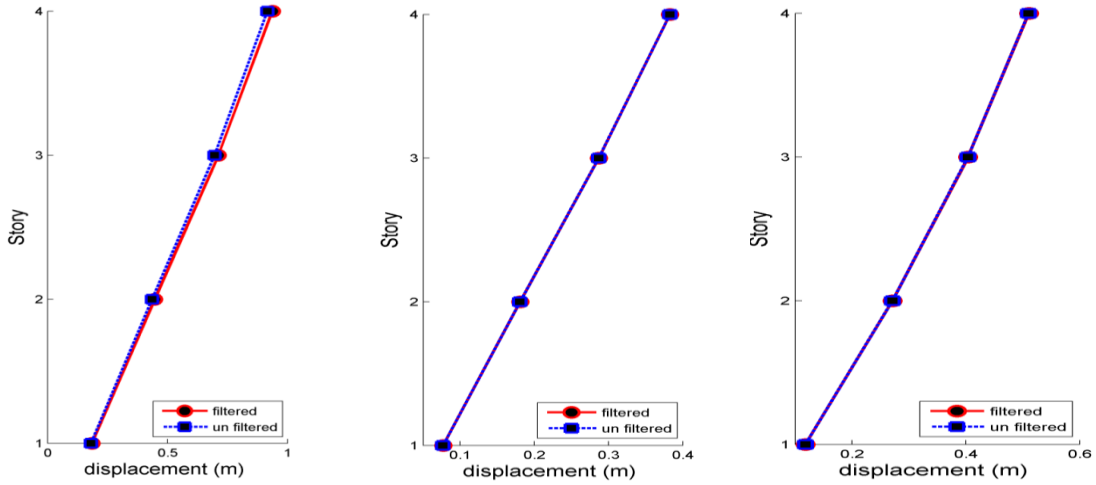
مطابق شکل ۹ در سازه ۱۶ طبقه رکوردی که بیشترین پاسخ را دارد رکورد شماره ۵ می‌باشد که مقدار شتاب طیفی آن برابر ۰/۴۸g می‌باشد. برای دو رکورد ۳ و ۱۴ که پاسخی نزدیک به هم دارند مقدار شتاب طیفی به ترتیب برابر ۰/۲۸g و ۰/۳۰g می‌باشد در صورتیکه مقدار تغییرمکان ماندگار آنها بترتیب برابر ۶۴۰ و ۱۸۶ سانتی‌متر می‌باشد که نشان دهنده‌ی آن است که اختلاف زیاد تغییرمکان ماندگار آنها تأثیری در پاسخ سازه‌ها نداشته و عامل تعیین کننده در پاسخ سازه‌ها مقادیر طیفی آنها می‌باشد. با توجه به شکل ۹ مشاهده می‌شود که مقدار پاسخ رکورد شماره ۱۴ در طبقات بالا بیشتر از رکورد ۵ می‌باشد با محاسبه مقدار شتاب طیفی این دو رکورد در مود دوم مشاهده می‌شود که شتاب طیفی آنها در مود دوم برای رکورد ۵ و ۱۴ بترتیب ۰/۸۲g و ۲/۴۹g می‌باشد که تأثیر مودهای بالاتر را نشان می‌دهد.



شکل۹ : پاسخ حداکثرنسبت دریفت طبقه سازه ۱۶ طبقه برای رکوردهای فیلترنشده.

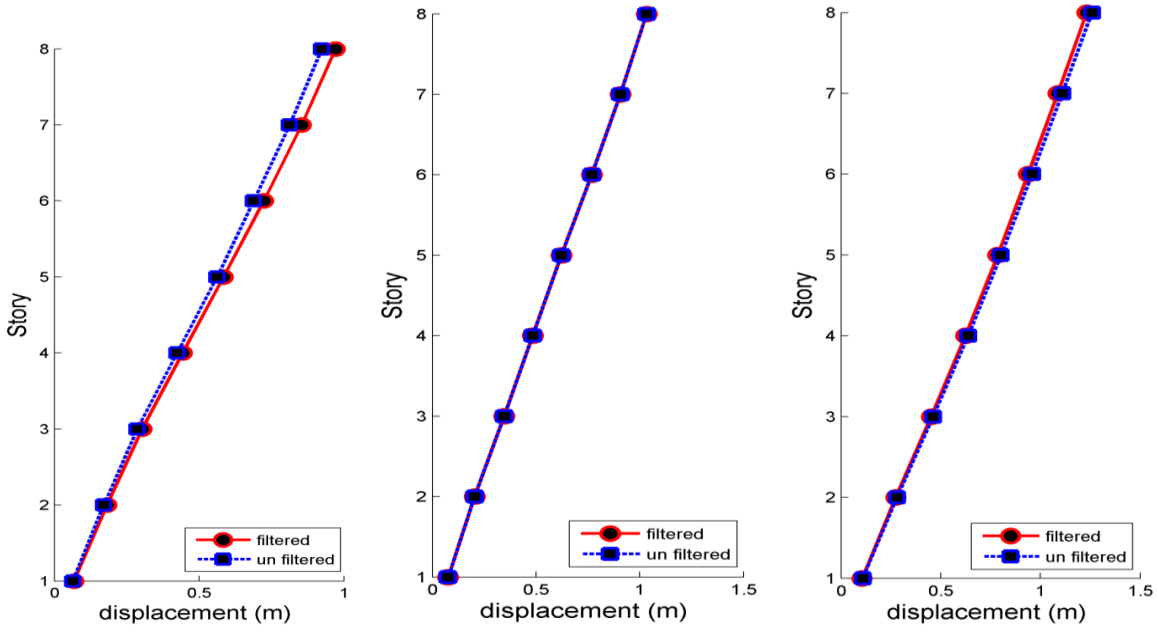
۵-۲- پاسخ حداکثر دریفت طبقه تحت رکوردهای فیلتر نشده

در بخش قبلی مشاهده شد که تقریبا در تمامی سازه‌های انتخابی، رکورد شماره ۵ بیشترین پاسخ را نشان داد. با توجه به اینکه این رکورد دارای بیشترین مقدار تغییرمکان ماندگار در بین ۱۶ رکورد انتخابی بود بااینحال مقدار شتاب طیفی پارامترتاثیرگذار بر روی پاسخ سازه‌ها تعیین شد. برای بررسی دقیقتر، دراین بخش ۱۶ رکورد انتخابی بصورت فیلترشده و نشده به سازه‌ها اعمال و پاسخ تغییرمکان آنها بررسی می‌گردد. به عنوان نمونه در شکلهای ۱۰الی۱۳ پاسخ سازه‌ها تحت سه رکوردیکه بیشترین پاسخ را ارائه نمودند(۵، ۳و ۱۴) نشان داده شده-است.



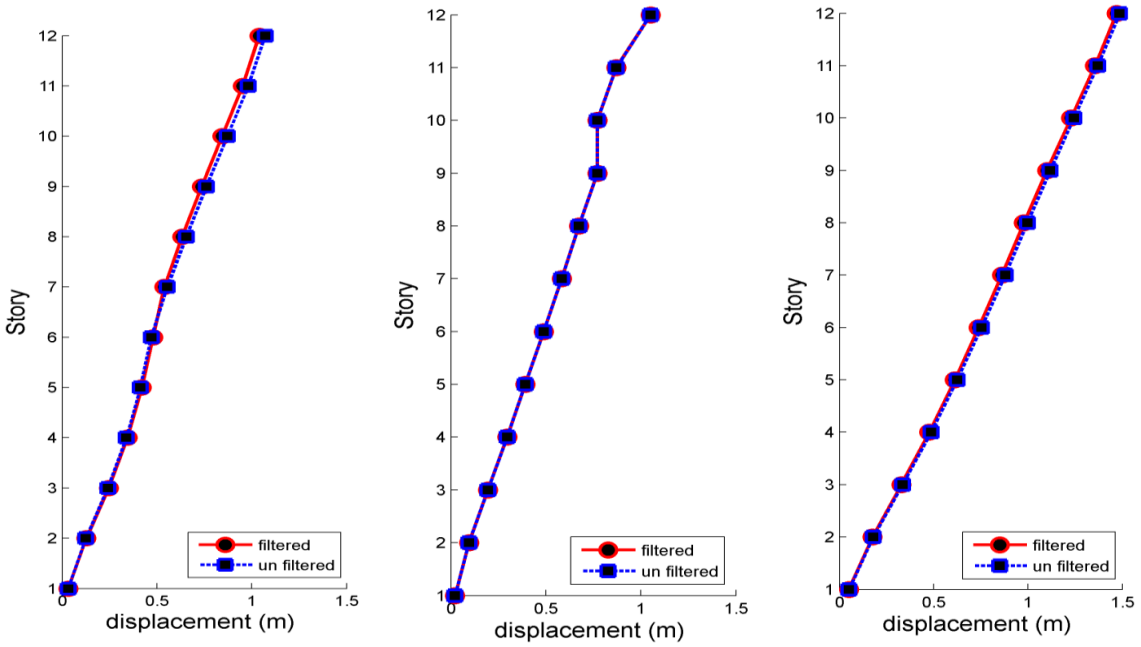
الف) رکورد شماره ۵ ب) رکورد شماره ۴ ج) رکورد شماره ۱۴

شکل ۱۰: پاسخ حداکثر جابجایی سازه ۴ طبقه تحت رکوردهای فیلتر شده و فیلتر نشده



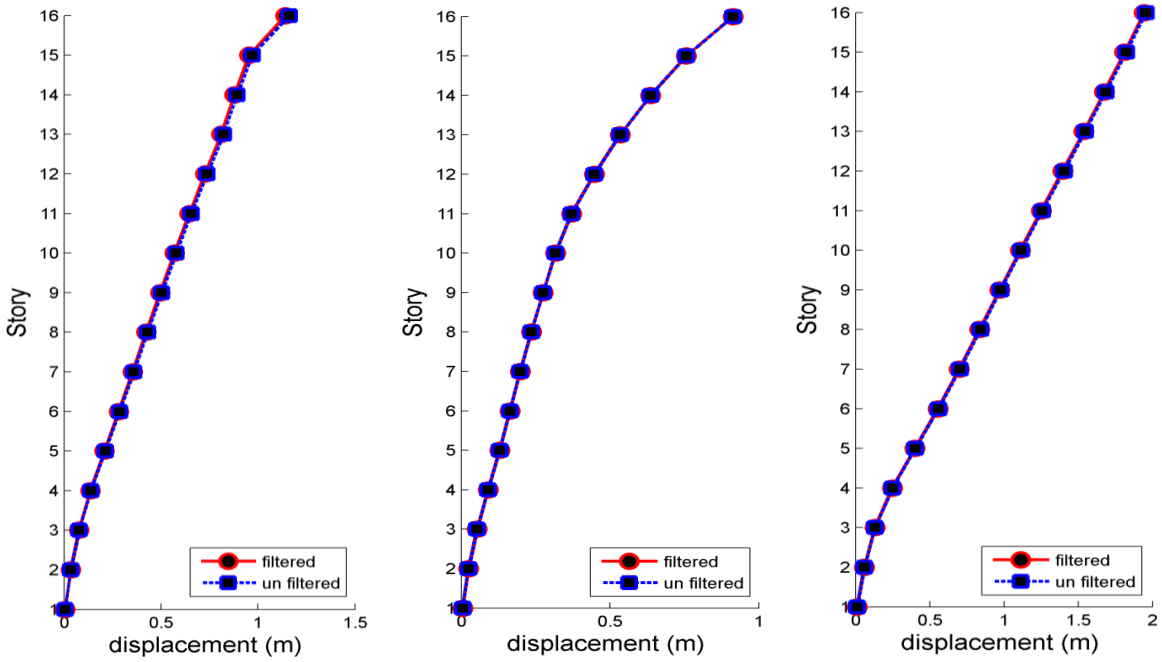
الف) رکورد شماره ۵ ب) رکورد شماره ۴ ج) رکورد شماره ۱۴

شکل ۱۱: پاسخ حداکثر جابجایی سازه ۸ طبقه تحت رکوردهای فیلتر شده و فیلتر نشده



الف) رکورد شماره ۵ ب) رکورد شماره ۴ ج) رکورد شماره ۱۴

شکل ۱۲: پاسخ حداکثر جابجایی سازه ۱۲ طبقه تحت رکوردهای فیلتر شده و فیلتر نشده



الف) رکورد شماره ۵ ب) رکورد شماره ۴ ج) رکورد شماره ۱۴

شکل ۱۳: پاسخ حداکثر جابجایی سازه ۱۶ طبقه تحت رکوردهای فیلتر شده و فیلتر نشده

همانطوریکه مشاهده می‌شود، تغییرمکان ماندگار اثر چندانی برروی پاسخ سازه‌ها ندارد و هردو منحنی تقریبا برهم انطباق دارد. نتیجه مشابه برای سایر رکوردها نیز مشاهده شد که به دلیل تعداد زیاد آنها در اینجا آورده نشده است.

۶- نتیجه گیری

در تحقیق حاضر به بررسی اثر تغییرمکان ماندگار بر روی سازه‌های چند طبقه پرداخته شد. تغییرمکان ماندگار یکی از اثرات زلزله‌های نزدیک گسل می‌باشد که بصورت تغییرمکان غیر صفر درانتهای رکورد تغییرمکان دیده می‌شود. با توجه به اینکه در مراکز اطلاعات رکوردها این اثر به دلیل فیلتر کردن حذف می‌شود مطالعات چندان زیادی روی سازه‌ها انجام نشده‌است و اطلاعات دقیقی در درمورد اینکه تغییرمکان ماندگار چه اثری روی سازه‌ها می‌تواند داشته باشد وجود ندارد. برای این‌منظور، سازه‌های قاب خمشی ویژه فولادی مطابق با آیین نامه لرزه‌ای آمریکا(ASCE-10) طراحی شد. سازه‌های ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ طبقه با سیستم قاب خمشی با شکل‌پذیری ویژه بصورت غیر خطی مدلسازی و با استفاده از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی آنالیز شد و هر سازه بصورت جداگانه تحت ۱۶ شتابنگاشت با اثر تغییرمکان ماندگار و ۱۶ شتابنگاشت بدون اثر تغییرمکان ماندگار قرار گرفت.

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل عددی و همچنین با بررسی نمودارهای حداکثر جابجایی و نسبت دریفت طبقات برای هر کدام از سازه‌ها تحت رکوردهای فیلترشده و فیلترنشده نتیجه گرفته شد که پاسخها در هردو حالت تقریبا برروی هم انطباق دارند و حذف تغییرمکان ماندگار و یا اضافه کردن آن تفاوتی نمی‌باشد و می‌توان از رکوردهای فیلتر شده که در بیشتر مراکز رکوردها وجود دارد استفاده کرد. مهمترین عامل تأثیر گذار در پاسخ سازه‌ها مقادیر طیفی می‌باشد اگر چه عوامل دیگری نظیر محتوای فرکانسی، مدت زمان، نحوه‌ی اعمال انرژی ورودی زلزله نیز می‌تواند پاسخ سازه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به اینکه امروزه اکثر شتابنگاشتهای موجود در مرکز اطلاعات زلزله‌ها با کمک روشهای پردازش استاندارد فیلتر می‌شوند و خطاهای موجود حذف می‌گردند نگرانی از بابت استفاده از شتابنگاشتهای با اثر تغییرمکان ماندگار وجود ندارد و می‌توان با اطمینان از آنها استفاده کرد. همچنین به دلیل اینکه مهمترین عامل تاثیرگذار در پاسخ سازه‌های چند طبقه، مقادیر طیفی نعیین شد بنابراین می‌توان گفت حساسیت موجود در مورد مقیاس کردن زلزله‌های نزدیک گسل با جهت‌گیری پیشرونده درباره زلزله‌های با اثر تغییرمکان ماندگار وجود ندارد و می‌توان از روشهای مقیاس کردن شتابنگاشتها در آنالیزهای لرزه‌ای استفاده کرد.

مراجع

[1] Bray, J. D. and Mark, A. R. (2004). Characterization of Forward- Directivity Ground- Motions in the Near- Fault Region. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, 815-828.

[2] Somerville, P. G. (1998). Development of an Improved Representation of Near- Fault Ground Motions. In: SMIP98 Proceedings, Seminar on Utilization of Strong- Motion Data Oakland, CA, Sept. 15, California Division of Mines and Geology. Sacramento: CA, 1–20.

[3] Hall, J. F. Heaton, T. H. Halling, M. W. and Wald, D. J. (1995). Near- Source Ground Motions and Its Effects on Flexible Buildings. Earthquake Spectra, 11(4), 569–605.

[4] Burks L.S. and Baker, J.W. (2016). A Predictive Model for Fling - Step in Near-Fault Ground Motions Based on Recordings and Simulations. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 80, 119-126.

[5] Pacific Earthquake Engineering Research–PEER (2016). Ground motion database. [online] Available at: http://peer.berkeley.edu/peer_ground_motion_database.

[6] Alavi, B. and Krawinkler, H.(2001). *Effects of near-fault ground motions on frame structures*. Blume Earthquake Engineering Center Technical Report 138, Stanford, CA.

[7] Yahyai, B. Rezayibana, B. and Mohammadrezapour, E. (2011) Effect of near-fault earthquakes with forward directivity on telecommunication towers. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 10, 211-218.

[8] Jamnani, H.H., Karbassi A. and Lestuzzi, P. (2013). Fling-step effect on the seismic behaviour of high-rise RC buildings during the Christchurch earthquake. In: *2013 new Zealand Society for Earthquake Engineering Technical Conference and AGM*, April 26-28, Wellington, New Zealand 13NZSEE.

[9]NEHRP Consultants Joint Venture(2011). *Selecting and Scaling Earthquake Ground Motions for Performing Response-History Analyses*. NIST GCR 11-917-15, U.S Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology(NIST), Gaithersburg, MD.

[10] Stewart, J.P. Chiou, S.J. Bray, J.D. Graves, R.W. Somerville, P.G. and Abrahamson, N.A. (2001). *Ground Motion Evaluation Procedures for Performance-Based Design*. Pacific Earthquake Engineering Research Center Technical Report 2001/09; Berkeley, CA.

[11] Ventura, C.E. Archila, M. Bebamzadeh, A. and Liam Finn, W.D. (2011). Large co-seismic displacements and tall buildings. *Structural Design of Tall and Special Buildings*, 20, 85–99.
[12] Kalkan, E. and Kunnath, S.K. (2006). Effects of Fling Step and Forward Directivity on Seismic Response of Buildings. *Earthquake Spectra*, 22 (2), 367–390.
[13] Burks, L.S. and Baker, J.W. (2014). Fling in near-fault ground motions and its effect on structural collapse capacity. In: *Tenth U.S. National Conference on Earthquake Engineering Frontiers of Earthquake Engineering*, July 21-25, Anchorage, Alaska 10NCEE.
[14] ASCE/SEI 7-10(2010). *Minimum design loads for buildings and other structures*. American Society of Civil Engineers.
[15] AISC (2010). *Seismic provisions for structural steel buildings*. American Institute of Steel Constructions.
[16] OpenSees (2010). *Open system for earthquake engineering simulation*. Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
[17]Yahyai, B. and Rezayibana, B. (2015). Direct displacement-based design of special concentrically-braced frames in near-fault regions. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13, 2945–2971.
[18] Sazmand, A. and Aghakouchak, A. A. (2012). Modeling The Panel Zone In Steel MR Frames Composed Of Built-Up Columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 77, 54–68.