رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN ONLINE: 2588-7122 - ISSN PRINT: 2588-6886، دوره ششم، شماره ۱، ۱۴۰۱، صفحه: ۵۳-۶۴

بررسی اثر جهت‌داری زلزله در رفتار لرزه‌ای سازه‌های بتنی کوتاه

بهزاد حاصلی [*۱] ، سلمان کیارسی [۲]، امیرحسین جلیلی [۲]

[*۱] دکتری سازه، پژوهشگر قراراگاه سازندگی خاتم الانبیاء (b.haseli@yahoo.com)

[۲] کارشناس ارشد سازه، موسسه آموزش عالی علاء الدوله سمنانی – گرمسار

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۳/۱۸)

چکیده

خصوصیات زلزله ها هم به لحاظ دامنه و هم محتوای فرکانسی برای ساختگاه ها در فواصل نزدیک به چشمه لرزه زا و دور از آن متفاوت است. مطالعات انجام شده بر روی رفتار سازه ها تحت اثر زلزله های حوزه نزدیک نشان داده است که شتابنگاشت‌های حاصل از این نوع زلزله ها دارای اثراتی (شامل جابجایی ماندگار و اثر جهت‌داری) نسبت به شتابنگاشت‌های دور از گسل می‌باشند. از اینرو باید ویژگی‌های زمین‌لرزه‌های حوزه نزدیک نیز در تحلیل و طراحی سازه‌ها در نظر گرفته شود. در تحقیق حاضر تلاش خواهد شد تا به بررسی اثر جهت‌داری زلزله های حوزه نزدیک بر پاسخ لرزه‌ای سازه‌های بتنی کوتاه با استفاده از تحلیل تاریخچه زمانی پرداخته شود. به همین منظور ابتدا رکوردهای حاصل از ایستگاه‌های مختلف زلزله چی‌چی به عنوان مبنای انتخاب شتابنگاشت‌ها تعیین و سپس با استفاده از روش های تحلیلی، طیف پاسخ این شتابنگاشت ها با در نظر گرفتن اثر جهت‌داری و بدون آن در دو جهت شمال- جنوب و شرق-غرب تعیین شد . مهم ترین خصوصیات متمایزکننده جنبش های حوزه نزدیک تولید پالس هایی به علت اثر جهت پذیری و اثر تغییر مکان ماندگار می باشد. جهت جداسازی پالس جهت داری از شتابنگاشت ها با نرم افزار متلب توسط آقای بکر استفاده شده است. سپس با توجه به تحلیل تاریخچه زمانی بر روی سازه کوتاه بتنی ۱۰ طبقه، برای ۷ رکورد ایستگاهی از زلزله چی‌چی، دریفت (جابجایی نسبی) طبقات بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که جهت داری رکورد زلزله، تاثیر چندانی بر پاسخ دریفت طبقات سازه ۱۰ طبقه نداشته و حتی در برخی موارد، باعث کاهش پاسخ سازه شده است.

کلمات کلیدی

زلزله حوزه نزدیک، اثر جهت‌داری، شتابنگاشت زلزله چی چی، سازه بتنی کوتاه، دریفت طبقات.

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN ONLINE: 2588-7122 - ISSN PRINT: 2588-6886، دوره ششم، شماره ۱، ۱۴۰۱، صفحه: ۵۳-۶۴

Investigation of Forward Directivity on Seismic Behavior of Low-rise Reinforced

Behzad Haseli [1*], Salman kiarsi [2], Amirhossein Jalili [2]

[1] Ph.D. of Structural Engineering, Civil Engineering, KhatamolAnbia Resercher (b.haseli@yahoo.com)*

[2] M.Sc. Structural Engineering, Civil Engineering, Alaodoleh Semnani Institute of Higher Education

(Date of received: 04/01/2022, Date of accepted: 08/06/2022)

ABSTRACT

The characteristics of earthquakes vary both in terms of amplitude and frequency of content for sites at distances close to the seismic spring and far from it. However, the 2800 standard, which is used as the basis for the seismic design of the country, does not exclude the effects of the near-fault field on loading, and therefore the necessity of studying and comparing such effects on the response of structures is very necessary. Studies on the behavior of structures under the influence of near-field earthquakes have shown that the tracing of these types of earthquakes has more effects on structures (including permanent displacement and directional effects) than accelerations far from faults. Therefore, in order to estimate the near-active faults of earthquakes, the features of the near-earthquakes should be considered in the analysis and design of structures. Accordingly, in this research, we tried to study the effect of directional earthquakes near the seismic response of short concrete structure using time histories analysis. For this purpose, firstly, the records of the various stations of the quake were determined as the basis for the selection of accelerometers, and then using the analytical methods, the response spectrum of this acceleration, taking into account the directional effect and without it, as well as the pulse isolated from these records In two directions north-south and east-west. Then, according to the time history analysis on two short concrete structures with the number of stories 10, for 7 station records of the Taiwan Chichi earthquake, the drainage (relative displacement) of floors in structure was investigated. The results of this study showed that, due to the unpredictable nature of the earthquake, in short structure, in many cases, the availability of earthquake records has little effect on the response of the structures of the structures, and in some cases, it has reduced the structure response.

Keywords:

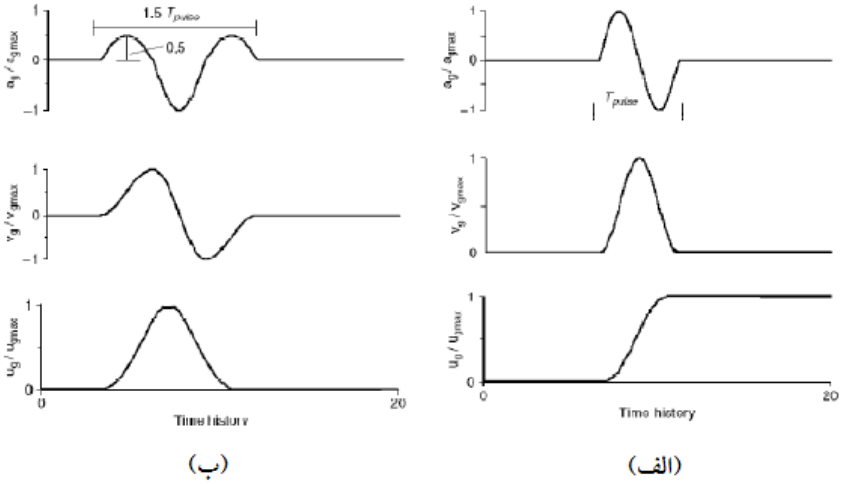
Nearfield earthquake, Orientation effect, Chichi earthquake acceleration, Short concrete structures, Drift of stories.

۱- مقدمه

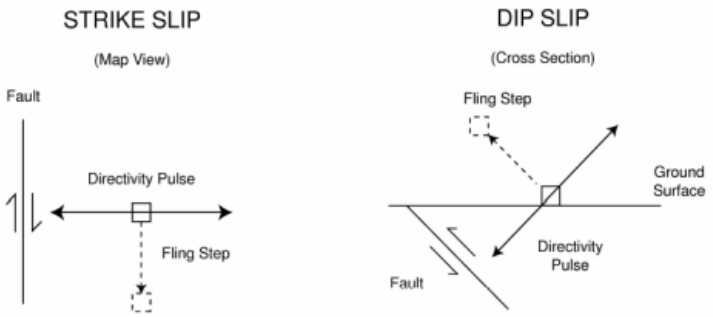
زلزله از مخرب‌ترین پدیده‌های طبیعی است که سالیانه به طور متوسط ۱۵ هزار نفر را کشته و ده ها هزار نفر را مصدوم و بی خانمان می‌سازد. زلزله های نزدیک گسل به دلیل داشتن حرکات پالس‌گونه با پریود بلند در ابتدای رکورد، اعمال نیروی ضربه‌ای بر سازه‌های موجود، نسبت بالای بیشینه سرعت به بیشینه شتاب و وجود بیشینه سرعت بالاتر نسبت به زلزله‌های دور از گسل، تفاوت های حائز اهمیتی با آنها دارند. خسارت‌های ایجاد شده در اثر زلزله‌های کوبه در ژاپن (۱۹۹۵) و بم در ایران (۲۰۰۳) نشان داد که اختلاف فاحشی بین پاسخ سازه‌ها در برابر لرزه‌های دور و نزدیک گسل وجود دارد. همچنین تحقیقات انجام شده پس از وقوع زلزله‌های مذکور نشان داده است که این امر ناشی از اعمال یک انرژی زیاد در یک مدت زمان کوتاه توسط رکوردهای مذکور می باشد. آثار زمین‌لرزه در نزدیکی گسل مخصوصاً در جهت پیشرونده مسیر گسیختگی، باعث بوجود آمدن خسارت شدیدی به سازه ها، بخصوص سازه‌های با زمان تناوب بالا به علت حرکت‌های پالس‌گونه می‌شود. سازه‌هایی که بر طبق نیروهای پایه معمولی ارائه شده در آئین‌نامه‌های لرزه‌ای فعلی طراحی شده‌اند به هیچ وجه نمی‌توانند تامین‌کننده‌ی این نیاز باشند، لذا لزوم بررسی و شناخت رکوردهای نزدیک گسل و گنجاندن تاثیرات این رکوردها در آئین‌نامه‌های لرزه‌ای و بهبود ظرفیت سازه‌ها برای نیازهای بالای تغییرمکانی حاصل از زلزله‌های نزدیک گسل، بسیار حائز اهمیت است[۱]. با توجه به قرار داشتن کشور ایران بر روی کمربند زلزله آلپ- هیمالیا، سازه های ساخته شده همواره در معرض خطر زلزله‌های مخرب هستند. یکی از بارزترین نمونه‌های موجود، زلزله‌ی ویرانگر استان گلستان در سال ۱۳۶۹ و زلزله بم در سال ۱۳۸۲ است که هزاران نفر کشته و میلیاردها ریال خسارت بر جای گذاشتند. شرایط زمین ساختی ایران ایجاب می‌کند که مسئله زلزله و ماهیت آن با حساسیت ویژه‌ای مورد توجه قرار گیرد. بسیاری از شهرهای ایران در مجاورت گسل‌هایی با پتانسیل لرزه‌زایی بالا قرار دارند و به عنوان نمونه شهرهایی مانند تهران، مشهد و تبریز را می توان در این زمینه نام برد. در این راستا لازم است با مطالعه‌ی رفتار لرزه ای انواع ساختمان‌ها تحت زلزله‌هایی که امکان رخداد آنها در کشورمان وجود دارد با ویژگی و ماهیت‌های مختلف، گزارشی از نتایج تحقیق در این زمینه ارائه گردد. همچنین ذکر این نکته نیز بسیار حائز اهمیت است که در آئین‌نامه طراحی سازه‌ها در برابر زلزله ایران، در مورد زمین‌لرزه‌های نزدیک گسل هیچ‌گونه تمهیداتی در نظر گرفته نشده است؛ در صورتی که در پهنه کشور ایران شهرهای زیادی بر روی گسل واقع شده‌اند و یا در فاصله‌ای کمتر از ۲۰ کیلومتر تا گسل قرار دارند و نزدیک به ۷۰ درصد این شهرها سابقه لرزه خیزی با بزرگی بیش از ۶ ریشتر را داشته‌اند. بنابراین بررسی اثرات حوزه نزدیک امری اجتناب ناپذیر است. لذا در این پژوهش تلاش بر آن است که با ارزیابی زلزله‌های حوزه نزدیک گسل بر رفتار سازه‌ها، بویژه ساختمان-های بتنی، اثر جهت‌داری این نوع زلزله‌ها در رفتار لرزه‌ای سازه‌های بتنی کوتاه (۱۰ طبقه) مورد بررسی قرار بگیرد. محدوده نزدیک گسل معمولاً در داخل محدوده ای بین ۱۵ تا ۶۰ کیلومتری از گسل فعال فرض می‌شود[۲]. در این محدوده معمولاً زمین‌لرزه‌ها به مکانیزم شکست، جهت انتشار شکست نسبت به ساختگاه و تغییرمکان های دائمی ناشی از لغزش گسل وابسته می‌باشند. این پارامترها باعث ایجاد دو اثر به نام‌های جهت پذیری شکست[1] و جابجایی ضربه‌ای ماندگار زمین[2] می‌شوند[۳]. جهت‌پذیری شکست شامل دو اثر جهت پذیری پیشرونده[3] و جهت پذیری پسرونده[4] می‌باشد. زمانی که یک گسل شروع به شکسته شدن می‌کند، شکست از نقطه ای بر روی امتداد گسل ایجاد شده و بسته به محل آغاز گسیختگی به ابتدا، انتهای گسل و یا هر دو جهت گسترش می‌یابد. در این حالت اگر انتشار شکست گسل به سمت ساختگاه باشد و جهت لغزش گسل نیز در جهت ساختگاه باشد آنگاه جهت پذیری پیشرونده رخ می‌دهد به‌طوری که پالس ایجاد شده به دلیل نزدیک بودن سرعت انتشار شکست به سرعت موج برشی در سنگ بستر منبع زلزله می‌باشد. معمولاً سرعت شکست کمی کمتر از سرعت موج برشی می باشد. در شکل(۱)، مدل ریاضی مربوط به جهت پذیری شکست

[1] Rupture Directivity
[2] Fling step
[3] Forward Directivity
[4] Backward Directivity

یا ضربه و همچنین جابجایی ضربه‌ای ماندگار زمین نشان داده شده است. همچنین در شکل (۲)، جهت پذیری پالس های نگاشت زلزله‌ها و جابجایی های ماندگار برای گسل های شیب لغز و امتداد لغز نشان داده شده است.



شکل۱: مدل ریاضی مربوط به (الف) جابجایی ماندگار (ب) جهت داری [۴].



شکل۲: جهت پذیری پالس های نگاشت زلزله ها و جابجایی های ماندگار برای گسل های شیب لغز و امتداد لغز [۵] .

۲- سوابق مطالعاتی

عشقی و رزاقی (۲۰۱۲)، در تحقیق خود[۶] دو ساختمان ۳ و ۶ طبقه که بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران طراحی شده است را تحت زلزله های مختلف دور و نزدیک مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده اند که ماکزیمم دریفت طبقات سازه تحت اثر زلزله حوزه نزدیک، بیشتر از زمانی است که سازه تحت اثر زلزله حوزه دور قرار دارد. مخصوصاً در طبقات پآئینی که توجیه این دریفت بالا را بدلیل مشخصه‌ی پالس‌گونه‌ی زلزله‌های حوزه نزدیک دانسته اند. از طرفی با مقایسه‌ی پاسخ غیرخطی قاب‌های بتن مسلح ۳ و ۶ طبقه در برابر زلزله‌های دور و نزدیک گسل این نتیجه حاصل شد که با افزایش ارتفاع سازه، میزان زاویه دریفت طبقات افزایش می‌یابد. چای و همکاران (۲۰۱۴) انواع روش های مدلسازی سازه تحت نگاشت‌های دور و نزدیک گسل را برای دو ساختمان ۹ و ۲۰ طبقه فولادی با قاب خمشی مورد بررسی قرار دادند و نتایج حاصل از تحلیل‌های دینامیکی و استاتیکی را با یکدیگر مقایسه کردند[۷]. در این مطالعه شش مدل ۹ طبقه و شش مدل ۲۰ طبقه بر اساس مقررات NEHRP97 طراحی شد. در ۴ مدل از هر ساختمان ۹ و ۲۰ طبقه، بعد از آزمایش اتصالات تیر کاهش یافته، اتصالات به صورت شکل پذیر مدل شد و در دو مدل دیگر اتصالات همانند اتصالات جوشی قبل از زلزله نورثریج شکننده و ترد مدل گردید. سپس اثرات قاب‌های ثقلی در مقاومت سازه نیز در ۳ مدل

برای هر کدام از ساختمان‌های ۹ و ۲۰ طبقه مورد بررسی قرار گرفت و هر کدام از مدل‌ها تحت ۱۰ نگاشت متداول کالیفرنیا (دور از گسل) و ۱۰ زلزله نزدیک گسل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد مدلی که با خط وسط اعضا فرض شده است، خیلی نرم‌تر و ضعیف‌تر از مدل‌های دیگر است. این مدل برای طراحی ساختمان‌های جدید محافظه کارانه است؛ اما برای ارزیابی ساختمان‌های موجود یا آسیب دیده پیشنهاد نمی‌شود. مدل‌هایی که شامل قاب‌های داخلی ثقلی هستند، نیازهای تغییر مکان نسبی کوچکتر و ظرفیت تغییر مکان نسبی بزرگتری نسبت به دیگر مدل‌ها دارند و اثر ناشی از اندرکنش دال مرکب چندان چشمگیر نیست. از اینرو پیشنهاد شده که بر ای ارزیابی و پیش‌بینی عملکرد قاب‌های فولادی، این اثرات در نظر گرفته شود. قابهایی که دارای شکست اتصال بودند، دارای نیازهای تغییر مکان نسبی بزرگتر و ظرفیت تغیرمکان‌های کوچکتری نسبت به مدل‌های با اتصالات نرم بودند. در مدل‌های با شکست اتصال (قبل از نورثریج)، قاب‌های ثقلی اثر چشم‌گیری در پاسخ سازه دارد. در خیلی از حالات قاب‌های ثقلی داخلی باعث جلوگیری از شکست می‌شوند. بر این اساس پیشنهاد شده است که برای ارزیابی ساختمان‌های با اتصال قبل از نورثریج و سازه‌های آسیب دیده، قاب‌های ثقلی در مدلسازی در نظر گرفته شوند. آنتونیو کیجکو (۲۰۱۴) در تحقیق خود بر روی اثر مولفه قائم زلزله حوزه نزدیک، ساختمان بتن مسلح ۸ طبقه ای با شکل پذیری زیاد را مورد بررسی قرار داد[۸]. وی شتاب g ۰/۳را بر ساختمان وارد نموده و نتایج آنالیزهای او نشان داد که لرزش قائم تاثیری بر جابجایی بام و دریفت طبقات پائینی ندارد ولی باعث افزایش نیروهای فشاری حتی تا ۱۰۰ ٪ یا بیشتر و افزایش نیروهای کششی در ستون‌ها می‌گردد. این نوسان در نیروهای محوری باعث شکست برشی در ستون ها می گردد. دیوتالوی و لندی (۲۰۱۵) در تحقیقات خود، اثر مولفه قائم زلزله‌های حوزه نزدیک را بر روی یک ساختمان ۵ طبقه بررسی نموده و سازه را یک بار تحت زلزله حوزه نزدیک با مولفه افقی و بار دیگر تحت زلزله حوزه نزدیک با مولفه افقی و قائم قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که اصلی‌ترین اثر مولفه قائم در ایجاد نیروهای محوری است که به دلیل نیروهای جانبی از حالت زوجی خارج شده اند و دارای حراتی با پریود پایین هستند که متناظر با پریود قائم سازه می باشد. در ستون‌های خارجی، در جاهایی که نیروی محوری تنها به دلیل ممان‌های واژگونی قابل توجه است و در ستون‌های طبقه همکف، میزان سهم نیروی محوری ناشی از مولفه قائم نسبت به کل نیروی محوری زیاد است و در طبقات بالاتر سهم مولفه قائم نسبت به کل نیروی محوری افزایش پیدا می‌کند و به ۱ به ۷۶ می‌رسد. مقادیر زیاد نیروهای محوری کششی و فشاری باعث ایجاد شکست در فشار یا کشش می‌گردد. ماکزیمم دریفت طبقات افزایش می‌یابد. همچنین گسترش نواحی پلاستیک دیده شده است. در ستون‌ها میانگین شاخص انرژی مستهلک شده در اثر مولفه ی قائم کاهش یافته و در تیرها افزایش می یابد. دلیل کاهش افت انرژی در ستون‌ها می‌تواند به دلیل شکل نامنظم و عجیب چرخه‌های هیسترزیس ممان- انحنا باشد. در تیرها نیز افزایش افت دیده می‌شود که میانگین این شاخص در کل سازه دارای افزایش کمی است. کدید و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیق خود، رفتار ساختمان‌های ۲، ۴ و ۸ طبقه‌ی بتن مسلح را که برمبنای آئین نامه‌ی الجزایری PRA2003 طراحی شده است، در اثر اعمال زلزله های افقی و قائم حوزه نزدیک به طور همزمان مورد بررسی قرار دارند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که در هر سه ساختمان نیروی محوری ستون‌ها افزایش دارد. ترکیب مولفه ی افقی و قائم زلزله تاثیری بر روی نیروی برشی و تغییرمکان‌های افقی ساختمان ها ندارد. ولی اگر مولفی افقی تنها باشد این مقادیر افزایش پیدا می کند. با توجه به مروری بر ادبیات تحقیقات گذشته می توان دریافت که مسئله زلزله‌های حوزه نزدیک گسل و اثر جهت داری آنها بخصوص در سازه های بتنی مسئله‌ای نسبتاً جدیدی است که در دو دهه اخیر بسیار حائز اهمیت شده و نظرات بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است. علیرغم اهمیت این موضوع، هنوز هم در کشور تحقیقات زیادی درخصوص توسعه و گسترش این مسئله صورت نپذیرفته و تحقیقات در این زمینه محدود است. بر این اساس به نظر می‌رسد که مطالعات جهت بررسی اثر جهت داری زلزله های حوزه نزدیک گسل بر رفتار سازه های بتنی ، بسیار حائز اهمیت بوده و تاکنون در تحقیقات مشابه قبلی، در این خصوص بررسی خاصی در کشور صورت نپذیرفته است.

۳- روش تحقیق

در پژوهش حاضر به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات ، ابتدا اقدام به مدلسازی ساختمان بتنی کوتاه با تعداد طبقات ۱۰ دارای سیستم قاب خمشی در نرم افزار[۵] ETABS شده است. سپس براساس دستورالعمل های پیشنهاد شده در آئین‌نامه‌ی مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰- ویرایش چهارم، این سازه ها تحلیل و طراحی می‌شوند. سپس با انتخاب زلزله چی چی به عنوان زلزله مرجع، اثر جهت داری رکورد حاصل از زلزله بر رفتار سازه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. برای این منظور، رکوردهای مختلف زلزله انتخابی و اثر جهت داری آنها با استفاده از نرم افزار Seismostruct[۶] تعیین خواهد شد تا بدین طریق طیف پاسخ شتابنگاشت حاصل از ایستگاه های مختلف ثبت این زلزله بدست آید. لازم به ذکر است که شتابنگاشت حاصل از رکوردهای ثبت شده در ایستگاه های مختلف زلزله چی چی با استفاده از نرم افزار نوشته شده توسط آقای بکر[۷] مورد آنالیز قرار گرفته و پالس‌های جهت‌داری این رکوردها استخراج شده است.سپس سازه‌های تحلیل و طراحی شده در مرحله قبل، با استفاده از نرم افزارSeismostruct بررسی خواهد شد و رفتار این سازه ها تحت اثر ۷ رکورد زلزله انتخابی و با روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی مورد بررسی قرار خواهند گرفت. لازم به ذکر است که رکوردهای ثبت شده از ایستگاه های مختلف برای زلزله چی چی، در دو حالت با و بدون ویژگی جهت‌داری به سازه‌ها اعمال خواهد شد و پاسخ سازه (دریفت طبقات) مورد سنجش و مقایسه قرار می گیرد. درنهایت بر اساس نتایج بدست آمده، تاثیر ماهیت جهت‌داری شتابنگاشت زلزله بر روی سازه‌ها بررسی خواهد شد. سازه بتنی ۱۰ طبقه از نوع مسکونی در شهر تهران با نوع خاک تیپ II در نظر گرفته شده است. همچنین لازم به ذکر است که قاب مدلسازی شده در این تحقیق دارای سیستم باربر به صورت قاب خمشی متوسط در نظر گرفته شده است. همچنین لازم به ذکر است که به منظور در نظر گرفتن اثرات کوتاه بودن سازه، سازه مورد مطالعه، نسبت ارتفاع به عرض سازه به اندازه کمتر از ۱/۵ مورد توجه قرار گرفته است. به این ترتیب این نسبت برای سازه ۱۰ طبقه برابر ۱/۲۵ لحاظ شده است. علاوه بر این مشخصات مصالح مورد استفاده در تحلیل و طراحی برای بتن مصرفی در دال‌ها و فولاد مصرفی در تیر و ستون‌ها در مدل های سازه‌ای به صورت جدول(۱) می‌باشد.

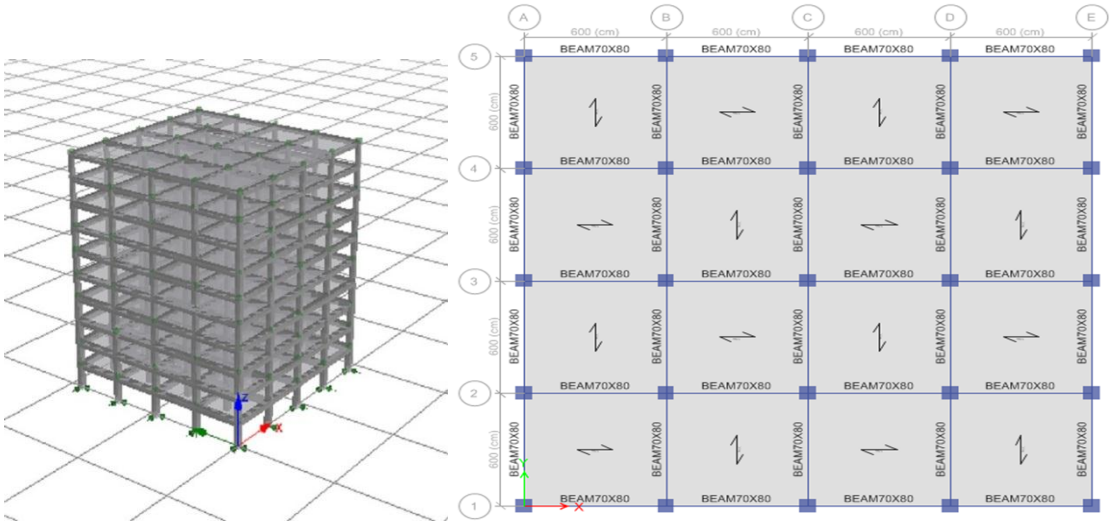
جدول۱: مشخصات مصالح مورد استفاده در مدلسازی سازه ۱۰ طبقه

نوع مصالح	نسبت پواسون	مدول الاستیسیته (Kg/m^2)	مقاومت فشاری (Kg/m^2)	وزن واحد حجم (Kg/m^3)	تنش تسلیم فولاد (Kg/m^2)
بتن	۰/۲	$۲/۲۳\times ۱۰^۹$	۲۵۰×۱۰^۴	۲۵۰۰	-
فولاد	۰/۳	$۲/۰۰\times ۱۰^{۱۰}$	-	۷۸۵۰	۲۴۰۰×۱۰^۴

برای تشکیل مدل های ساختمانی مورد مطالعه در این مطالعه، پلانی مطابق شکل(۳) برای سازه ی ۱۰ طبقه بتنی انتخاب شده است. این پلان صرفاً برای مطالعات و مقایسه های سازه ای در نظر گرفته شده است. پلان سازه ۱۰ طبقه با ابعاد کلی ۲۴×۲۴ متر و دارای چهار دهانه ۶ متری است. ارتفاع هر طبقه از روی کف زیرین تا روی کف بالایی برابر ۳ متر فرض شده است. ذکر این نکته نیز ضروری است که انتخاب پلان ساختمان به گونه ای صورت گرفته که ساختمان ۱۰ طبقه از نوع کوتاه (نسبت ارتفاع به عرض کمتر از ۱/۵) در نظر گرفته شود. در این مطالعه از آئین نامه زلزله ۲۸۰۰ ویرایش چهارم استفاده شده است. با توجه به اینکه سازه بتنی مورد مطالعه در این تحقیق، در شهر تهران و در زمین نوع II واقع شده، لذا در گروه مناطق پهنه با خط نسبی خیلی زیاد قرار گرفته و پس از محاسبات لازم منطبق بر تحلیل طیفی استاندارد ۲۸۰۰، پارامترهای مربوط به ضریب زلزله در سازه ی مورد مطالعه

[5] https://www.csiamerica.com/products/etabs
[2] https://www.thestructuralengineer.info/software/145-SeismoStruct
3 Jack W. Baker http://dx.doi.org/10.1785/0120060255

مطابق با جدول (۲) تعیین شد. مشخصات بارگذاری بر روی سازه ۱۰ طبقه در جدول (۳) ارائه شده است. مشخصات مقاطع به دست آمده برای سازه ی ۱۰، مطابق با جدول(۴) قابل مشاهده است.



شکل۳: پلان و نمای سه بعدی سازه ۱۰ طبقه.

جدول۲: مقادیر پارامترهای مربوط به ضریب زلزله در سازه های بتنی مورد مطالعه براساس تحلیل طیفی منطبق بر استاندارد ۲۸۰۰.

تعداد طبقات	شتاب مبنای طرح (A)	زمان تناوب اصلی (T)	ضریب بازتاب (B)	ضریب اهمیت (I)	ضریب رفتار (R_u)	ضریب زلزله (C)
۱۰	۰/۳۵	۱/۰۶۷	۱/۰۲	۱	۲۵۰۰	۰/۰۹۱۳

جدول۳: مشخصات بارگذاری سازه های مورد مطالعه.

بارگذاری / تعداد طبقات	بار مرده کف‌ها (Kgf/m^2)	بار مرده سقف (Kgf/m^2)	بار معادل تیغه بندی و دیوار (Kgf/m^2)	بار زنده طبقات (Kgf/m^2)	بار مرده بام (Kgf/m^2)	بار زنده بام (Kgf/m^2)
۱۰	۶۴۰	۵۴۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۴۵	۱۵۰

جدول۴: مشخصات مقاطع برای مدل بتنی ۱۰ طبقه.

نوع مقطع / طبقات	مقطع تیر	مقطع ستون
طبقات ۱ تا ۴	BEAM70X80	COL70X70-24TOR26
طبقات ۵ تا ۸	BEAM60X70	COL60X60-20TOR22
طبقات ۹ و ۱۰	BEAM50X60	COL50X50-16TOR20

۳-۱- رکوردهای منتخب جهت انجام تحلیل تاریخچه زمانی

با توجه به نتایج حاصل از آنالیز رکوردها و بررسی طیف‌های پاسخ زلزله چی چی در ایستگاه‌های مختلف، رکوردهایی که اختلاف بین طیف پاسخ در حالت با وجود پالس جهت داری و بدون پالس جهت داری قابل ملاحظه بود، به عنوان رکوردهای مورد استفاده در تحلیل تاریخچه زمانی انتخاب گردید. بر این اساس ۷ رکورد زلزله حاصل از ایستگاه‌های مختلف ثبت شتابنگاشت زلزله چی چی برای تعیین طیف پاسخ شتابنگاشت ها انتخاب شده است. با استفاده از نرم افزار Seismostruct محدوده موثر[8] بین ۵٪ - ۹۵٪ هر یک از شتابنگشت زلزله ها بر اساس زمان استخراج شد تا از هدررفت زمان تحلیل جلوگیری به عمل آید، زمان‌های موثر هر یک از زلزله ها در جهت شرق- غرب و در جهت شمال- جنوب به ترتیب در جداول (۵) و (۶) آمده است. در شکل(۴) مشخصات و موقعیت ایستگاه ها ی انتخاب شده نسبت به گسل چی چی نمایش داده شده است.

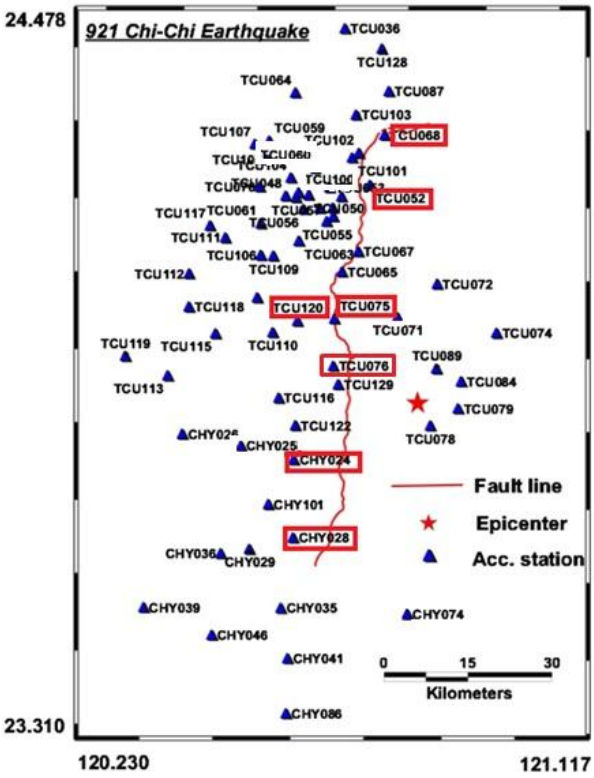
جدول۵: محدوده موثر بین ۵٪ - ۹۵٪ بر حسب ثانیه در جهت شرق – غرب.

	بدون جهت داری		با جهت داری	
	زمان	محدوده	زمان	محدوده
CHY024	۲۵/۰۹	۵۳/۰۱-۲۷/۹۲	۲۴/۱۹	۵۲/۱۱-۲۷/۹۲
CHY028	۹/۲۵	۳۷/۴۵-۲۸/۲۰	۸/۷	۳۶/۹۰-۲۸/۲۰
TCU052	۱۹/۹۹	۴۹/۱۴-۲۹/۱۵	۱۶/۷۸	۴۶/۵۲-۲۹/۷۴
TCU068	۱۳/۵۴	۴۴/۲۶-۳۰/۷۲	۱۲/۳۷	۴۴/۳۸-۳۲/۰۱
TCU075	۲۷/۴۲	۵۲/۳۲-۲۴/۹	۲۷/۰۳	۵۲/۰۵-۲۵/۰۲
TCU076	۲۹/۷۹	۵۳/۳۶-۲۳/۵۷	۲۹/۶۶	۵۳/۲۷-۲۳/۶۱
TCU120	۳۳/۳۶	۵۹/۵۷-۲۶/۲۱	۳۲/۶۵	۵۸/۸۶-۲۶/۲۱

جدول۶: محدوده موثر بین ۵٪ - ۹۵٪ بر حسب ثانیه در جهت شمال-جنوب.

	بدون جهت داری		با جهت داری	
	زمان	محدوده	زمان	محدوده
CHY024	۲۷/۲۵	۵۶/۴۷-۲۹/۲۲	۲۷/۲۵	۵۶/۴۵-۲۹/۲
CHY028	۷/۷۱	۳۶/۷۹-۲۹/۰۸	۵/۹۲	۳۵/۰۰-۲۹/۰۸
TCU052	۱۶/۷۷	۴۵/۴۵-۲۸/۶۸	۱۵/۹۳	۴۵/۳۴-۲۹/۴۱
TCU068	۱۵/۸۴	۴۶/۰۶-۳۰/۲۲	۱۳/۲	۴۵/۲۵-۳۲/۶۵
TCU075	۳۱/۵۲	۵۷/۴۲-۲۵/۹	۳۱/۲	۵۷/۱۳-۳۵/۹۳
TCU076	۲۸/۲۵	۵۳/۳۲-۲۵/۰۷	۲۸/۱۴	۵۳/۳۱-۲۷/۰۷
TCU120	۳۲/۹	۵۹/۳۴-۲۶/۴۴	۳۲/۶۱	۵۹/۰۵-۲۶/۴۴

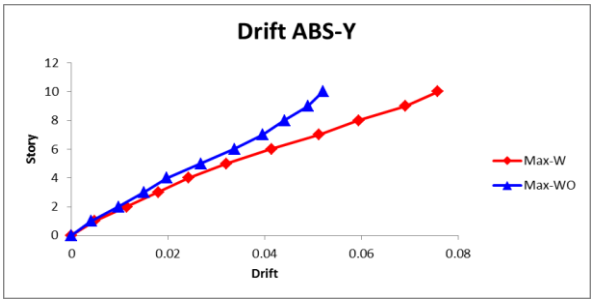
[8] Arias Intensity



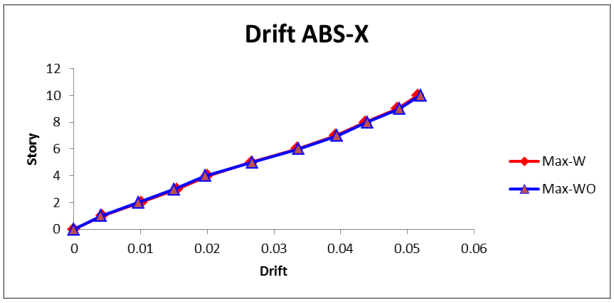
شکل۴: مشخصات و موقعیت ایستگاه ها ی انتخاب شده نسبت به گسل چی چی [۹].

۴- نتایج تحلیل

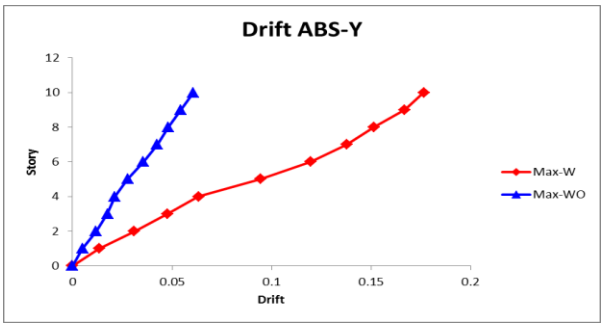
پس از گزینش رکوردهای مورد نظر زلزله چی چی و تعیین طیف های پاسخ مربوط به هر یک از رکوردها در جهت‌های مختلف، اقدام به مدلسازی سه بعدی سازه‌های بتنی با رفتار غیر خطی در نرم‌افزار SeismoStruct شد. سپس سازه ۱۰ طبقه تحت اثر تحلیل تاریخچه زمانی با رکوردهای مشخص شده،قرار گرفته و نتایج حاصل از پاسخ رفتار سازه به صورت دریفت طبقات در دو حالت مختلف با در نظر گرفتن اثر جهت داری (W) و بدون در نظر گرفتن اثر جهت داری (WO) ارائه شده است. پس از انجام تحلیل تاریخچه زمانی بر روی سازه ی مورد مطالعه، به منظور بررسی اثر جهت داری بر پاسخ رفتار سازه، دریفت (جابجایی نسبی) طبقات در سازه ی مورد مطالعه، بررسی شده است. در ادامه، نتایج مربوط به ماکزیمم دریفت طبقات برای سازه ۱۰ طبقه بر اثر زلزله‌های اعمالی هر ایستگاه به تفکیک ارائه شده است. لازم به ذکر است که مولفه های جنوب-شمال و غرب-شرق بطور همزمان در زیر سازه قرار گرفت.زمان تناوب پالس جهت داری (Tp) و زمان تناوب سازه (Ts) که برابر ۱/۷۱۲ می باشد در هر یک از نمودارهای مربوط به نتایج ارائه شده است. در شکل(۵)، نتایج ماکزیمم دریفت طبقات، حاصل از آنالیز و اعمال زلزله ایستگاه ها ی ۷ گانه ی منتخب در دو حالت با اثر جهت داری (W) و بدون اثر جهت داری (WO) در جهت غرب- شرق و در جهت جنوب- شمال در مورد سازه ۱۰ طبقه نمایش داده شده است.



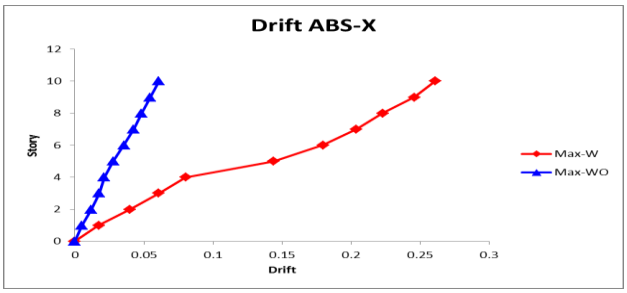
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله CHY024 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت جنوب- شمال



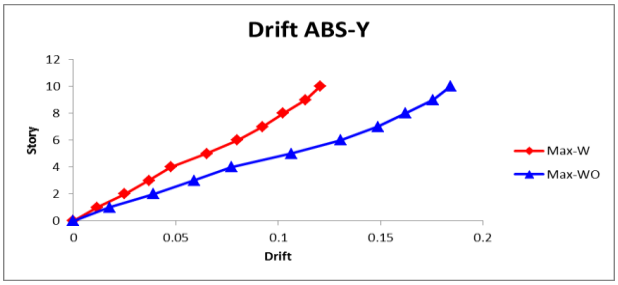
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله CHY024 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت غرب- شرق



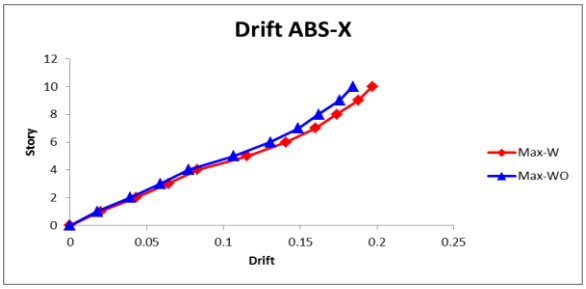
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله CHY028 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت جنوب- شمال



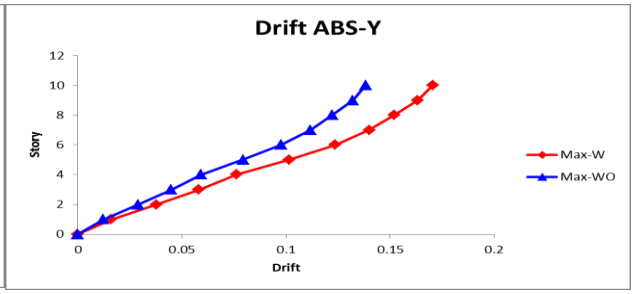
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله CHY028 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت غرب- شرق



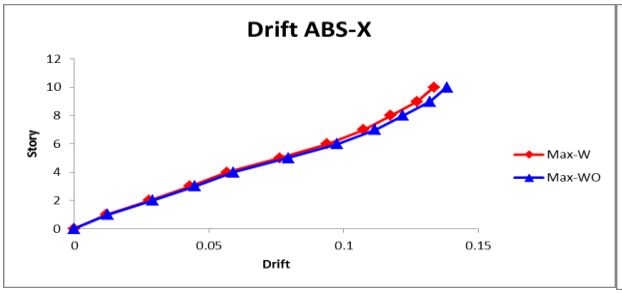
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله TCU052 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت جنوب- شمال



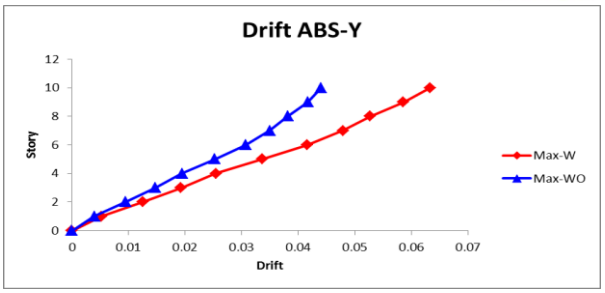
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله TCU052 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت غرب- شرق



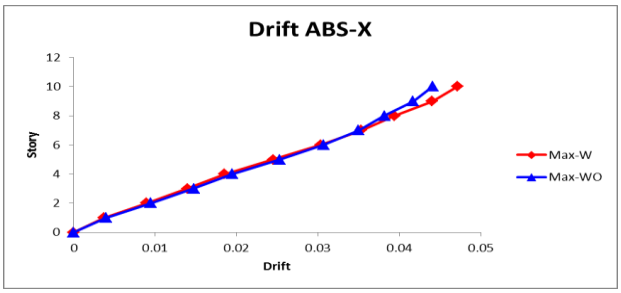
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله TCU068 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت جنوب- شمال



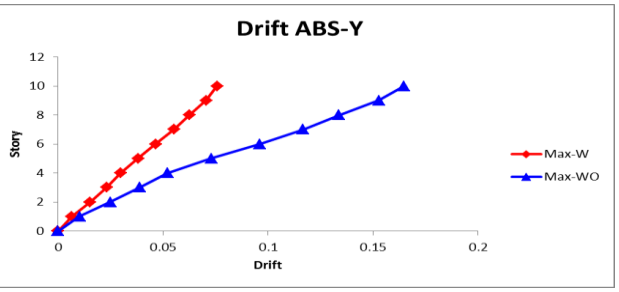
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله TCU068 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت غرب- شرق



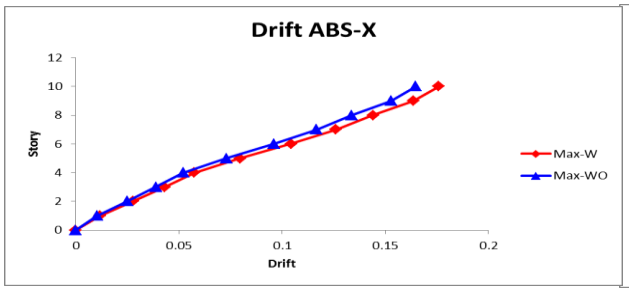
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله TCU075 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت جنوب- شمال



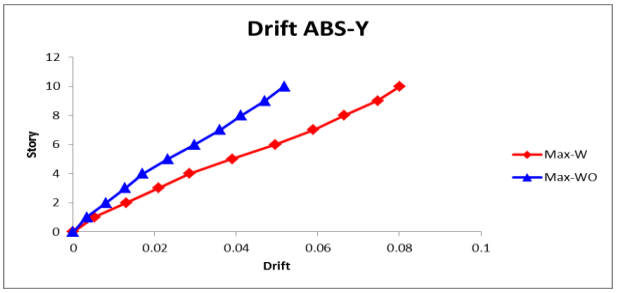
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله TCU075 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت غرب- شرق



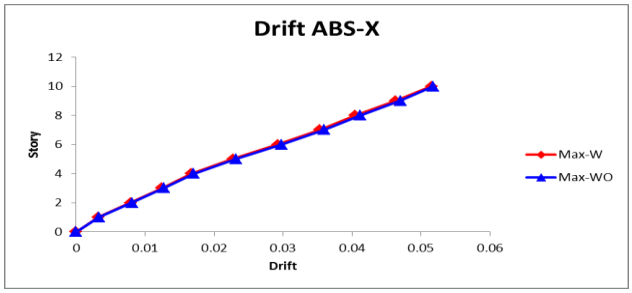
ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله TCU076 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت جنوب- شمال



ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله TCU076 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت غرب- شرق



ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله TCU120 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت جنوب- شمال



ماکزیمم دریفت طبقات تحت زلزله TCU120 برای سازه ۱۰ طبقه در جهت غرب- شرق

شکل۵: ماکزیمم دریفت طبقات سازه ۱۰ طبقه تحت اثر رکوردهای منتخب در دو جهت جنوب شمال و غرب شرق.

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

براساس تحلیل های انجام شده در این تحقیق، می توان نتایج حاصل را به صورت خلاصه به شرح زیر بیان نمود:

۱- به طور کلی با توجه به ماهیت غیرقابل پیش‌بینی زلزله، در این مطالعه نتایج به صورت کاملاً اتفاقی بدست آمده و از الگوی خاصی پیروی نمی‌کند. با این حال نتایج بدست آمده نشان داد که در بعضی از رکوردهای حاصل از زلزله چی چی، در سازه ۱۰ طبقه، جهت داری زلزله حوزه نزدیک گسل، منجر به افزایش و یا کاهش دریفت و جابجایی طبقات شده است.

۲- نسبت پریود غالب حاصل از رکورد زلزله به پریود سازه (T_p/T) با مقدار دریفت نسبی و جابجایی طبقات سازه نسبت مستقیم داشته و در جهت عمود بر گسلش این تاثیر بیشتر است.

۳- نتایج مربوط به بررسی اثر جهت داری رکوردهای مختلف زلزله حوزه نزدیک گسل بر روی سازه های بتنی نشان داد که جهت داری همیشه تاثیر یکنواختی بر روی رفتار سازه نبوده و از الگوی ثابتی پیروی نمی‌کند. چراکه براساس نتایج بدست آمده در نظر گرفتن جهت داری رکورد زلزله با لحاظ کردن جهات شمال- جنوب و شرق- غرب، در برخی موارد منجر به افزایش دریفت و جابجایی و در برخی موارد منجر به کاهش جابجایی‌ها شده است.

۴- در سازه‌های کوتاه‌تر در بسیاری از موارد جهت داری رکورد زلزله، تاثیر چندانی بر پاسخ دریفت طبقات سازه نداشته و حتی در برخی موارد، باعث کاهش پاسخ سازه شده است.

۶- مراجع

[1]-Kalkan, E., Adalier, K., and Pamuk, A., 2004., **Near source effects and engineering implications of recent earthquakes in Turkey**, Fifth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering NewYork ,NY.
[2]-Sinan, A., and Polat, G., 2013, **A Near-Fault Design Spectrum and its Drift Limits**, Fourth International Conference of Earthquake Engineering and Seismology, CD-ROM, p.BS-17.
[3]- Decanini, L., Mollaioli, F., and Saragoni, R.,2014, **Energy and Displacement DemandImposed by Near-Source Ground Motions,** 12WCEE. New Zealand. Paper1136.
[4]-Kalkan, E., and Kunnath, S.K., 2006, **Effects of fling step and forward directivity on seismic response of buildings**. Earthquake Spectra, 22:367-90.
[5]-Somerville, P.G., Smith, N.F., Graves, R.W., and Abrahamson, N.A. 1997. **Modification of empirical strong ground motion attenuation relations to include the amplitude and duration effects of rupture directivity**, Seismological Research Letters, 68, 199-222.
[6]- Eshghi, S., and Razzaghi, M.S., 2010, **Behavior of RC Framed Structures Design According to Iranian seismic Code due to Near – Fault Earthquakes**, Iran Civil Center.com-Technical and Educational Website of Iranian Engineers.
[7]-Chai, J., Teng, T., Liao, W., 2014, **Numerical Simulation of Near-Fault Ground Motions and InducedStructural Responces**, 13th World Conf.on Earthquake Engineering, Paper No.3309.
[8]- Kijko, A., 2014, **Stationary Estimation of Maximum Reginal Earthquake Magnitude Mmax**, Workshop of Seismicity Modeling in Seismic Hazard Mapping, Poljce, Slovenia.
[9]-Wang, G.Q., Zhou, X.Y., Zhang, P.Z., et al., 2002, **Characteristics of amplitude and duration for near fault strong ground motion from the 1999 Chi-Chi Taiwan earthquake**, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.22(1), 73-96.
[10]-Nielsen, G., and Ozdemir, H., 2013, **Quantification of delay factors using the relative importance index method for contruction projects in Turkey**, Master Thesis, Olabia University.
[11]- Saaty, T.L., 1980, **The Analytic Hierarchy Process**, McGraw Hill, New York, 1980.