

## Seismic Evaluation of Dual SMF-SCBF System with Viscous Dampers and Lead-Core Rubber Bearings

Ali Parvari\*

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein, Iran.

Arash Bayat

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Hormozghan University, Hormozghan, Iran.

Reza Eskandari

M.Sc., Department of Civil Engineering, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein, Iran.

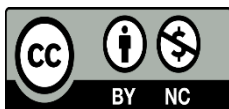
ali.parvari@iau.ac.ir

### Keywords

Performance Level,  
Nonlinear Static Analysis,  
Nonlinear Dynamic  
Analysis,  
Viscous Damper,  
Lead-Core Rubber Bearing  
Isolator

### Abstract

This study considers the combined effect of viscous dampers and lead-core rubber bearings seismic isolator systems on the performance and seismic response of structures. Three building frames (10, 20, and 30 stories), each with a dual structural system of special moment frames (SMF) and special concentrically braced frames (SCBF), are designed and analyzed. The study uses nonlinear static (push-over) and nonlinear dynamic analyses, with seven pairs of accelerograms under normal and combined loading modes, incorporating viscous dampers and lead-core rubber bearings isolators. The analyses are performed using ETABS2019 software to evaluate life-safety performance. The implementation of the proposed systems significantly improves structural performance, increasing structural capacity and ductility. Results from the pushover analysis show that the combined use of these systems enhances the target displacement of 10-, 20-, and 30-story frames. Under uniform load distribution, this increase is 3.7, 1.7, and 1.9 times, respectively, while under triangular load distribution, it is 3.1, 1.6, and 2.9 times the target displacement capacity of the original structure. Additionally, these systems significantly reduce the relative story drift.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

(این نشریه تحت قانون بین المللی کپی رایت Creative Commons: BY-NC می باشد).

\* Corresponding Author

# ارزیابی لرزه‌ای سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی ویژه با مهاربند همگرای ویژه فولادی مجهز به میراگر ویسکوز و جداساز لاستیکی با

## هسته سربی

علی پروری\*

استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، خمین، ایران

آرش بیات

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

رضا اسکندری

کارشناس ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، خمین، ایران

ali.parvari@iau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۰ خرداد ۱۴۰۳

تاریخ دریافت: ۱۸ بهمن ۱۴۰۲

## چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثر توام میراگر ویسکوز و سیستم جداساز لاستیکی با هسته سربی بر سطح عملکرد و پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها می‌باشد. بدین منظور سه قاب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه با سیستم سازه‌ای دوگانه مهاربند همگرای ویژه فولادی و قاب خمشی ویژه فولادی طراحی شده و هر یک از قاب‌ها تحت تحلیل غیرخطی استاتیکی (پوش‌آور) و دینامیکی غیرخطی با در نظر گرفتن ۷ زوج شتاب نگاشت در حالات نرمال و توام با در نظر گرفتن سیستم میراگر ویسکوز و جداساز لاستیکی با هسته سربی با نرم‌افزار ETABS2019 برای سطح عملکرد ایمنی جانی مورد تحلیل قرار گرفته شد. نتیجتاً به کارگیری سیستم‌های مذکور سبب بهبود عملکرد سازه و همچنین افزایش ظرفیت و شکل‌پذیری سازه به میزان قابل توجهی گردید. نتایج حاصل از تحلیل پوش‌آور نشان می‌دهد که به کارگیری توام سیستم‌های مذکور سبب افزایش تغییر مکان هدف سازه در قاب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه در حالت توزیع بار یکنواخت به ترتیب به میزان ۳/۷، ۱/۷ و ۱/۹ برابر و در حالت توزیع بار مثلثی به ترتیب به میزان ۳/۱، ۱/۶ و ۲/۹ برابر ظرفیت تغییر مکان هدف سازه اصلی و همچنین سبب کاهش قابل توجه دررفت نسبی طبقات گردیده است.

**واژگان کلیدی:** سطح عملکرد، تحلیل استاتیکی غیرخطی، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی، میراگر ویسکوز، جداساز

لاستیکی با هسته سربی.

## ۱- مقدمه

جداساز لاستیکی هسته سربی و جداساز آونگی تک قوسی میباشند. برای مقایسه رفتار این جداسازها زمان تناوب مؤثر را به عنوان یکی از مهمترین خصوصیات جداساز انتخاب شده است. نتایج این پژوهش نشان داده است که کارایی هر دو نوع سامانه جداساز لاستیکی هسته سربی و جداساز اصطکاکی تک قوسی با افزایش ارتفاع ساختمان کاهش پیدا میکند.

فخاری نیا و همکاران [۶] قاب‌های با سیستم سازه‌ای قاب خمشی فولادی متوسط را در حالت وجود و عدم وجود جداساز لرزه‌ای لاستیکی با هسته سربی تحت خرابی پیش رونده را مورد بررسی قرار دادند. آنها با به کارگیری تحلیل استاتیکی و دینامیکی غیر خطی به حذف ستون درمکان‌های مختلف سازه پرداختند. نتایج نشان دادند که به کارگیری سیستم جداساز لرزه‌ای در سازه کاهش پاسخ سازه تحت تاثیر زلزله و تاثیر بسیار زیادی در جلوگیری از افزایش خرابی در محدوده وسیع و محدود کردن خرابی تحت بارهای لرزه‌ای به صورت خرابی موضعی در سازه را به همراه دارد.

از جمله معایب سیستم‌های دوگانه افزایش احتمال واژگونی توام با افزایش ارتفاع را سازه اشاره نمود. همچنین سیستم‌های دوگانه دارای مقاومت و سختی زیاد و همچنین شکل پذیری اندک می باشد. از طرفی شکل پذیری اندک سبب رفتار شکننده سازه می‌گردد. در مطالعه حاضر به تحلیل و بررسی تاثیر افزودن میراگر و جداساز لرزه‌ای در سازه بر رفتار و مقاومت سازه با توجه به روش‌های نامبرده شده پرداخته و اساس مقایسه سازه‌های ذکر شده دریافت و تغییر مکان نسبی طبقات و همچنین تغییر مکان هدف سازه و برش پایه نظیر آن می‌باشد.

## ۲- مشخصات سازه

قاب‌های مذکور دارای ۳ دهانه به طول ۴ متر و ارتفاع طبقات ۳ متر و پلان سازه‌ای قاب‌های مذکور مطابق با (شکل ۱) می‌باشند، بارهای مرده بام و طبقات به ترتیب برابر ۶۱۰ و ۵۸۰ کیلوگرم بر مترمربع و بارهای زنده بام و طبقات به ترتیب برابر ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع و بار دیوارهای پیرامون و جان پناه به ترتیب برابر ۲۸۰ و ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مربع می‌باشد. مقاطع تیر ها IPE و مقاطع ستون‌ها BOX ساخته شده از ورق و مقاطع مهاربندها 2UNP و ضریب رفتار سازه برابر با ۷ و ساختمان سازه با پهنه خطر نسبی خیلی زیاد و خاک نوع سه می‌باشد (شکل ۲ و ۳).

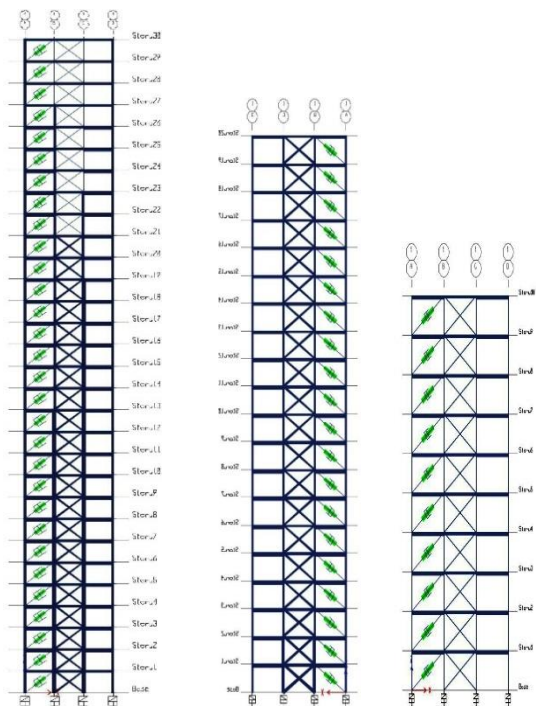
تحلیل دینامیکی غیرخطی در مدل‌سازی عددی سازه‌ها یکی از دقیقترین روش‌ها به شمار می‌رود اما دقیق بودن این روش وابسته به متغیرهای داده‌های صحیح نظیر مقیاس کردن شتاب نگاشت‌ها، مدل‌سازی میرایی ذاتی و مدل‌سازی رفتار تناوبی سازه می‌باشد [۱]. همچنین روش تحلیل استاتیکی غیر خطی نیز یک روش مناسب و بهینه به جهت صرفه‌جویی در زمان و هزینه برای تحلیل و بررسی اولیه سازه می‌باشد اما برای تحلیل دقیق و کامل تر باید از روش‌های دقیق تر و جامع تر دیگر نظیر روش منحنی‌های شکنندگی استفاده نمود.

قشلاقی و همکاران [۲] به بررسی تأثیر میراگرهای ویسکوز بر پاسخ لرزه‌ای قاب‌های فولادی SAC ۳، ۹ و ۲۰ طبقه پرداختند. آنها مدل عددی میراگر ویسکوز را در نرم‌افزار Abaqus شبیه‌سازی نموده و اثر زلزله‌های حوزه دور و نزدیک نظیر امپریال ولی، لوما پرتا و نورث‌ریج را بر سازه ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که استفاده از میراگرهای ویسکوز سبب کاهش دریافت به طور میانگین به میزان ۲۰٪، افزایش ظرفیت باربری به طور میانگین به میزان ۳۰٪ و بهبود جذب انرژی به میزان ۳۵٪ می‌گردد.

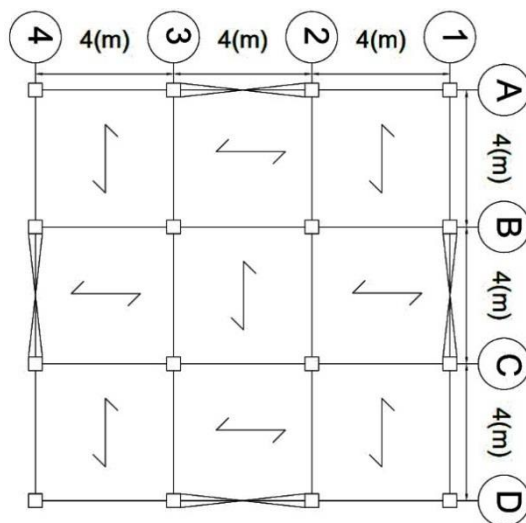
قشلاقی و همکاران [۳] به بررسی تاثیر میراگرهای ویسکوز بر پاسخ لرزه‌ای سازه‌های بلند مرتبه فولادی با تعداد طبقات ۱۲، ۲۲ و ۳۲ طبقه در برابر بارهای لرزه‌ای با استفاده از نرم افزار آباکوس پرداختند و میزان جذب انرژی و ظرفیت باربری سازه‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آنها با میانگین‌گیری از نتایج حاصله از ۳ سازه مورد مطالعه در ارتباط با جذب انرژی و ظرفیت باربری سازه به ترتیب افزایش ۲۲ درصدی و ۱۳ درصدی را نشان داد.

شهنائی و همکاران [۴] عملکرد لرزه‌ای قاب‌های ۴، ۸ و ۱۲ طبقه با سیستم سازه‌ای قاب خمشی ویژه فولادی تحت رکورد‌های دور از گسل با وجود و بدون وجود میراگر ویسکوز را بر اساس FEMA P-695 را مورد بررسی قرار دادند. نسبت میرایی میراگر ویسکوز برای قاب‌های ۴ و ۸ طبقه معادل ۱۵ درصد و برای قاب‌های ۱۲ طبقه معادل ۲۰ درصد بوده است و قاب‌ها در پژوهش مذکور تحت تحلیل دینامیکی غیر خطی فزاینده با وجود ۴۴ رکورد زلزله دور از گسل قرار گرفتند. نتایج نشان داده است که با بررسی منحنی میانه تحلیل‌های دینامیکی غیر خطی، در سطح احتمال ۵۰ درصد برای قاب‌های خمشی دارای میراگر ویسکوز، مقدار ظرفیت فروریزش قاب‌های ۴، ۸ و ۱۲ طبقه به ترتیب به میزان ۲۸، ۸۸ و ۷۴ درصد افزایش یافته است.

ایمانی کله سر [۵] در پژوهشی به ارزیابی عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی بر روی دو نوع سامانه جداساز لرزه‌ای تحت زلزله‌های حوزه دور از گسل پرداخته است. جداسازهای مورد استفاده،



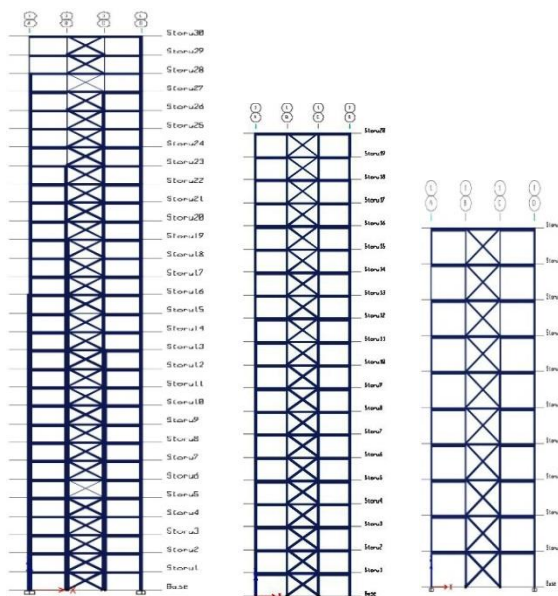
شکل ۳- قاب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه همراه با میراگر ویسکوز و جداساز



شکل ۱- پلان سازه ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه

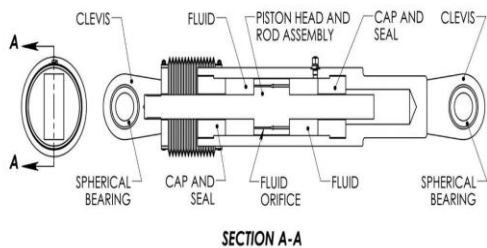
### ۳- مراحل تحلیل سازه

(شکل ۴) مراحل انجام تحلیل قاب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه با به کارگیری توام میراگر ویسکوز و جداساز لرزه‌ای نشان داده شده است.



شکل ۲- قاب‌های دو بعدی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه

پیستون از روزنه ها عبور کرده و اصطکاک بین ذرات سیال و دیواره سیلندر به دلیل سرعت زیاد جریان عبوری به وجود می آید که نهایتاً منجر به استهلاک انرژی<sup>۲</sup> می شود. [۸] (شکل ۵).



شکل ۵ - میراگر ویسکوز [۹]

آیین نامه مورد استفاده جهت طراحی میراگرهای ویسکوز موجود آیین نامه NEHRP۲۰۰۰ می باشد [۱۰]. نتایج طراحی میراگرهای ویسکوز با در نظر گرفتن میرایی ویسکوز به میزان ۱۵ درصد برای قاب های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه مطابق با (جدول ۱) می باشد.

در (جدول ۱) C و k به ترتیب نشان دهنده ضریب میرایی و سختی میراگرهای ویسکوز می باشند.

جدول ۱- مشخصات میراگر های ویسکوز طبقات

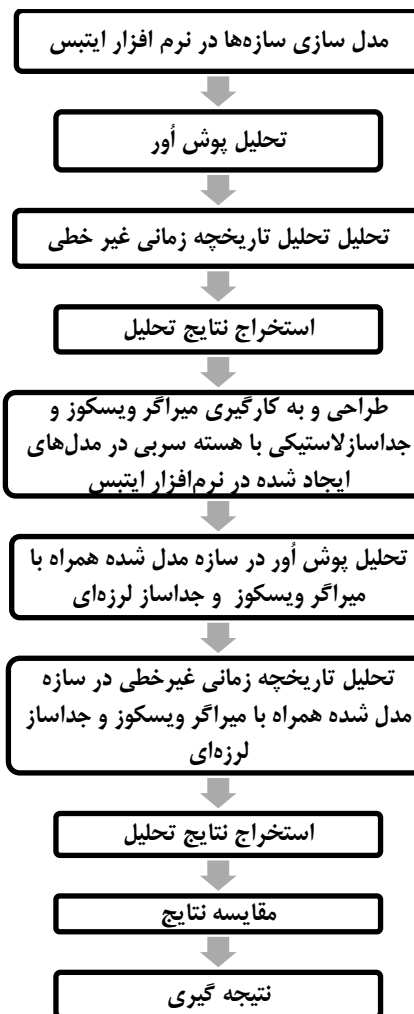
طبقات	k	C
	(ton/cm)	(ton.s/cm)
۱۰	۹۵/۲۸۶	۰/۱۰۷
۲۰	۹۲/۱۹۰	۰/۱۰۸
۳۰	۱۰۸/۷۸۱	۰/۱۷۳

#### ۵- جداساز لاستیکی با هسته سربی

جداساز لاستیکی با هسته سربی<sup>۳</sup> ابتدا توسط رایبسون و تاگر ارائه شدند. جداسازها متشکل از تعدادی لایه های لاستیکی و فولادی می باشند که به صورت یک در میان قرار گرفته شدند علاوه بر آن تعداد یک و یا چند عدد هسته سربی در مرکز جداساز قرار داده شده است. نقش لایه های فولادی جهت افزایش سختی محوری و مانعی برای بشکه ای شدن جداساز می باشد از مزایای این جداسازها می توان به بازگشت جداساز به حالت اولیه خود پس از بارهای جانبی مانند زلزله به جهت خواص ارتجاعی لاستیک اشاره نمود. ۱۵ تا ۳۵ درصد

<sup>۲</sup>Energy Dissipation

<sup>۳</sup>LRB: Lead-Core Rubber Bearings



شکل ۴- فلوجارت مراحل تحلیل سازه

#### ۴-میراگر ویسکوز<sup>۱</sup>

از جمله میراگرهایی که با به کارگیری خواص ویسکوزیته سیالات توسعه یافته اند و در سیستم های سازه ای به کار می روند. عملکرد میراگرهای ویسکوز فعال بر اساس اصل جریان سیال از روزنه می باشد. این میراگرها حساس به تغییرات دمایی نمی باشند و رفتاری خطی دارند [۷].

میراگر ویسکوز شامل یک سیلندر اشباع شده توسط روغن سیلیکون (مایع دارای ویسکوزیته بالا) به طوری که داخل سیلندر یک سر پیستون فولادی ضد زنگ با سر دهانه برنزی حاوی روزنه هایی می باشد وجود دارد. روغن سیلیکون با حرکت

<sup>۱</sup>Viscous Fluid Damper

جدول ۴- مشخصات جداساز لاستیکی با هسته سربی ۳۰ طبقه

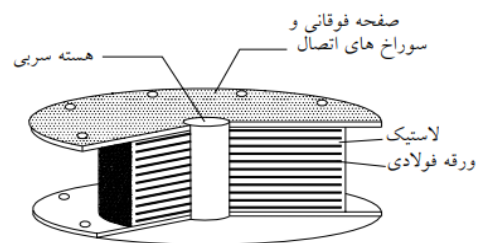
	$C_{eff}$	(ton.s/cm)	۱/۵۲۲
$C_1$	$K_{eff}$	(ton/cm)	۰/۲۰۳
$C_4$	$K_d$	(ton/cm)	۰/۱۵۵
	$F_y$	(ton)	۴/۵۸۵
	$C_{eff}$	(ton.s/cm)	۱/۵۲۲
$C_2$	$K_{eff}$	(ton/cm)	۰/۲۸۸
$C_3$	$K_d$	(ton/cm)	۰/۲۲۰
	$F_y$	(ton)	۶/۵۰۴

در جداول ۲، ۳ و ۴ حروف  $C_1$  و  $C_4$  به ترتیب نشان دهنده ستون های شماره ۱ و ۴،  $C_2$  و  $C_3$  به ترتیب نشان دهنده ستون های شماره ۲ و ۳ در طبقه اول می باشند که مطابق با شماره گذاری نرم افزار نامگذاری شده اند. همچنین  $C_{eff}$  و  $K_{eff}$  به ترتیب میرایی موثر و سختی موثر و  $K_d$  و  $F_y$  به ترتیب سختی ثانویه و مقاومت تسلیم را نشان می دهد.

#### ۶- تحلیل استاتیکی غیر خطی

در مطالعه حاضر از نرم افزار ETABS۲۰۱۹ جهت تحلیل رفتار غیر ارتجاعی سازه ها و تحت دو الگوی بار یکنواخت و مثلثی مورد تحلیل قرار گرفته است. الگوهای بار ثقلی کاربرده شده در این تحلیل مطابق با آیین نامه ۱۳-۴۱-۱۳ ASCE/SEI که عبارت است از (DL+LL) و ۱/۱ DL می باشد [۱۳]. مفاصل پلاستیک  $M_3$  در تیرها و در ستون ها P- ۰/۹ در  $M_2-M_3$  در فاصله ۵ و ۹۵ درصد طول به ترتیب در ابتدا و انتهای عضو و در مهاربندها مفاصل پلاستیک P در ۵۰ درصد طول در نظر گرفته شده است. ویژگی غیر خطی مفاصل پلاستیک برای سطح عملکرد ایمنی جانی بر اساس آیین نامه ۱۳-۴۱-۱۳ ASCE/SEI مدل سازی می شوند [۱۳]. نتایج حاصل از تحلیل فوق برای سازه های مذکور بدون وجود سیستم های میراگر ویسکوز و سیستم جداساز لرزه ای سرب- لاستیکی در (جدول ۵) و به کارگیری آنها در (جدول ۶) برای سازه ها نشان داده شده است.

مقدار میرایی معادلی است که برای جداساز لاستیکی با هسته سربی در نظر می گیرند [۱۱]. جزییات این جداسازها در (شکل ۶) نمایش داده شده است.



شکل ۶- نمای جداساز لاستیکی با هسته سربی [۱۲]

آیین نامه مورد نظر جهت طراحی جداساز لاستیکی با هسته سربی در مطالعه حاضر فصل ۱۳ آیین نامه NEHRP۲۰۰۰ می باشد که با توجه به طبقات سازه از روش دینامیکی و روش نیروی جانبی معادل<sup>۱</sup> (ELF) برای طراحی سازه و نشریه ۵۲۳ استفاده شده است [۸، ۱۰، ۱۲]. مشخصات جداساز لاستیکی با هسته سربی در (جدول ۲، ۳ و ۴) به ترتیب برای قاب های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه نمایش داده شده است.

جدول ۲- مشخصات جداساز لاستیکی با هسته سربی ۱۰ طبقه

	$C_{eff}$	(ton.s/cm)	۰/۴۲۷
$C_1$	$K_{eff}$	(ton/cm)	۰/۱۳۰
$C_4$	$K_d$	(ton/cm)	۰/۰۹۹
	$F_y$	(ton)	۲/۰۵۸
	$C_{eff}$	(ton.s/cm)	۰/۴۲۷
$C_2$	$K_{eff}$	(ton/cm)	۰/۱۶۹
$C_3$	$K_d$	(ton/cm)	۰/۱۲۹
	$F_y$	(ton)	۲/۶۸۳

جدول ۳- مشخصات جداساز لاستیکی با هسته سربی ۲۰ طبقه

	$C_{eff}$	(ton.s/cm)	۰/۸۲۴
$C_1$	$K_{eff}$	(ton/cm)	۰/۳۷۴
$C_4$	$K_d$	(ton/cm)	۰/۲۸۵
	$F_y$	(ton)	۶/۲۱۶
	$C_{eff}$	(ton.s/cm)	۰/۸۲۴
$C_2$	$K_{eff}$	(ton/cm)	۰/۳۲۱
$C_3$	$K_d$	(ton/cm)	۰/۲۴۵
	$F_y$	(ton)	۵/۳۳۸

<sup>۱</sup>Equivalent Lateral Force



جدول ۵- تغییر مکان هدف سازه و برش پایه نظیر آن

طبقات	۱۰			۲۰			۳۰									
	Un <sub>1</sub>	۳۰/۵۶۱	۵۳/۸۹۸	۶۴/۸۶۰	Un <sub>2</sub>	۳۳/۲۴۸	۵۶/۷۸۴	۷۱/۲۲۴	Tr <sub>1</sub>	۲۵/۱۲۱	۴۵/۹۱۰	۶۰/۰۴۲	Tr <sub>2</sub>	۲۶/۶۰۵	۴۸/۴۶۱	۶۲/۷۷۳
V <sub>r</sub> ton	Un <sub>1</sub>	۳۰/۵۶۱	۵۳/۸۹۸	۶۴/۸۶۰	Un <sub>2</sub>	۳۳/۲۴۸	۵۶/۷۸۴	۷۱/۲۲۴	Tr <sub>1</sub>	۲۵/۱۲۱	۴۵/۹۱۰	۶۰/۰۴۲	Tr <sub>2</sub>	۲۶/۶۰۵	۴۸/۴۶۱	۶۲/۷۷۳
	Un <sub>1</sub>	۲۵/۳۹۰	۵۴/۸۱۰	۱۰۶/۱۷۹	Un <sub>2</sub>	۲۵/۳۴۰	۵۴/۱۶۰	۹۵/۱۰۰	Tr <sub>1</sub>	۳۱/۰۵۰	۶۸/۱۶۰	۷۳/۴۶۵	Tr <sub>2</sub>	۳۱/۰۲۰	۶۷/۶۱۰	۷۵/۹۳۰

جدول ۶- تغییر مکان هدف سازه و برش پایه نظیر آن با وجود میراگر

ویسکوز و جداساز لرزه ای

طبقات	۱۰			۲۰			۳۰									
	Un <sub>1</sub>	۹/۴۸۲	۲۹/۲۵۹	۳۳/۳۳۰	Un <sub>2</sub>	۹/۴۸۲	۲۹/۲۴۷	۳۳/۳۲۰	Tr <sub>1</sub>	۹/۴۸۲	۲۹/۵۸۲	۳۳/۷۹۰	Tr <sub>2</sub>	۹/۴۸۲	۲۹/۵۶۱	۳۳/۷۷۰
V <sub>r</sub> ton	Un <sub>1</sub>	۹/۴۸۲	۲۹/۲۵۹	۳۳/۳۳۰	Un <sub>2</sub>	۹/۴۸۲	۲۹/۲۴۷	۳۳/۳۲۰	Tr <sub>1</sub>	۹/۴۸۲	۲۹/۵۸۲	۳۳/۷۹۰	Tr <sub>2</sub>	۹/۴۸۲	۲۹/۵۶۱	۳۳/۷۷۰
	Un <sub>1</sub>	۹۳/۵۸۰	۹۴/۶۳۰	۱۹۱/۷۰۰	Un <sub>2</sub>	۹۳/۴۲۰	۹۴/۱۷۰	۱۹۱/۲۰۰	Tr <sub>1</sub>	۹۷/۴۱۰	۱۰۸/۳۶۰	۲۱۴/۶۰۰	Tr <sub>2</sub>	۹۷/۳۴۰	۱۰۷/۶۱۷	۲۱۳/۶۰۰

در (جدول ۵ و ۶) و Uni و Tri به ترتیب برابر با الگوی بار یکنواخت و الگوی بار مثلثی می‌باشد و همچنین ۱ و ۲ به ترتیب به ترکیب بارهای ثقلی (DL+LL) و ۱/۹ DL اشاره دارد و V<sub>r</sub> و D<sub>r</sub> به ترتیب نشانگر برش پایه متناظر با تغییر مکان هدف سازه و تغییر مکان هدف طبقه بام سازه می‌باشد.

مشخصات مفاصل پلاستیک خروجی از نرم‌افزار به طوری که از سطح عملکرد مورد نظر که ایمنی جانی (LS) می‌باشد عبور کرده‌اند و در محدوده‌ی آستانه فروریزش (LS - CP) و فروریزش (CP) قرار دارند با توجه به نوع بار در (جدول شماره ۷، ۸ و ۹) نشان داده شده است. پس از تحلیل و بررسی مشخصات مفاصل پلاستیک خروجی از نرم‌افزار برای قاب‌ها در حالت وجود میراگرهای ویسکوز و جداساز لاستیکی با هسته سربی سطح عملکرد تمامی مفاصل برای قاب ۱۰ طبقه، ۲۰ و ۳۰ طبقه که در سطح عملکرد آستانه فروریزش و فروریزش قرار داشتند، در وضعیت سطح عملکرد استفاده بی وقفه (IO)<sup>۱</sup> قرار گرفته است.

<sup>۱</sup> Immediate Occupancy

جدول ۷- مشخصات مفاصل پلاستیک قاب ۳۰ طبقه

شماره طبقه	نوع بار	مرحله	مفصل	
			شناسه	وضعیت
Story25	Triangular2	6	D2H7	>CP
Story25	Triangular2	7	D2H7	>CP
Story10	Uniform1	13	D2H22	LS to CP
Story9	Uniform1	13	D2H23	LS to CP
Story9	Triangular2	7	D2H23	>CP
Story8	Uniform1	12	D2H24	LS to CP
Story8	Uniform1	13	D2H24	LS to CP
Story8	Uniform2	14	D2H24	LS to CP
Story8	Triangular2	7	D2H24	>CP
Story7	Uniform1	11	D2H25	LS to CP
Story7	Uniform1	12	D2H25	>CP
Story7	Uniform1	13	D2H25	>CP
Story7	Uniform2	13	D2H25	LS to CP
Story7	Uniform2	14	D2H25	LS to CP
Story7	Triangular2	6	D2H25	>CP
Story7	Triangular2	7	D2H25	>CP
Story6	Uniform1	10	D2H26	LS to CP
Story6	Uniform1	11	D2H26	>CP
Story6	Uniform1	12	D2H26	>CP
Story6	Uniform1	13	D2H26	>CP
Story6	Uniform2	12	D2H26	LS to CP
Story6	Uniform2	13	D2H26	>CP
Story6	Uniform2	14	D2H26	>CP
Story6	Triangular2	5	D2H26	>CP
Story6	Triangular2	6	D2H26	>CP
Story6	Triangular2	7	D2H26	>CP
Story5	Uniform1	10	D2H27	LS to CP
Story5	Uniform1	11	D2H27	>CP
Story5	Uniform1	12	D2H27	>CP
Story5	Uniform1	13	D2H27	>CP
Story5	Uniform2	12	D2H27	LS to CP
Story5	Uniform2	13	D2H27	>CP
Story5	Uniform2	14	D2H27	>CP
Story5	Triangular2	6	D2H27	>CP
Story5	Triangular2	7	D2H27	>CP
Story4	Uniform1	10	D2H28	LS to CP
Story4	Uniform1	11	D2H28	>CP
Story4	Uniform1	12	D2H28	>CP
Story4	Uniform1	13	D2H28	>CP
Story4	Uniform2	13	D2H28	LS to CP
Story4	Uniform2	14	D2H28	>CP
Story4	Triangular2	7	D2H28	>CP
Story3	Uniform1	10	D2H29	LS to CP
Story3	Uniform1	11	D2H29	>CP
Story3	Uniform1	12	D2H29	>CP
Story3	Uniform1	13	D2H29	>CP
Story3	Uniform2	12	D2H29	LS to CP
Story3	Uniform2	13	D2H29	>CP
Story3	Uniform2	14	D2H29	>CP
Story3	Triangular2	7	D2H29	>CP
Story2	Uniform1	10	D2H30	LS to CP
Story2	Uniform1	11	D2H30	>CP
Story2	Uniform1	12	D2H30	>CP

Story10	Triangular2	10	D2H12	>CP
Story10	Triangular2	11	D2H12	>CP
Story9	Triangular2	6	D2H13	>CP
Story9	Triangular2	7	D2H13	>CP
Story9	Triangular2	8	D2H13	>CP
Story9	Triangular2	9	D2H13	>CP
Story9	Triangular2	10	D2H13	>CP
Story9	Triangular2	11	D2H13	>CP
Story8	Triangular2	6	D2H14	>CP
Story8	Triangular2	7	D2H14	>CP
Story8	Triangular2	8	D2H14	>CP
Story8	Triangular2	9	D2H14	>CP
Story8	Triangular2	10	D2H14	>CP
Story8	Triangular2	11	D2H14	>CP
Story7	Triangular2	9	D2H15	>CP
Story7	Triangular2	10	D2H15	>CP
Story7	Triangular2	11	D2H15	>CP
Story6	Triangular2	9	D2H16	>CP
Story6	Triangular2	10	D2H16	>CP
Story6	Triangular2	11	D2H16	>CP
Story5	Triangular2	6	D2H17	>CP
Story5	Triangular2	7	D2H17	>CP
Story5	Triangular2	8	D2H17	>CP
Story5	Triangular2	9	D2H17	>CP
Story5	Triangular2	10	D2H17	>CP
Story5	Triangular2	11	D2H17	>CP
Story4	Uniform2	19	D2H18	LS to CP
Story4	Triangular2	7	D2H18	>CP
Story4	Triangular2	8	D2H18	>CP
Story4	Triangular2	9	D2H18	>CP
Story4	Triangular2	10	D2H18	>CP
Story4	Triangular2	11	D2H18	>CP
Story3	Uniform1	18	D2H19	LS to CP
Story3	Uniform1	19	D2H19	LS to CP
Story3	Uniform2	18	D2H19	LS to CP
Story3	Uniform2	19	D2H19	LS to CP
Story3	Triangular2	6	D2H19	>CP
Story3	Triangular2	7	D2H19	>CP
Story3	Triangular2	8	D2H19	>CP
Story3	Triangular2	9	D2H19	>CP
Story3	Triangular2	10	D2H19	>CP
Story3	Triangular2	11	D2H19	>CP
Story2	Uniform1	17	D2H20	LS to CP
Story2	Uniform1	18	D2H20	LS to CP
Story2	Uniform1	19	D2H20	LS to CP
Story2	Uniform2	17	D2H20	LS to CP
Story2	Uniform2	18	D2H20	LS to CP
Story2	Uniform2	19	D2H20	LS to CP
Story2	Triangular2	6	D2H20	>CP
Story2	Triangular2	7	D2H20	>CP
Story2	Triangular2	8	D2H20	>CP
Story2	Triangular2	9	D2H20	>CP
Story2	Triangular2	10	D2H20	>CP
Story2	Triangular2	11	D2H20	>CP
Story1	Triangular2	6	D2H1	>CP
Story1	Triangular2	7	D2H1	>CP
Story1	Triangular2	8	D2H1	>CP

Story2	Uniform1	13	D2H30	>CP
Story2	Uniform2	12	D2H30	LS to CP
Story2	Uniform2	13	D2H30	>CP
Story2	Uniform2	14	D2H30	>CP
Story2	Triangular2	6	D2H30	>CP
Story2	Triangular2	7	D2H30	>CP
Story1	Uniform1	13	D2H1	LS to CP
Story1	Triangular2	7	D2H1	>CP

جدول ۸- مشخصات مفاصل پلاستیک قاب ۲۰ طبقه

شماره طبقه	نوع بار	مرحله	مفصل	
			شناسه	وضعیت
Story18	Triangular2	6	D2H4	>CP
Story18	Triangular2	7	D2H4	>CP
Story18	Triangular2	8	D2H4	>CP
Story18	Triangular2	9	D2H4	>CP
Story18	Triangular2	10	D2H4	>CP
Story18	Triangular2	11	D2H4	>CP
Story17	Triangular2	6	D2H5	>CP
Story17	Triangular2	7	D2H5	>CP
Story17	Triangular2	8	D2H5	>CP
Story17	Triangular2	9	D2H5	>CP
Story17	Triangular2	10	D2H5	>CP
Story17	Triangular2	11	D2H5	>CP
Story16	Triangular2	6	D2H6	>CP
Story16	Triangular2	7	D2H6	>CP
Story16	Triangular2	8	D2H6	>CP
Story16	Triangular2	9	D2H6	>CP
Story16	Triangular2	10	D2H6	>CP
Story16	Triangular2	11	D2H6	>CP
Story15	Triangular2	6	D2H7	>CP
Story15	Triangular2	7	D2H7	>CP
Story15	Triangular2	8	D2H7	>CP
Story15	Triangular2	9	D2H7	>CP
Story15	Triangular2	10	D2H7	>CP
Story15	Triangular2	11	D2H7	>CP
Story13	Triangular2	6	D2H9	>CP
Story13	Triangular2	7	D2H9	>CP
Story13	Triangular2	8	D2H9	>CP
Story13	Triangular2	9	D2H9	>CP
Story13	Triangular2	10	D2H9	>CP
Story13	Triangular2	11	D2H9	>CP
Story12	Triangular2	9	D2H10	>CP
Story12	Triangular2	10	D2H10	>CP
Story12	Triangular2	11	D2H10	>CP
Story11	Triangular2	7	D2H11	>CP
Story11	Triangular2	8	D2H11	>CP
Story11	Triangular2	9	D2H11	>CP
Story11	Triangular2	10	D2H11	>CP
Story11	Triangular2	11	D2H11	>CP
Story10	Triangular2	5	D2H12	>CP
Story10	Triangular2	6	D2H12	>CP
Story10	Triangular2	7	D2H12	>CP
Story10	Triangular2	8	D2H12	>CP
Story10	Triangular2	9	D2H12	>CP



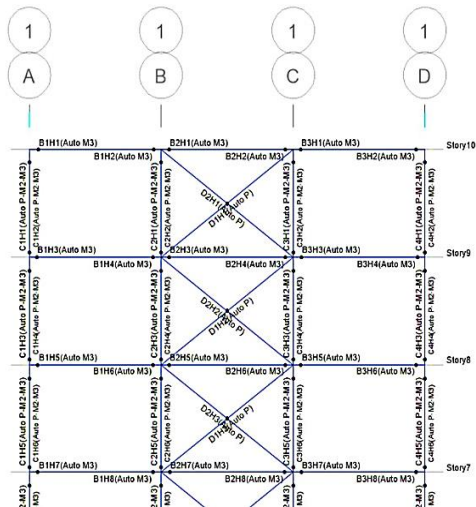


Story4	Triangular2	18	C3H13	>CP
Story4	Triangular2	18	C3H14	>CP
Story4	Triangular2	4	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	5	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	6	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	7	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	8	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	9	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	10	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	11	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	12	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	13	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	14	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	15	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	16	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	17	D2H7	>CP
Story4	Triangular2	18	D2H7	>CP
Story3	Uniform1	17	D2H8	LS to CP
Story3	Uniform1	18	D2H8	LS to CP
Story3	Uniform2	12	D2H8	LS to CP
Story3	Uniform2	13	D2H8	LS to CP
Story3	Uniform2	14	D2H8	LS to CP
Story3	Uniform2	15	D2H8	LS to CP
Story3	Uniform2	16	D2H8	LS to CP
Story3	Uniform2	17	D2H8	LS to CP
Story3	Triangular2	4	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	5	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	6	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	7	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	8	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	9	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	10	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	11	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	12	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	13	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	14	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	15	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	16	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	17	D2H8	>CP
Story3	Triangular2	18	D2H8	>CP
Story2	Triangular2	17	C3H17	>CP
Story2	Triangular2	18	C3H17	>CP
Story2	Uniform1	12	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform1	13	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform1	14	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform1	15	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform1	16	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform1	17	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform1	18	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform2	12	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform2	13	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform2	14	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform2	15	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform2	16	D2H9	LS to CP
Story2	Uniform2	17	D2H9	LS to CP
Story2	Triangular2	4	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	5	D2H9	>CP

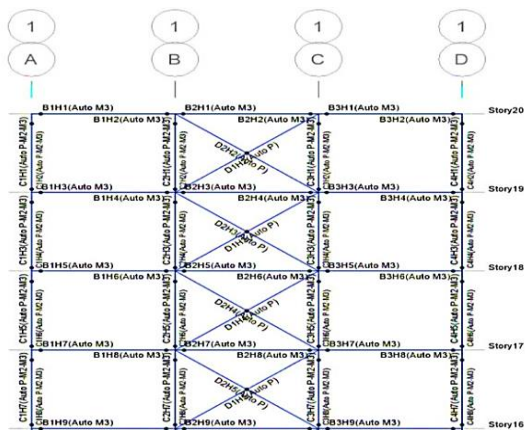
Story1	Triangular2	9	D2H1	>CP
Story1	Triangular2	10	D2H1	>CP
Story1	Triangular2	11	D2H1	>CP

جدول ۹- مشخصات مفاصل پلاستیک قاب ۱۰ طبقه

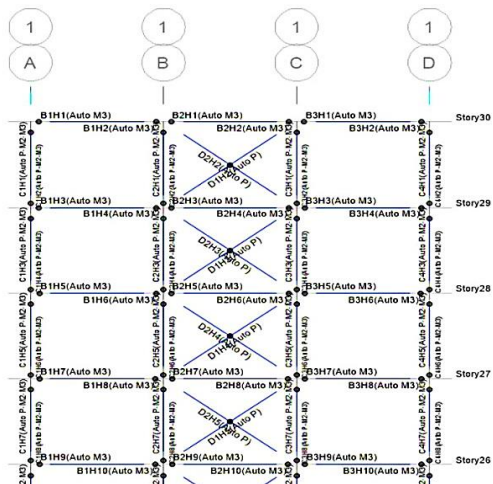
شماره طبقه	نوع بار	مرحله	مفصل	
			شناسه	وضعیت
Story8	Triangular2	14	D2H3	>CP
Story8	Triangular2	15	D2H3	>CP
Story8	Triangular2	16	D2H3	>CP
Story8	Triangular2	17	D2H3	>CP
Story8	Triangular2	18	D2H3	>CP
Story7	Triangular2	9	D2H4	>CP
Story7	Triangular2	10	D2H4	>CP
Story7	Triangular2	11	D2H4	>CP
Story7	Triangular2	12	D2H4	>CP
Story7	Triangular2	13	D2H4	>CP
Story7	Triangular2	14	D2H4	>CP
Story7	Triangular2	15	D2H4	>CP
Story7	Triangular2	16	D2H4	>CP
Story7	Triangular2	17	D2H4	>CP
Story7	Triangular2	18	D2H4	>CP
Story6	Triangular2	5	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	6	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	7	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	8	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	9	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	10	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	11	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	12	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	13	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	14	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	15	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	16	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	17	D2H5	>CP
Story6	Triangular2	18	D2H5	>CP
Story5	Triangular2	17	C3H11	>CP
Story5	Triangular2	18	C3H11	>CP
Story5	Triangular2	3	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	4	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	5	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	6	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	7	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	8	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	9	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	10	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	11	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	12	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	13	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	14	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	15	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	16	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	17	D2H6	>CP
Story5	Triangular2	18	D2H6	>CP
Story4	Triangular2	17	C3H13	>CP



شکل ۷- شناسه مفصل مقطعی از قاب ۱۰ طبقه



شکل ۸- شناسه مفصل مقطعی از قاب ۲۰ طبقه



شکل ۹- شناسه مفصل مقطعی از قاب ۳۰ طبقه

Story2	Triangular2	6	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	7	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	8	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	9	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	10	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	11	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	12	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	13	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	14	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	15	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	16	D2H9	>CP
Story2	Triangular2	17	D2H9	>CP
Story1	Triangular2	15	C3H20	>CP
Story1	Triangular2	16	C3H20	>CP
Story1	Triangular2	17	C3H19	>CP
Story1	Triangular2	17	C3H20	>CP
Story1	Triangular2	18	C3H19	>CP
Story1	Triangular2	18	C3H20	>CP
Story1	Uniform2	14	D2H10	LS to CP
Story1	Uniform2	15	D2H10	LS to CP
Story1	Uniform2	16	D2H10	LS to CP
Story1	Uniform2	17	D2H10	LS to CP
Story1	Triangular2	8	D2H10	>CP
Story1	Triangular2	9	D2H10	>CP
Story1	Triangular2	10	D2H10	>CP
Story1	Triangular2	11	D2H10	>CP
Story1	Triangular2	12	D2H10	>CP
Story1	Triangular2	13	D2H10	>CP
Story1	Triangular2	14	D2H10	>CP
Story1	Triangular2	15	D2H10	>CP
Story1	Triangular2	16	D2H10	>CP
Story1	Triangular2	17	D2H10	>CP
Story1	Triangular2	18	D2H10	>CP

همچنین در شناسه مفصل نشان داده شده در (جدول ۷، ۸ و ۹) بر اساس خروجی نرم افزار ایتبس نامگذاری شده و حروف لاتین B، C و D به ترتیب بیانگر محل مفصل پلاستیک در مقاطع مهاربند، تیر و ستون ها و اعداد ۱ و ۲ مقابل حروف لاتین به ترتیب بیانگر محل تشکیل مفصل پلاستیک در ۰/۰۵ و ۰/۹۵ ابتدایی و انتهایی اعضای سازه‌ای می باشند. حرف لاتین H بیانگر مفصل پلاستیک و اعداد مقابل آن بیانگر شماره مفصل اختصاصی نرم افزار می باشد. در (شکل ۷، ۸ و ۹) مقطعی از قاب های سازه‌ای به همراه شناسه مفصل آنها نمایش داده شده است.

## ۷- تحلیل تاریخچه زمانی<sup>۱</sup> غیر خطی

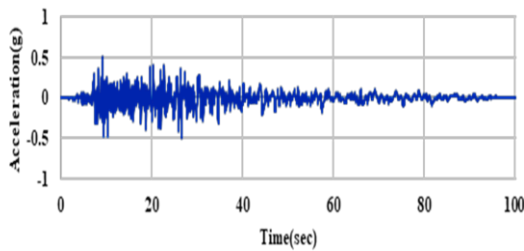
در مطالعه حاضر ۷ زوج شتاب نگاشت استخراج شده از سایت PEER NGA با مشخصات ذکر شده در (جدول ۱۰) به کارگیری شده است.

جدول ۱۰- مشخصات شتاب نگاشت های به کار برده شده

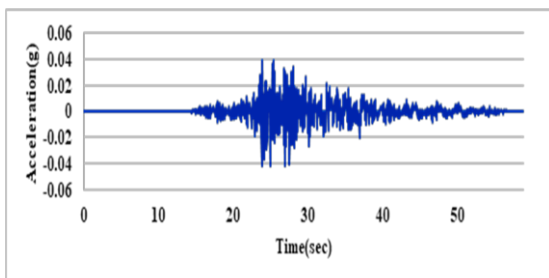
شناسه نرم افزاری	ایستگاه	Mag	سال رویداد	شتاب نگاشت
Bam	Abaragh	۶/۶	۲۰۰۳	Bam Iran
Cape	Petrolia	۷/۰۱	۱۹۹۲	Cape Mendocino
IMV	Delta	۶/۵۳	۱۹۷۹	Imperial Valley-06
Kobe	Takatori	۶/۹	۱۹۹۵	Kobe Japan
Manjil	Abhar	۷/۳۷	۱۹۹۰	Manjil Iran
Northridge	Rinaldi Receiving Sta	۶/۶۹	۱۹۹۴	Northridge-01
Tabas	Tabas	۷/۳۵	۱۹۷۸	Tabas Iran

## ۸- ساده سازی شتاب نگاشت

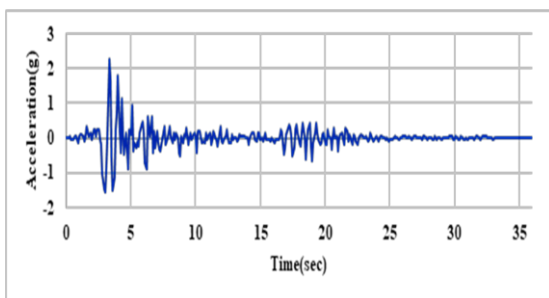
در پژوهش حاضر به جهت همپایه نمودن شتاب نگاشت ها بر اساس ASCE/SEI 41-13، طیف شتاب را با توجه به مشخصات ساختگاه از پایگاه داده سایت مرکز تحقیقات مهندسی زلزله های خاص (PEER) استخراج نموده و با استفاده از نرم افزار SeismoSignal همپایه نموده و در ادامه طیف شتاب زلزله مورد نظر استخراج می گردد [۱۳]. به سبب سهولت و کاهش زمان انجام تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی توسط نرم افزار ETABS 2019، رکوردهای ساده سازی شده به کار برده شده اند. در روش ساده سازی در نظر گرفته شده، طیف فوریه زلزله مورد نظر محاسبه گردیده و با استفاده از تبدیل معکوس فوریه که توسط برنامه نرم افزاری عملکرد (Performance) استخراج گردیده رکورد جدیدی بر اساس فرکانس اصلی رکورد با گام های زمانی بزرگ در محدوده ۵ الی ۱۰ برابر گام زمانی رکورد اصلی به دست آمده که بدین ترتیب سبب کاهش مدت زمان تحلیل تاریخچه زمانی توسط نرم افزار می گردد. همچنین درصد خطای پاسخ های محاسبه شده با توجه به سیستم سازه ای و ویژگی های زلزله در محدوده ۵ الی ۱۰ درصد می باشد [۱۴]. در تحقیق حاضر شتاب نگاشت رکوردهای ساده سازی شده مورد نظر در (شکل های ۱۰ تا ۱۶) نمایش داده شده اند.



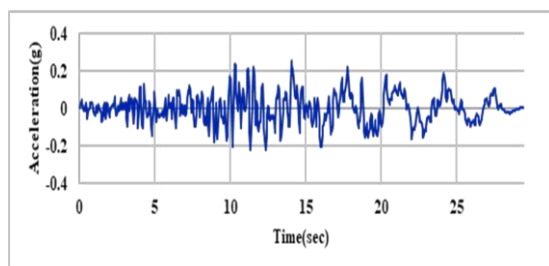
شکل ۱۰- رکورد ساده شده زلزله IMV



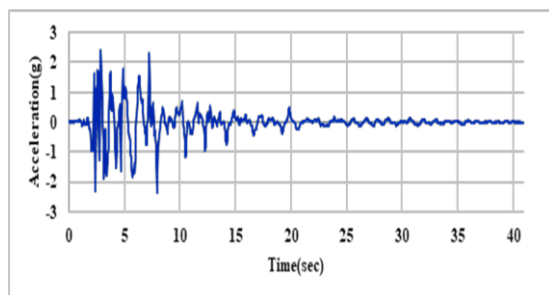
شکل ۱۱- رکورد ساده شده زلزله Bam



شکل ۱۲- رکورد ساده شده زلزله Cape

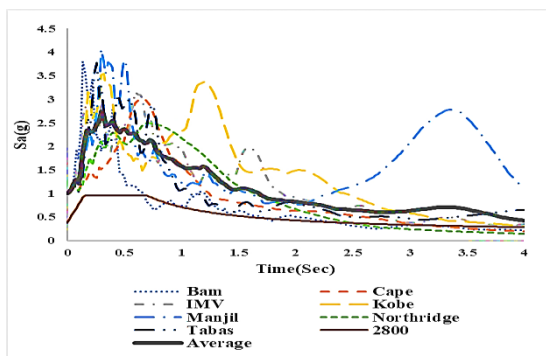


شکل ۱۳- رکورد ساده شده زلزله Manjil



شکل ۱۴- رکورد ساده شده زلزله Kobe

<sup>۱</sup> Time History Analysis



شکل ۱۷- طیف پاسخ و میانگین شتاب نگاشت ها و طیف پاسخ آیین نامه

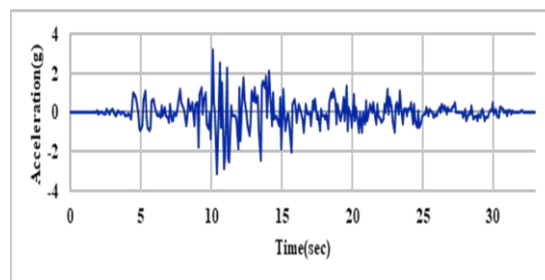
۲۸۰۰

جدول ۱۱- ضرایب مقیاس قاب ۱۰ طبقه مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰

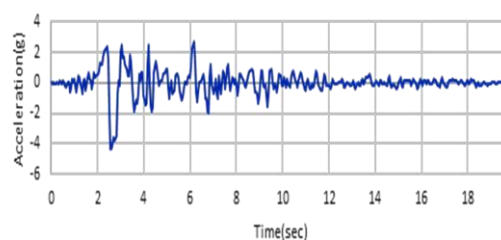
شتاب نگاشت	PGA	Scale Factor
Bam	۰/۰۴۲۲	۲۵/۸۰۴
Cape	۲/۲۹۵	۰/۴۳۵
IMV	۰/۵۰۴۲	۱/۹۸۳
Kobe	۲/۴۱۳	۰/۴۱۴
Manjil	۰/۲۵۴	۳/۹۲۸
Northridge	۴/۳۳۸	۰/۲۳۰
Tabas	۳/۱۸۵	۰/۳۱۳

جدول ۱۲- ضرایب مقیاس قاب ۲۰ طبقه مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰

شتاب نگاشت	PGA	Scale Factor
Bam	۰/۰۴۲۲	۲۵/۸۰۴
Cape	۲/۲۹۵	۰/۴۳۵
IMV	۰/۵۰۴	۱/۹۸۳
Kobe	۲/۴۱۳	۰/۴۱۴
Manjil	۰/۲۵۴	۳/۹۲۸
Northridge	۴/۳۳۸	۰/۲۳۰
Tabas	۳/۱۸۵	۰/۳۱۴



شکل ۱۵- رکورد ساده شده زلزله Tabas



شکل ۱۶- رکورد ساده شده زلزله Northridge

### ۹- مقیاس کردن شتاب نگاشت

روش‌های مختلفی در آیین‌نامه‌های مختلف برای مقیاس کردن شتاب‌نگاشت‌ها وجود دارد اما در مطالعه حاضر روش آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش ۴ مورد استفاده قرار گرفته است به طوری که میانگین طیف پاسخ شتاب نگاشت‌ها با میرایی ۵ درصد در بازه زمان ۰/۲ الی ۱/۵ برابر دوره تناوب سازه از طیف پاسخ طراحی بیشتر باشد و در آیین نامه مذکور طبق تبصره ۲-۴ در سازه‌های دو بعدی می‌توان از ضریب  $R_u$  ۱/ صرف نظر نمود [۷].

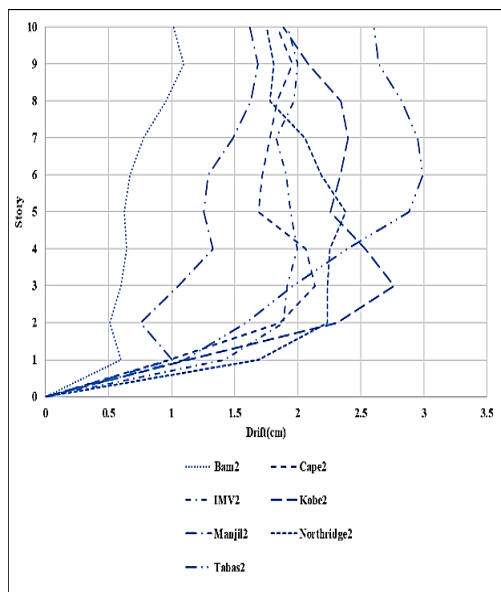
روش‌های متفاوتی در آیین‌نامه‌های گوناگون برای مقیاس کردن شتاب‌نگاشت‌ها وجود دارد که در مطالعه حاضر روش مقیاس کردن شتاب‌نگاشت‌ها بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم می‌باشد. مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰ ابتدا شتاب‌نگاشت‌ها به حداکثر مقدار (PGA) شتاب ثبتی تقسیم می‌گردند و در ادامه در بازه زمانی ۰/۲ الی ۱/۵ برابر زمان تناوب سازه، ضریب مقیاس باید به گونه‌ای تعیین شود که طیف شتاب نگاشت‌های مقیاس شده بالاتر از طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰ قرار گیرد [۱۵]. نمودار طیف پاسخ شتاب‌نگاشت‌ها و میانگین آن‌ها در (شکل ۱۷) نمایش داده شده است و همچنین ضرایب مقیاس مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰ تعیین شده و در (جدول ۱۱، ۱۲ و ۱۳) نشان داده شده است [۱۵]:

جدول ۱۳- ضرایب مقیاس قاب ۳۰ طبقه مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰

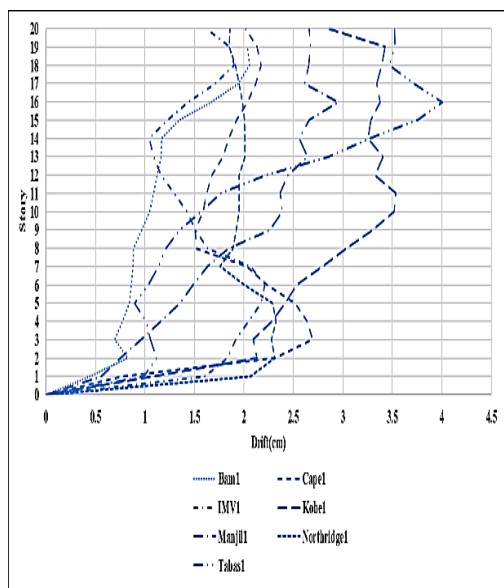
شتاب نگاشت	PGA	Scale Factor
Bam	۰/۰۴۲۲	۳۱/۶۵۲
Cape	۲/۲۹۵	۰/۴۳۵
IMV	۰/۵۰۴	۱/۹۸۳
Kobe	۲/۴۱۳	۰/۴۱۴
Manjil	۰/۲۵۴	۳/۹۲۸
Northridge	۴/۳۳۸	۰/۲۸۸
Tabas	۳/۱۸۵	۰/۳۱۳

## ۱۰- نتایج و بحث

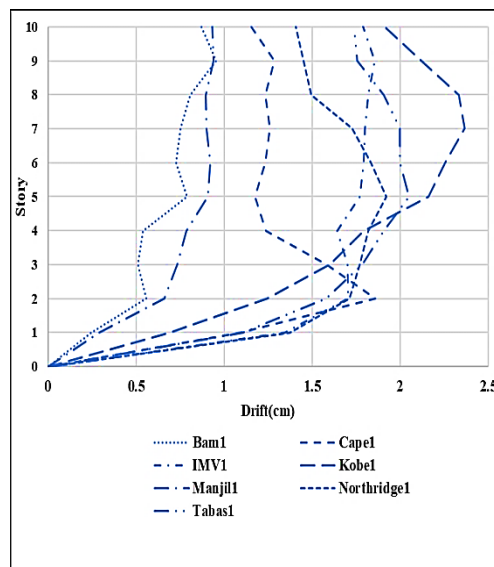
قاب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه مذکور همراه با و در صورت عدم وجود میراگرهای ویسکوز و جداسازهای لاستیکی با هسته سربی تحت تحلیل تاریخیچه زمانی غیر خطی با وجود شتاب‌نگاشت‌های مقیاس‌شده نامبرده شده مطابق با آیین‌نامه ۲۸۰۰ قرا گرفته شد و نتایج حاصل از تحلیل به صورت منحنی دریفت میان طبقه‌ای در تراز طبقات در (شکل‌های ۱۸ تا ۲۹) قابل مشاهده می‌باشد [۱۵].



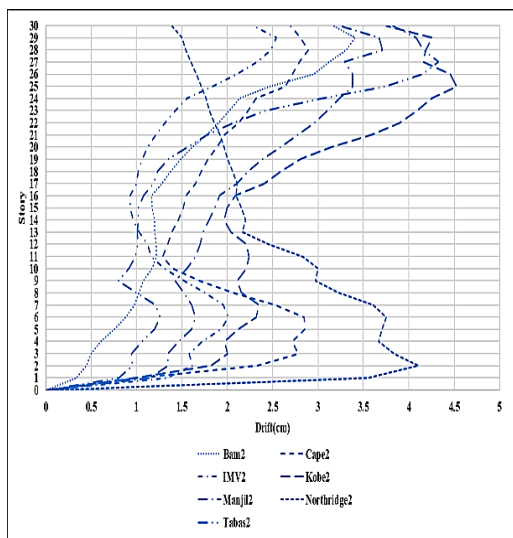
شکل ۱۹- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه در حالت عدم وجود میراگر و جداساز تحت رکورد های زلزله تحت بار ثقلی ۲



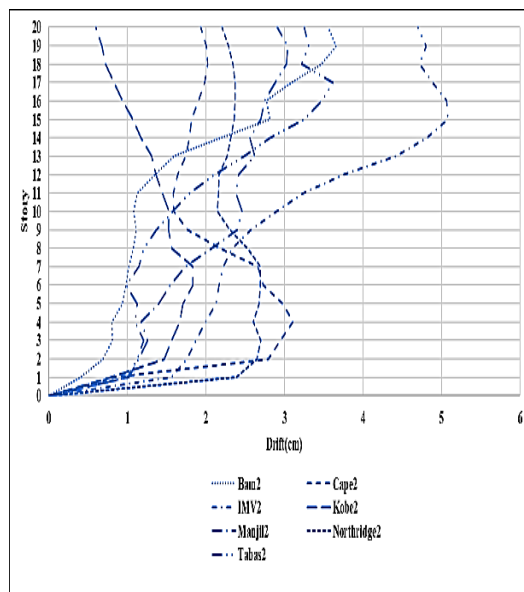
شکل ۲۰- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه در حالت عدم وجود میراگر و جداساز تحت رکورد های زلزله تحت بار ثقلی ۱



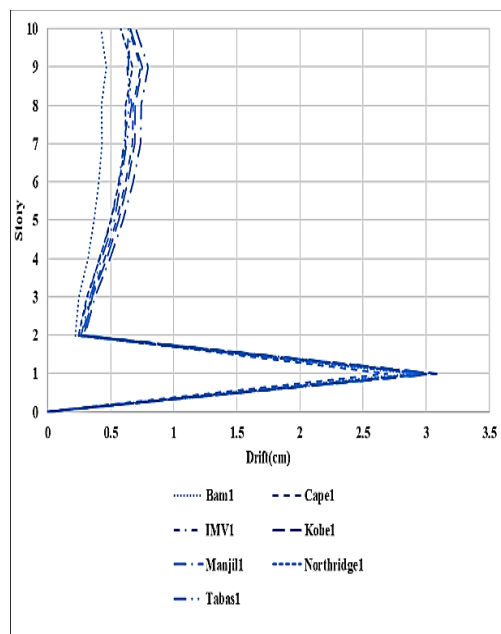
شکل ۱۸- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه در حالت عدم وجود میراگر و جداساز تحت رکورد زلزله تحت بار ثقلی ۱



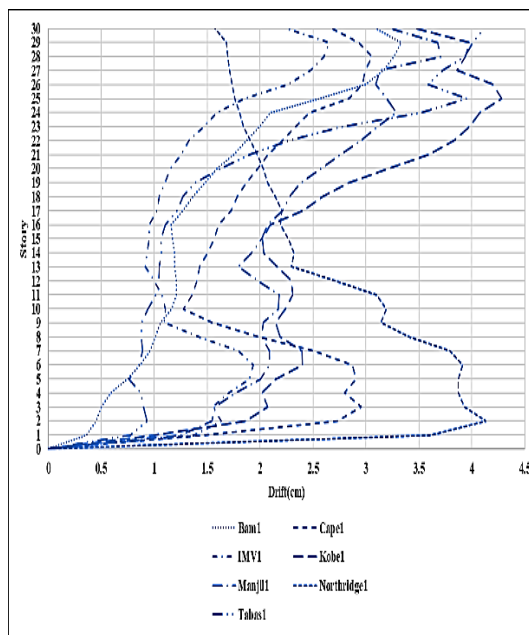
شکل ۲۳- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۳۰ طبقه در حالت عدم وجود میراگر و جداساز تحت رکورد های زلزله تحت بار ثقلی ۲



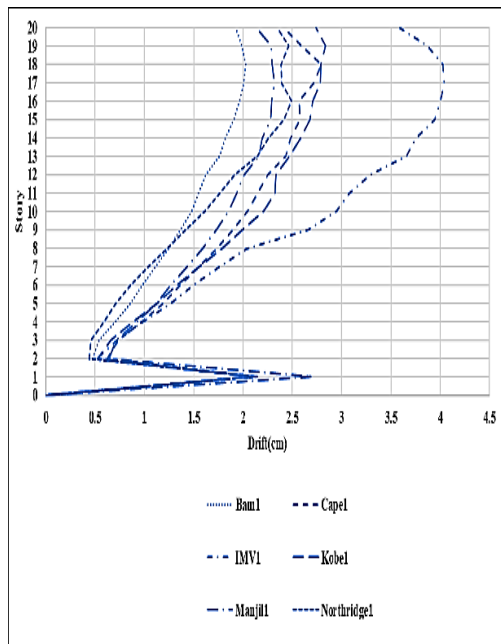
شکل ۲۱- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه در حالت عدم وجود میراگر و جداساز تحت رکورد های زلزله تحت بار ثقلی ۲



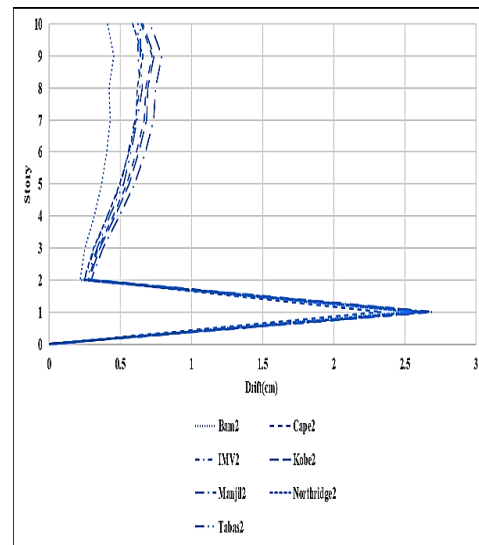
شکل ۲۴- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه در حالت وجود میراگر و جداساز تحت رکورد های زلزله تحت بار ثقلی ۱



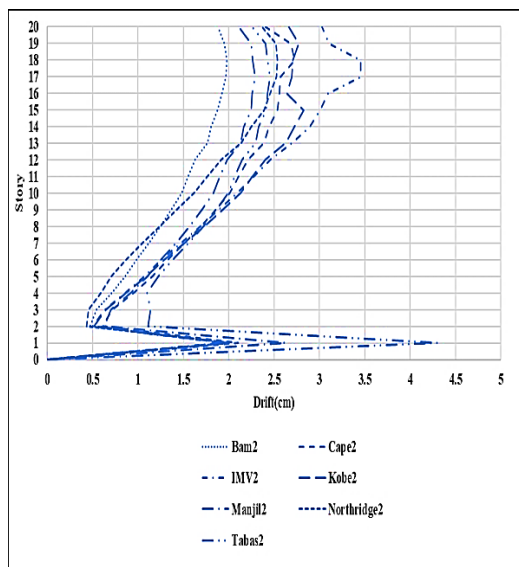
شکل ۲۲- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۳۰ طبقه در حالت عدم وجود میراگر و جداساز تحت رکوردهای زلزله تحت بار ثقلی ۱



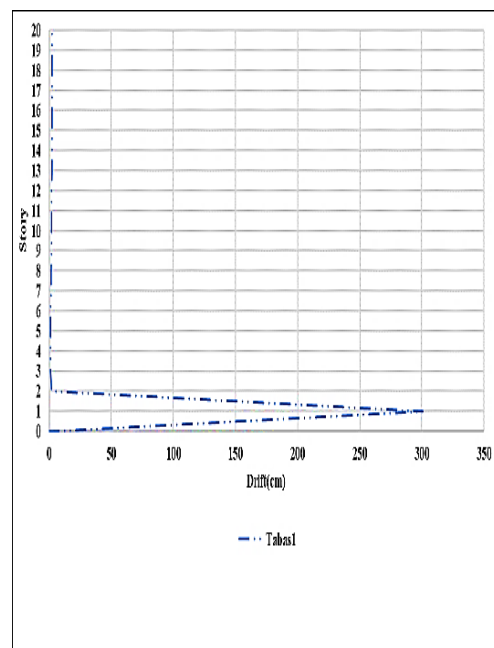
شکل ۲۶- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه در حالت وجود میراگر و جداساز تحت رکورد های زلزله تحت بار ثقلی ۱



شکل ۲۵- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه در حالت وجود میراگر و جداساز تحت رکورد های زلزله تحت بار ثقلی ۲



شکل ۲۷- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه در حالت وجود میراگر و جداساز تحت رکورد های زلزله تحت بار ثقلی ۲



جدول ۱۴- تغییر مکان نسبی بام بر اساس تحلیل پوش‌آور برای قاب ۱۰ طبقه

نمونه بار	بار ثقلی	وجود میراگر و جداساز	
		سازه اصلی (cm)	جداساز (cm)
Uniform	۱	۱/۱۰۷	۰/۲۹۱
	۲	۱/۱۰۳	۰/۲۹۶
Triangular	۱	۱/۳۷۶	۰/۵۰۶
	۲	۱/۴۵۸	۰/۵۱۳

جدول ۱۵- تغییر مکان نسبی بام بر اساس تحلیل پوش‌آور برای قاب ۲۰ طبقه

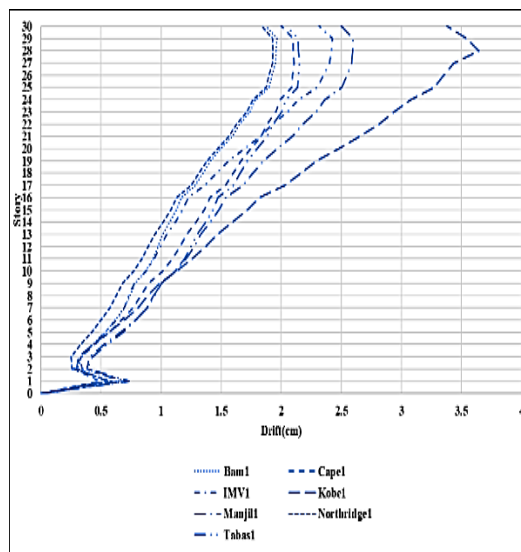
نمونه بار	بار ثقلی	وجود میراگر و جداساز	
		سازه اصلی (cm)	جداساز (cm)
Uniform	۱	۱/۹۱۲	۱/۰۲۳
	۲	۱/۹۸۶	۱/۰۱۱
Triangular	۱	۲/۹۰۴	۱/۸۷۸
	۲	۳/۰۳۶	۱/۸۵۱

جدول ۱۶- تغییر مکان نسبی بام بر اساس تحلیل پوش‌آور برای قاب ۳۰ طبقه

نمونه بار	بار ثقلی	وجود میراگر و جداساز	
		سازه اصلی (cm)	جداساز (cm)
Uniform	۱	۲/۰۰۱	۰/۹۷۹
	۲	۱/۹۷۶	۰/۹۶۴
Triangular	۱	۳/۶۰۷	۲/۰۱۹
	۲	۳/۷۰۳	۱/۹۸۳

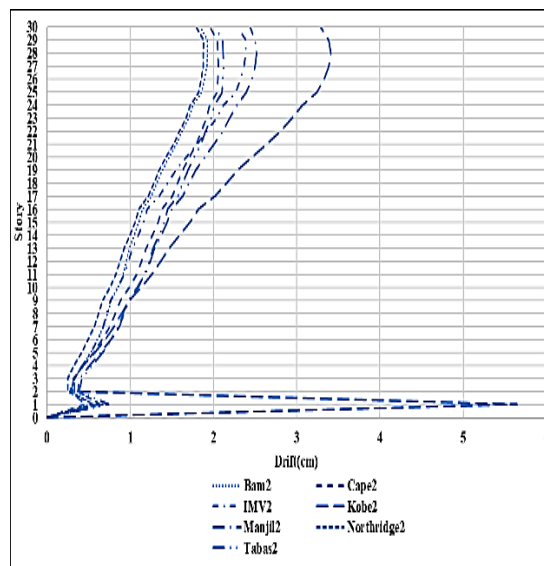
جدول ۱۷- تغییر مکان نسبی نقطه هدف (بام) بر اساس تحلیل تاریخیچه زمانی غیر خطی برای قاب ۱۰ طبقه

نام رکورد	نوع بار ثقلی	تغییر مکان نسبی سازه همراه با جداساز و میراگر	
		تغییر مکان نسبی سازه اصلی (cm)	تغییر مکان نسبی سازه همراه با جداساز و میراگر (cm)
Bam	۱	۰/۸۷۲۷	۰/۴۲۲۵
	۲	۱/۰۱۳۸	۰/۴۰۹۴
Cape	۱	۱/۱۵۵۷	۰/۶۴۲۹
	۲	۱/۸۳۷۵	۰/۶۴۷۱
IMV	۱	۱/۷۸۹۳	۰/۶۳۹۴
	۲	۱/۹۱۸۹	۰/۶۳۳۳
Kobe	۱	۱/۹۱۱۱	۰/۶۵۶۲
	۲	۱/۸۸۷۲	۰/۶۵۸۵
Manjil	۱	۰/۹۳۳۶	۰/۶۹۷۹
	۲	۱/۶۲۰۹	۰/۷۰۸۵
Northridge	۱	۱/۴۰۶۹	۰/۵۸۲۴



شکل ۲۸- منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۳۰ طبقه در حالت

وجود میراگر و جداساز تحت رکورد های زلزله تحت بار ثقلی ۱



شکل ۲۹: منحنی تغییرات مکان نسبی طبقات قاب ۳۰ طبقه در حالت

وجود میراگر و جداساز تحت رکورد های زلزله تحت بار ثقلی ۲

در ادامه با تعیین میزان تغییر مکان نسبی بام تحت تحلیل استاتیکی غیر خطی مطابق با آیین نامه ۱۳-۴۱/SEI/ASCE و تحلیل تاریخیچه زمانی غیر خطی برای هر دو حالت عدم وجود میراگرهای ویسکوز و جداساز لاستیکی با هسته سربی مطابق با (جدول ۱۴ تا ۱۶) برای تحلیل استاتیکی غیر خطی (پوش‌آور) و (جدول ۱۷ تا ۱۹) برای تحلیل تاریخیچه زمانی غیر خطی به قیاس نتایج پرداخته شده و نشان داده شده‌است [۱۳].



Tabas	۱	۴/۱۱۶۳	۲/۰۴۳
	۲	۳/۸۲۴۹	۲/۰۲۱۷

## ۱۱- نتیجه گیری

قاب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه با وجود توام میراگر ویسکوز و سیستم جداساز لاستیکی با هسته سربی و در صورت عدم وجود سیستم‌های مذکور مورد بررسی قرار گرفته و نتایج عبارتند از:

۱- به کارگیری توام میراگر ویسکوز و جداساز لاستیکی با هسته سربی در قاب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سبب تغییر سطح عملکرد اکثر مفاصلی که در سطح عملکرد آستانه فروریزش (LS-CP) و فروریزش (CP) قرار دارند به سطح عملکرد استفاده بی‌وقفه (IO) می‌شود. در واقع افزودن جداساز و میراگر سبب ورود تعدادی از اعضای سازه به ناحیه فرا ارتجاعی تحت تاثیر نیروی جانبی گردیده و سبب بهبود و افزایش سطح عملکرد سازه شده است. با توجه به جدول (۵ و ۶) افزودن میراگر و جداساز به قاب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه سبب کاهش مقاومت و سختی نسبت به حالت اصلی که دارای مقاومت و سختی زیادی می‌باشد گردیده است. همچنین افزودن میراگر و جداساز سبب رفتار شکل‌پذیر سازه در مقایسه با قاب اصلی که دارای شکل‌پذیری اندک می‌باشد گردیده است.

۲- مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰ حداکثر دررفت ۰/۰۲ ارتفاع طبقه در هر تراز برای سازه‌های با بیش از ۵ طبقه می‌باشد که باتوجه ارتفاع طبقات که به طور ثابت برابر ۳ متر در نظر گرفته شده است مقدار مجاز دررفت برای هر طبقه برابر با ۶ سانتی متر می‌باشد و مطابق با (جداول ۱۴ تا ۱۶) و (جداول ۱۷ تا ۱۹) این اصل برقرار می‌باشد. با بررسی دررفت نسبی حاصل از تحلیل پوش‌آور و رکوردهای زلزله در طبقه بام با به کارگیری توام میراگر ویسکوز و جداساز لاستیکی با هسته سربی در قاب‌ها می‌توان این چنین نتیجه گیری نمود که میزان کاهش دررفت نسبی بام با توجه به (جداول ۱۴ تا ۱۶) تحت تحلیل پوش‌آور به طور میانگین در قاب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه تحت بارگذاری یکنواخت به ترتیب ۷۳/۴۴، ۴۷/۷۹ و ۵۱/۱۴ درصد و در قاب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه تحت بارگذاری مثلثی به ترتیب ۶۴/۰۲، ۳۷/۱۸ و ۴۵/۲۳ درصد نسبت به سازه اصلی بوده است. همچنین میزان کاهش دررفت نسبی بام با توجه به (جداول ۱۷ تا ۱۹) تحت تحلیل دینامیکی غیر خطی به طور میانگین در قاب ۱۰ طبقه در محدوده ۵۶ الی ۶۶ درصد و در قاب ۲۰ طبقه ثابت و یا ۱۲/۵ درصد و در قاب ۳۰ طبقه در محدوده ۲۲ الی ۲۳ درصد، دررفت نسبی قاب، بدون وجود میراگر و جداساز می‌باشد. به طور کلی می‌توان بیان نمود که کاربرد توام

Tabas	۱	۱/۷۵۳۱	۰/۵۸۷
	۲	۱/۷۳۹۶	۰/۶۵۷۹
Tabas	۱	۲/۶۰۲۸	۰/۶۴۰۸
	۲		

جدول ۱۸- تغییر مکان نسبی نقطه هدف (بام) بر اساس تحلیل تاریخیچه زمانی غیر خطی برای قاب ۲۰ طبقه

نام رکورد	نوع بار ثقلی	تغییر مکان نسبی سازه اصلی	تغییر مکان نسبی سازه همراه با جداساز و میراگر
		(cm)	(cm)
Bam	۱	۱/۷۹۱	۱/۹۲۸۴
	۲	۳/۵۵۶۵	۱/۸۸۲۲
Cape	۱	۲/۰۱۷۴	۲/۴۱۳۴
	۲	۱/۹۳۳۹	۲/۴۰۲۸
IMV	۱	۱/۶۲۲۸	۳/۵۸۸۴
	۲	۴/۶۹۸۴	۳/۰۲۸۴
Kobe	۱	۲/۸۶۴۲	۲/۷۴۲۸
	۲	۰/۶۰۰۴	۲/۶۶۴۸
Manjil	۱	۲/۶۵۸۱	۲/۱۳۵۳
	۲	۲/۹۰۸۳	۲/۱۱۰۵
Northridge	۱	۱/۸۵۷۵	۲/۳۴۶۲
	۲	۲/۲۰۴۲	۲/۳۶۸۱
Tabas	۱	۳/۵۲۲	۲/۱۹۵۷
	۲	۳/۲۵۳۵	۲/۲۵۷۲

جدول ۱۹- تغییر مکان نسبی نقطه هدف (بام) بر اساس تحلیل تاریخیچه زمانی غیر خطی برای قاب ۳۰ طبقه

نام رکورد	نوع بار ثقلی	تغییر مکان نسبی سازه اصلی	تغییر مکان نسبی سازه همراه با جداساز و میراگر
		(cm)	(cm)
Bam	۱	۳/۰۹۱۷	۱/۸۷۱۹
	۲	۳/۱۷۰۶	۱/۸۴۶۶
Cape	۱	۲/۶۷۷۶	۲/۰۰۱۲
	۲	۲/۶۹۶	۱/۹۵۹۱
IMV	۱	۲/۲۴۶۹	۲/۳۱۴۳
	۲	۲/۲۹۱۹	۲/۲۹۱۵
Kobe	۱	۳/۴۶۹۸	۳/۳۷۶
	۲	۳/۷۵۲	۳/۲۹۲۳
Manjil	۱	۳/۲۲۹۲	۲/۵۰۰۸
	۲	۳/۲۴۷۷	۲/۴۴۰۵
Northridge	۱	۱/۵۷۵۶	۱/۸۲۸۹
	۲	۱/۳۸۷۸	۱/۷۹۸۵

طبقه اول در قاب ها عمده تغییر شکل در تراز طبقه اول قرار گرفته سبب کاهش دررفت نسبی در سایر طبقات قاب ها گردیده است و همچنین به کارگیری میراگر سبب کاهش دررفت نسبی طبقات به سبب تابع سرعت بودن میراگر ویسکوز به طوری که با محدود کردن سرعت حرکت ناشی از نیروی زلزله سبب کاهش تغییر مکان طبقات در قاب ها گردیده است، اشاره نمود.

## ۱۲-مراجع

[۱] بهنام فر، فرهاد؛ نورائی، محمد؛ طالبی ولنی، مهدی. روش سه مرحله‌ای انتخاب شتابنگاشت‌های زلزله برای تحلیل دینامیکی سازه‌ها. نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۴۹، شماره ۱، ۱۳۹۶: ۱۳۸-۱۲۷.

Doi: <https://doi.org/10.22060/ceej.2016.603>.

[۲] قشلاقی، سعید؛ فهیمی فرزام، مازیار؛ ناطقی الهی، فریبرز. ارزیابی رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های قاب فولادی SAC مقاوم‌سازی شده با میراگرهای ویسکوز تحت تاثیر زلزله‌های گسل دور و نزدیک. نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۴، شماره ۵، مرداد ۱۴۰۱: ۱۹۸۳-۲۰۰۴.

Doi: <https://doi.org/10.22060/ceej.2021.20042.7324>.

[۳] قشلاقی، سعید؛ فهیمی فرزام، مازیار؛ ناطقی الهی، فریبرز. ارزیابی میزان ظرفیت باربری و جذب انرژی قاب‌های فولادی بلندمرتبه مقاوم سازی شده توسط میراگرهای ویسکوز. مهندسی سازه و ساخت، دوره ۸، شماره ۴، اسفند ۱۴۰۰: ۳۶۷-۳۸۷.

Doi: <https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2021.270029.2348>.

[۴] عباس زاده شهنقی، امیر؛ قدرتی امیری، غلامرضا؛ رئیسی دهکردی، مرتضی؛ اقبالی، مهدی. ارزیابی لرزه‌ای قاب‌های فولادی خمشی کوتاه و میان مرتبه با شکل‌پذیری ویژه مجهز به میراگرهای ویسکوز براساس معیارهای فروریزش FEMA P-695. نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۳، شماره ۶، شهریور ۱۴۰۰: ۲۵۳۵-۲۵۶۰.

Doi: <https://doi.org/10.22060/ceej.2020.17438.6561>.

[۵] ایمانی کله سر، هوشیار. ارزیابی تأثیر سامانه‌های جداساز لرزه ای لاستیکی هسته سربی و اصطکاکی آونگی تک قوسی با دوره تناوب‌های مختلف در بهبود رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی. نشریه علمی - پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۱۰، شماره ۱۰، ۱۴۰۲: ۴۸-۲۴.

Doi: <https://doi.org/10.22065/jsce.2023.382356.3017>.

میراگر ویسکوز و جداساز لاستیکی با هسته سربی سبب کاهش و در مواردی عدم تغییر دررفت نسبی طبقات در سازه که در نتیجه دررفت حداقل در طبقات به دنبال تغییر شکل عمده در تراز پایه به سبب رفتار جداساز و کنترل انرژی زلزله توسط میراگر می باشد، گردیده است.

۳- بررسی (جداول ۵ و ۶) نشان داد که به کارگیری میراگر ویسکوز و جداساز لاستیکی با هسته سربی سبب کاهش نیروی برش پایه متناظر با تغییر مکان هدف در حالت توزیع بار یکنواخت در قاب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه به طور میانگین به ترتیب به میزان ۷۰/۲۲، ۴۷/۱۰ و ۵۰/۹۱ درصد و در حالت توزیع بار مثلثی در قاب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه به طور میانگین به ترتیب به میزان ۶۳/۳۰، ۳۷/۲۸ و ۴۴/۹۶ درصد نسبت به نیروی برش پایه متناظر با تغییر مکان هدف در قاب اصلی می‌گردد. هم چنین سبب افزایش تغییر مکان هدف سازه در حالت توزیع بار یکنواخت در قاب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه به طور میانگین به ترتیب ۲۶۸/۵۵، ۷۳/۲۰ و ۹۰/۷۵ درصد و در حالت توزیع بار مثلثی در قاب‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه به طور میانگین به ترتیب ۲۱۳/۷، ۵۹ و ۱۸۶/۷ درصد نسبت به تغییر مکان هدف سازه اصلی می‌گردد. به طور کلی می‌توان بدین نتیجه رسید که استفاده توام از میراگر و جداساز سبب افزایش قابل توجه میزان تغییر مکان سازه به سبب افزایش دوره تناوب سازه و کاهش قابل توجه نیروی برش پایه متناظر با آن در نتیجه کاهش شتاب وارده بر سازه می‌گردد.

۴- استفاده توام میراگر ویسکوز و جداساز لاستیکی با هسته سربی سبب افزایش شکل پذیری سازه می‌گردد.

۵- با توجه (جداول ۵ و ۶) می‌توان بدین نتیجه رسید که به کارگیری توام میراگر ویسکوز و جداساز لرزه‌ای سبب افزایش سطح زیر منحنی نیرو-تغییر مکان می‌گردد.

۶- مقایسه (شکل‌های ۱۸ و ۱۹) با (شکل‌های ۲۴ و ۲۵) نشان می‌دهد که به کارگیری میراگر و جداساز در سازه سبب کاهش دررفت نسبی در قاب ۱۰ طبقه گردیده است و همچنین مقایسه (شکل‌های ۲۰ و ۲۱) با (شکل‌های ۲۶ و ۲۷) نشان می‌دهد که به کارگیری میراگر و جداساز در قاب ۲۰ طبقه سبب افزایش دررفت نسبی در طبقه اول تحت اثر جداساز و کاهش دررفت نسبی در سایر طبقات سازه گردیده است و با مقایسه (شکل‌های ۲۲ و ۲۳) در ارتباط با قاب ۳۰ طبقه با (شکل‌های ۲۸ و ۲۹) می‌توان به این نتیجه دست یافت که به کارگیری توام جداساز و میراگر سبب کاهش قابل توجه دررفت نسبی در طبقات گردیده است. در واقع به واسطه به کارگیری جداساز در تراز



of existing buildings. Reston, Virginia. American Society of Civil Engineers. Accessed 2014 at URL [Doi:https://doi.org/10.1061/9780784412855](https://doi.org/10.1061/9780784412855)

[۱۴] فاروقی، علیرضا؛ حسینی، محمود. ساده سازی رکورد زلزله برای تحلیل تاریخچه زمانی سریع با استفاده از تبدیل معکوس فوریه. فصلنامه آنالیز سازه-زلزله، دوره ۱۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸: ۳۱-۳۸.

Doi: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23456310.1398.16.3.4.3>.

[۱۵] سازمان ملی استاندارد ایران، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰ ایران)، ویرایش چهارم. تهران. ۱۳۹۳.

At URL <https://pub.bhrc.ac.ir/Index.aspx>

[۶] فخاری نیا، میلاد؛ بخشپوری، طاها؛ پورزینلی، سعید. تأثیر جداساز لرزه‌یی لاستیکی با هسته ی سربی بر پتانسیل خرابی پیش رونده ی قاب‌های خمشی فولادی تحت بار لرزه‌ای. مجله‌ی مهندسی عمران شریف، دوره ۳۶.۲، شماره ۱.۱، خرداد ۱۳۹۹: ۷۹-۹۰.

Doi: <https://doi.org/10.24200/j30.2018.50361.2301>.

[7] Sadek F, Mohraz B, Taylor AW, Chung RM. Passive energy dissipation devices for seismic applications. Gaithersburg, MD .National Institute of Standards and Technology .1996. Report No.: NIST IR 5923.

Doi: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.5923>.

[۸] مرادپور، سولماز؛ دهستانی، مهدی. توزیع بهینه‌ی میراگر ویسکوز در طراحی بر اساس جا به‌جایی مستقیم سازه‌های کنترل شده. نشریه مهندسی سازه و ساخت، دوره ۷، شماره ۲، ۱۳۹۹: ۲۱۶-۲۳۸.

Doi: <https://doi.org/10.22065/jsce.2019.152256.1684>

[9] Akcelyan S, Lignos D G, Hikino T. Adaptive numerical method algorithms for nonlinear viscous and bilinear oil damper models subjected to dynamic loading. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2018; 113: 488-502.

Doi: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.06.021>.

[10] National Earthquake Hazards Reduction Program. Library. Report NO 5: NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures. Washington, DC, USA. Accessed 2020 at URL [https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-10/fema\\_2020-nehrrp-provisions\\_part-1-and-part-2.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-10/fema_2020-nehrrp-provisions_part-1-and-part-2.pdf)

[۱۱] فهیمی فرزام، مازیار؛ یوسفی، میرامیر. ارزیابی احتمالاتی عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های قاب خمشی فولادی با جداساز سرب لاستیکی. نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۵، شماره ۱، فروردین ۱۴۰۲: ۱۶۳-۱۸۴.

Doi: <https://doi.org/10.22060/ceej.2022.20865.7563>

[۱۲] دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور. راهنمای طراحی و اجرای سیستم‌های جداساز لرزه‌ای در ساختمان‌ها. نشریه شماره ۵۲۳: ۳۴-۴۰. تهران، ۲۰ مرداد ۱۳۹۸.

at URL <https://sama.mporg.ir/sites/Publish/SitePages/ZabetehView.aspx?mdid=5265>

[13] American Society of Civil Engineers/Structural Engineering Institute (ASCE/SEI 41-13). Seismic evaluation and retrofit