

## بررسی رفتار لرزه‌ای غیرخطی ساختمانهای بلندمرتبه بتن آرمه و بهسازی آنها به وسیله میراگرهای ویسکوالاستیک

فراز کاظمی

گروه مهندسی عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران  
اشکان خدابنده‌لو\*

گروه مهندسی عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

\*a.Khodabandehlou@iaurmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۲۶ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸

### چکیده

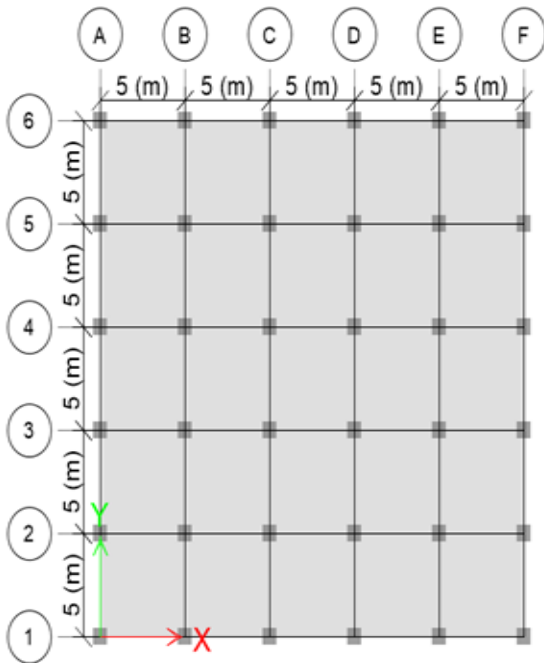
باتوجه به تخریب ساختمان‌های بلندمرتبه در طی زلزله‌های اخیر، بکارگیری سیستم سازه‌ای قاب خمشی بتن آرمه بامیراگرویسکوالاستیک باعث اتلاف انرژی لرزه‌ای و به تبع آن کاهش تغییر مکان جانبی می‌شود. در این پژوهش یک قاب ساختمانی بلندمرتبه بتن آرمه سه بعدی ۲۰ طبقه با ۸ مدل، که ۴ مدل با سیستم سازه‌ای قاب خمشی و ۴ مدل با سیستم سازه‌ای قاب خمشی + میراگرویسکوالاستیک در دو امتداد X, Y واقع در منطقه با لرزه‌خیزی زیاد ( $A=0.3g$ ) بر روی خاک نوع III در نظر گرفته می‌شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییر مکان جانبی افقی (مطلق و نسبی) طبقات، برش پایه قاب‌ها تحت بارهای ثقلی و بار جانبی زلزله می‌باشد. برای مدل‌سازی مواد ویسکوالاستیک از مدل کلونین-ویت و جهت تعیین نسبت میرایی ( $\zeta$ ) قاب‌ها با میراگرویسکوالاستیک، ضریب سختی ( $K_v$ ) و ضریب میرایی ( $C_v$ ) میراگرهای ویسکوالاستیک از روش انرژی کرنشی مودال و جهت تحلیل لرزه‌ای مدل‌های بدون و با میراگر به ترتیب از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی به روش انتگرال‌گیری مستقیم و مودال (FNA) استفاده و مدل‌سازی هندسی کلیه قاب‌ها در نرم‌افزار SAP2000-V15 انجام شده است. نتایج حاکی از آن است با افزایش طول دهانه (مدل ۲ نسبت به مدل ۱ و مدل ۴ نسبت به مدل ۳) و افزایش ارتفاع طبقات (مدل ۳ نسبت به مدل ۱ و مدل ۴ نسبت به مدل ۲)، حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق، نسبی طبقات و برش پایه در امتداد (X, Y) بدون و با میراگر روندی افزایشی دارد. همچنین حداکثر درصد افزایش مدلهای مذکور با میراگر نسبت به بدون میراگر در امتداد (X, Y) کاهش یافته است.

**کلید واژگان:** بلندمرتبه، بتن آرمه، میراگر ویسکوالاستیک، انرژی کرنشی مودال، تاریخچه زمانی غیرخطی

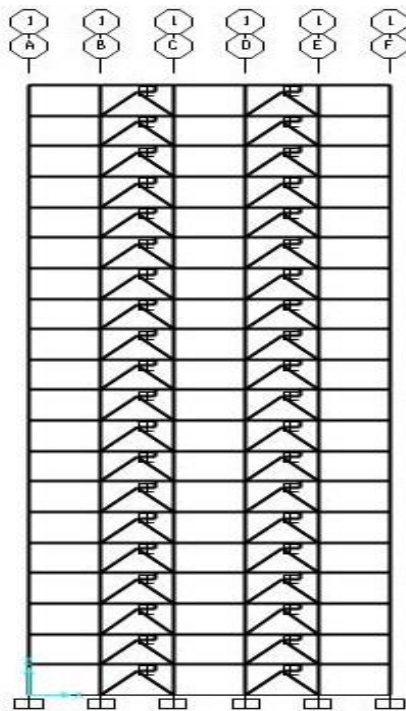
## ۱- مقدمه

در هنگام وقوع زلزله سازه‌ها تحت اثر بارهای لرزه‌ای با شدت زیاد قرار گرفته و برخی اعضای باربر جانی آنها وارد ناحیه غیرخطی می‌شوند. در این حالت بخش عمده‌ای از انرژی ورودی به سازه از طریق میرایی ذاتی سازه و مکانیزم غیر خطی هیسترتیک مستهلک می‌شود. [۱] سازه‌های بتنی به دلیل تغییر شکل‌های جانبی زیاد، در نواحی با خطر لرزه‌ای زیاد مستعد خرابی و آسیب‌های شدید و فروپاشی می‌باشند [۲] در بسیاری از مناطق جهان ساختمان‌های بتنی مسلح که با استفاده از آئین‌نامه‌های قدیمی طراحی شده‌اند، در حال حاضر جوابگوی خطرات و نیازهای لرزه‌ای نیستند [۳] بررسی‌های خسارت ناشی از چندین زلزله نشان می‌دهد که سازه‌های قابی بتن آرمه بصورت جدی تحت تحریک زلزله خسارت دیده‌اند [۴] در صورتی که مشخص شود، بعضی اعضای بتنی در یک ساختمان موجود واجد شرایط لازم جهت تامین عملکرد ایمنی جانی برای ساختمان نمی‌باشد، این اعضا باید بهسازی یا تعویض شوند [۵] بنابراین عملکرد ساختمان باید به گونه‌ای باشد که بدون هیچ گونه آسیبی ناشی از زلزله‌های کوچک یا متوسط و آسیب غیرقابل ملاحظه‌ای ناشی از زلزله‌های شدید با خسارت غیراساسی قابل ترمیم باشد [۶] شیوه‌های مرسوم برای مقابله با زلزله اکثراً دارای این مشکل اساسی هستند که سازه را به شدت ترد کرده و از شکل‌پذیری آن می‌کاهد [۷] سیستم اتلاف انرژی در سازه‌ها گزینه مناسبی جهت کاهش خسارت ساختمان می‌باشد [۸] این سیستم‌ها، سبب کاهش تلفات جانی ناشی از خسارت زلزله خواهند بود [۶] سیستم‌های کنترل غیرفعال با به کارگیری قطعات اتلاف انرژی به طور موثر جهت کاهش خسارت لرزه‌ای سازه‌ها استفاده می‌شوند [۹] غیرفعال بودن این سیستم‌های کنترلی بدین معناست که عامل کنترل‌کننده تا پیش از تحریک سازه غیرفعال است. با شروع تحریک سازه سیستم فعال شده، شروع به فعالیت کنترلی خود می‌نماید و پس از خاتمه تحریک دوباره به حالت غیرفعال باز می‌گردد. [۱] سیستم‌های کنترل غیرفعال وابسته به جابجایی مربوط به میراگر میراگرهای اصطکاکی، میراگرهای فلزی تسلیم شونده یا وابسته به سرعت مربوط به میراگرهای ویسکوز مایع و یا ویسکو الاستیک صلب هستند. [۶] از تمامی سیستم‌های کنترل پاسخ لرزه‌ای موجود، میراگرهای ویسکو الاستیک نسبت به سایر میراگرها به علت اثر بخشی آنها نه تنها در برابر بارهای لرزه‌ای، بلکه در برابر بارهای باد در نظر گرفته شده‌اند. [۱۰] با توجه به تخریب وسیع ساختمان‌های بلند مرتبه موجود در طی زلزله‌های اخیر و همچنین بحث مقاوم‌سازی ساختمان‌ها در مقابل بارهای جانبی زلزله، که سازه ساختمان را وارد ناحیه غیر خطی می‌کند، سیستم سازه‌ای جدیدی در ساختمان‌ها که شامل یک سیستم مهارند لرزه‌ای

جداسازی شده از سازه اصلی به وسیله المان میراگرو ویسکو الاستیک مطرح می‌شود. اخیراً طراحی سازه‌های جدید و مقاوم‌سازی سازه‌های موجود در برابر زلزله، توسط المانهایی که انرژی ورودی به سازه را جذب می‌کنند و مانع از ورود المانهای اصلی سازه به ناحیه غیرخطی می‌شوند، بسیار متداول گشته است. یکی از المانهای جاذب انرژی، میراگرهای ویسکو الاستیک هستند. این نوع از میراگرها جز سیستم‌های اتلاف انرژی غیرفعال و وابسته به سرعت هستند. میراگرهای ویسکو الاستیک معمولاً شامل مصالح ویسکو الاستیکی لایه به لایه همراه با صفحات فولادی به هم چسبیده هستند. [۹] میراگرو ویسکو الاستیک با میرایی بالای مصالح ویسکو الاستیک جهت اتلاف انرژی به واسطه تغییر شکل برشی استفاده می‌شود. از مزایای آنها اتلاف انرژی بالا، مقرون به صرفه بودن، تولید آسان، نصب و جایگزینی ساده می‌باشد [۱۰] به وضوح دیده شده دما، جابجایی و فرکانس عوامل اصلی تاثیرگذار بر ویژگی‌های مکانیکی میراگرهای ویسکو الاستیک هستند [۱۱] میراگرها از سال ۱۹۶۰ میلادی جهت حفظ ساختمان‌های بلند در برابر تاثیرات باد استفاده شده‌اند. اما صرفاً از سال ۱۹۹۰ میلادی جهت حفظ ساختمان‌ها در برابر تاثیرات زلزله استفاده شده‌اند [۱۰] کاربرد میراگر ویسکو الاستیک جهت سازه‌های مهندسی عمران که سر آغاز آن در سال ۱۹۶۹ میلادی، پدیدار می‌شود. زمانی که ۱۰۰۰۰ میراگرو ویسکو الاستیک در برج‌های دوقلوی مرکز تجارت جهانی جهت بهبود مقاومت در برابر بارهای باد نصب شد سپس در سال ۱۹۸۲ میلادی ۲۶۰ میراگر ویسکو الاستیک در سازه ۷۳ طبقه در ساختمان سی فرست کلمبیا نصب شد. در سال ۱۹۸۸ میلادی ۱۶ میراگرو ویسکو الاستیک در سازه ۶۰ طبقه، جهت بهبود مقاومت در برابر ارتعاشات باد نصب شد. [۸] اولین کاربرد مصالح ویسکو الاستیک جهت مقاومت در برابر زلزله، که قدمت آن به سال ۱۹۹۳ میلادی بر می‌گردد و در سازه فولادی ۱۴ طبقه در سانتا کلارا کانتی مورد استفاده قرار گرفت. این سازه در سال ۱۹۷۶ میلادی که با استفاده از ۱۶ میراگر ویسکو الاستیک مقاوم‌سازی شده بود، ایجاد گردید [۸] شن و همکاران بررسی تحلیلی و آزمایشگاهی بر مقاوم‌سازی لرزه‌ای، قاب بتن آرمه با اعمال میراگرهای ویسکو الاستیک با مقیاس ۱/۳ انجام دادند. آنها نشان دادند میراگرهای ویسکو الاستیک در کاهش پاسخ لرزه‌ای سازه‌های بتن آرمه، بسیار موثر هستند و همچنین نسبت میرایی معادل سازه، با اعمال روش انرژی کرنشی مودال با برخی از اصلاحات قابل پیش‌بینی است [۱۲] تسای مقاله تاثیرات ظرفیت جذب انرژی میراگرو ویسکو الاستیک و تاثیر آن بر روی سازه در طی زلزله‌ها را ارائه داده است. در این مطالعه رفتار ساختمان ۱۰ طبقه با میراگرهای ویسکو الاستیک مجهز شده و تحت زمین لرزه ناشی از حرکات زمین مورد بررسی قرار می‌گیرد. هر دو نتایج تحلیلی و آزمایشگاهی



شکل ۱- پلان قاب ساختمانی ۲۰ طبقه (مدل ۳و۱)



شکل ۲- جانمایی میراگر ویسکوالاستیک در مدل های (الی ۴) قاب

ساختمانی ۲۰ طبقه در امتداد X, Y

نشان داد، ظرفیت جذب انرژی میراگر ویسکوالاستیک با افزایش دمای محیط کاهش می‌یابد. مثال‌های عددی نشان داد که پاسخ‌ها، شامل جابه‌جایی‌ها و تنش‌های ساختمان بلندمرتبه تحت بارگذاری لرزه‌ای در صورت افزودن میراگرهای ویسکوالاستیک به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد [10]. حیدری نوری و زهرایی در پژوهش آنها میراگرهای ویسکوالاستیک متفاوت باید در طبقات مختلف مطابق با سختی جانبی هر طبقه و حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی بین طبقه‌ای، توزیع می‌شدند. نتایج نشان داد: آرایش بهینه میراگرها تاثیر قابل توجهی بر روی کاهش تغییر مکان بام به میزان ۲۵ درصد در مقایسه با توزیع آرایش یکنواخت میراگرهای ویسکوالاستیک دارد [12]. یانگ و لم پژوهشی تحت عنوان پاسخ‌های دینامیکی، دو ساختمان مجاور هم با میراگرهای ویسکو الاستیک تحت تحریکات لرزه‌ای دوجبهته ارائه داده‌اند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد: حداکثر پاسخ‌های افقی سازه‌های بدون خروج از مرکزیت به طور قابل توجهی کاهش یافته در حالیکه تاثیرات منفی پیش‌افزایش یافته است [12] بنابراین ضرورت به کارگیری سیستم سازه‌ای قاب خمشی بتن آرمه با میراگر ویسکوالاستیک که باعث اتلاف انرژی لرزه‌ای به تبع آن کاهش تغییر مکان جانبی (مطلق، نسبی) و شتاب طبقات، کاهش خسارات سازه‌ای و غیرسازه‌ای، بهینه‌سازی ساختمان و افزایش فضای معماری داخلی می‌شود، بیش از پیش احساس می‌شود. از متغیرهای اصلی این پژوهش افزایش طول دهانه و ارتفاع طبقات می‌باشد که با توجه به این متغیرها، تغییر مکان افقی (مطلق و نسبی) طبقات و تغییرات برش پایه قاب ۲۰ طبقه را بدون و با اضافه نمودن میراگرهای ویسکوالاستیک ناشی از نیروی جانبی زلزله را با استفاده از روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی به روش مودال و انتگرال‌گیری مستقیم بررسی نماییم.

## ۲- معرفی مدل های مورد بررسی

در این پژوهش یک قاب ساختمانی بلندمرتبه‌ی بتن آرمه‌ی سه بعدی ۲۰ طبقه با ۸ مدل، که ۴ مدل با سیستم سازه‌ای قاب خمشی و ۴ مدل با سیستم سازه‌ای قاب خمشی + میراگر ویسکوالاستیک در دو امتداد X, Y واقع در منطقه با لرزه‌خیزی زیاد ( $A=0.3g$ ) بر روی خاک نوع (III) در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۱- مشخصات ابعادی قاب ۲۰ طبقه

مدل	ابعاد خارجی پلان ساختمان (متر)	تعداد دهانه	طول دهانه (متر)	ارتفاع طبقات (متر)
۱	۲۵×۲۵	۵	۵	۳٫۲
۲	۳۰×۳۰	۵	۶	۳٫۲
۳	۲۵×۲۵	۵	۵	۴٫۲
۴	۳۰×۳۰	۵	۶	۴٫۲

میزان		مشخصات مصالح
بتن	فولاد (آرماتور AIII)	
۳۵۰	-	مقاومت فشاری (کیلوگرم بر سانتیمتر سانی مترمربع)
$25 \times 10^9$	$201 \times 10^9$	مدول الاستیسیته (پاسکال)
۰٫۱۵	۰٫۳	نسبت پواسون
۲۴۵۰	۷۸۵۰	چگالی (کیلوگرم بر مترمکعب)
-	۴۰۰۰	تنش تسلیم (کیلوگرم بر مترمربع)
-	۶۰۰۰	تنش گسیختگی (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)
-	۴۶۰۰	تنش تسلیم مورد انتظار (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)
-	۶۹۰۰	تنش گسیختگی مورد انتظار (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

جدول ۳- بارهای ثقلی وارد بر قابها

نوع بار	میزان بار (کیلوگرم بر مترمربع)
بار مرده	۴۱۵
بار زنده غیر قابل کاهش	۵۰۰
بار زنده قابل کاهش	۲۰۰
بار تیغه بندی	۱۰۰
بار مرده بام	۴۶۵
بار زنده بام	۲۰۰
بار برف	۱۵۰

### ۳- روش تحقیق

#### ۳-۱- معرفی نرم افزار

در این پژوهش برای مدل سازی، تحلیل و طراحی قاب ۲۰ طبقه از نرم افزار SAP2000-V15 استفاده می شود. نرم افزار SAP2000 برای مدل سازی، تحلیل و طراحی انواع قابهای ساختمانی (فولادی، بتن آرمه)، انواع دالها (معمولی، تخت و...)، انواع میراگرها (ویسکوز، ویسکوالاستیک و...)، در حالت خطی و غیر خطی و... کاربرد دارد.

#### ۳-۲- مدل سازی قابها

ابتدا با توجه به فاصله مرکز به مرکز ستونها در امتداد (X, Y)، تعداد و ارتفاع طبقات در امتداد Z به شبکه بندی قابها، سپس مشخصات مصالح فولادی و بتنی را با توجه به جدول ۲ تعریف نموده، پس از آن به تعریف ابعاد مقاطع (ستون، تیرها، دالها) و

در نهایت به ترسیم مقاطع مورد نظر با دستورات مربوطه می پردازیم. به منظور تحلیل (استاتیکی معادل، طیفی) و طراحی اولیه مدل های مورد بررسی از آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴) و ضوابط آیین نامه ACI318-14 و جهت بارگذاری جدول ۳ از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان بارهای وارد بر ساختمان (۱۳۹۲) استفاده می شود.

#### ۳-۳- معرفی مواد ویسکوالاستیک

برای مدلسازی مواد ویسکوالاستیک از مدل کلونین-ویت استفاده می شود. در این مدل رفتار ماده بصورت یک فنر و میراگر خطی که بصورت موازی قرار گرفته اند، در نظر گرفته می شود. این مدل برای میراگرهای ویسکوالاستیک جامد مناسب تر است. در این پژوهش برای مدل سازی مواد ویسکوالاستیک از این مدل استفاده شده است.

#### ۳-۴- تعیین نسبت میرایی، ضریب سختی، ضریب

##### میرایی میراگر ویسکوالاستیک

جهت تعیین نسبت میرایی ( $\zeta$ ) قابها با میراگر ویسکوالاستیک، همچنین تعیین ضریب سختی (K) و ضریب میرایی (C) میراگرهای ویسکوالاستیک مشخصات فنی ماده میراگر ویسکوالاستیک با نام تجاری 3M ISD110 وابسته به سه پارامتر G (مدول ذخیره سازی)،  $\eta$  (مدول کاهش)،  $\eta_v$  (ضریب اتلاف) از طریق روش انرژی کرنشی مودال، استفاده می شود.

#### ۳-۴-۱- تعیین نسبت میرایی مورد نیاز قابهای

##### بامیراگر ویسکوالاستیک

اگر از تغییراتی که در اثر اضافه کردن میراگر ویسکوالاستیک در شکل مودی سازه به وجود آید، صرف نظر گردد می توان نسبت میرایی را از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$\zeta_i = \frac{\eta v - b}{2} \left( 1 - \frac{\omega_i^2}{\omega_{si}^2} \right) \quad (1)$$

$$\eta v - b = \frac{\frac{k_b}{k_p}}{\eta_p^2 + \frac{k_b}{k_p} + 1} \quad (2)$$

$$\omega = (\zeta)^{\eta v}$$

$$i = \sqrt{\frac{k_0}{m}}$$

$$\omega_{si} = \sqrt{\frac{k_{si}}{m}} \quad (4)$$

$$(5)$$

$$k_{si} = k_0 + k_{v-b}$$

که در روابط بالا:

$\zeta_i$ : نسبت میرایی مودال sازه،  $\eta v - b$ : ضریب اتلاف موثر میراگر ویسکوالاستیک،  $k_b$ : سختی باندبند متصل به میراگر،  $k_v$ : سختی میراگر (نسبت  $k_b$  به  $k_v$  طبق منابع برابر ۴۰): ضریب اتلاف میراگر ویسکوالاستیک معادل ۱٫۲،  $\omega$ : آیین فرکانس طبیعی سازه بدون میراگر،  $\omega_{si}$ : آیین فرکانس طبیعی سازه با میراگر،

متر،  $\varepsilon$ : حداکثر کرنش مجاز ماده ویسکوالاستیک در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد که معادل ۱۵۰٪ می باشد.

### ۳-۵- مدل سازی میراگر ویسکوالاستیک در نرم افزار

جهت تعریف میراگر ویسکوالاستیک از المان لینک خطی (Linear)، با اعمال ضریب سختی و میرایی با استفاده از دستورات زیر انجام می گیرد.

جدول ۴- مشخصات فنی میراگرهای ویسکوالاستیک

مدل	نسبت میرایی (درصد)	ضریب سختی (تن بر متر)	ضریب میرایی (تن در ثانیه بر متر)
۱	۲۰	۵۵۴۱،۷۴۹	۵۶۰،۷۱۷
۲	۲۰	۹۵۴۹،۱۵۱	۹۶۶،۱۸۷
۳	۲۰	۳۷۹۶،۶۱۳	۴۹۰،۷۶۹
۴	۲۰	۶۶۲۳،۴۱۶	۸۵۶،۱۷۶

جدول ۵- مشخصات ابعادی میراگرهای ویسکوالاستیک

مدل	ابعاد میراگر (سانتیمتر)	تعداد و ضخامت ماده ویسکوالاستیک (سانتیمتر)	مقطع بادی متصل به میراگر
۱	۱۵۰×۸۰	۴ و ۴،۵	۲UNP۲۶
۲	۲۱×۱۰۰	۴ و ۴،۵	۲UNP۳۰
۳	۱۵۰×۸۰	۴ و ۶	۲UNP۴۰
۴	۲۱×۱۰۰	۴ و ۶	۲UNP۴۰

### ۳-۶- تحلیل بار لرزه ای

#### ۳-۶-۱- تعریف روش تحلیل دینامیکی تاریخچه

#### زمانی غیر خطی به روش مودال

در این روش، تحلیل مودال بر مبنای ماتریس سختی و ماتریس جرم کلی انجام می گیرد. رفتار غیر خطی هندسی (اثر  $P-\Delta$ ) برای تحلیل تاریخچه زمانی مودال ممکن نیست. به همین علت نمی توان در این تحلیل مراحل تشکیل مفاصل پلاستیک را دید و به همین دلیل مدت زمان انجام این تحلیل توسط نرم افزار و همچنین دقت نتایج آن کمتر از روش انتگرال گیری مستقیم می باشد. در این روش تحلیل، غیر خطی بودن سازه فقط به

سختی سازه بدون میراگر،  $k_{si}$ : سختی سازه با میراگر،  $m$ : جرم سازه

### ۳-۴-۲- تعیین ضریب سختی میراگرهای

#### ویسکوالاستیک

با استفاده از رابطه زیر تعیین می گردد.

$$k_{v-b} \quad (۶)$$

$$k_{v-b} = \frac{[(1+\eta_v^2) + \frac{k_b}{k_p}][1+\eta_v^2-b]}{\frac{k_b}{k_p}(1+\eta_v^2)}$$

### ۳-۴-۳- تعیین ضریب میرایی ماده ویسکوالاستیک

ضریب میرایی ماده ویسکوالاستیک، به ابعاد ماده ویسکوالاستیک، مدول اتلاف و فرکانس بارگذاری وابسته است. بنابراین، ضریب میرایی از رابطه زیر تعیین می گردد.

$$(۷)$$

$$C = \frac{G' A}{F_{S1} h}$$

$$G'' = \eta_v G' \quad \eta_v = 1.2$$

$$(۸)$$

$$G' = e^{10.17443 \cdot T}$$

$$3.10205 \cdot F^{0.475466}$$

$$(۹)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega_{si}}$$

$$(۱۰)$$

$$F = \frac{1}{T} \quad (۱۱)$$

$$(۱۲)$$

$$A = \frac{k_p h}{N n G}$$

$$(۱۳)$$

$$h = \frac{\Delta_{max}}{\varepsilon}$$

$$\max = 0.02h$$

$$\Delta (۱۴)$$

که در روابط بالا:

$G''$ : مدول کاهش یافته ماده ویسکوالاستیک،  $\eta_v$ : ضریب کاهش یافته،  $G'$ : مدول ذخیره ماده ویسکوالاستیک بر حسب مگا پاسکال،  $e$ : لگاریتم طبیعی،  $T$ : دوره تناوب سازه با میراگر بر حسب ثانیه،  $\omega_{si}$ : فرکانس زاویه ای سازه با میراگر،  $F$ : فرکانس طبیعی سازه با میراگر بر حسب هرتز با کرنش ۲۰ درصد،  $A$ : سطح مقطع ماده ویسکوالاستیک بر حسب سانتی متر مربع،  $K_{vi}$ : سختی میراگر ویسکوالاستیک بر حسب تن بر متر،  $N$ : تعداد لایه ماده ویسکوالاستیک،  $n$ : تعداد لایه ماده ویسکوالاستیک،  $G'$ : مدول ذخیره،  $h$ : ضخامت ماده ویسکوالاستیک بر حسب متر،  $\Delta$ : حداکثر تغییر مکان میراگر بر حسب سانتی

با مراجعه به تارنمای PEER berkeley از شتاب نگاشت زلزله‌های حوزه نزدیک گسل همچون طیس به تریب با گام زمانی ۰/۰۲ ثانیه و مدت زمان دوام ۱۷ ثانیه، بم با گام زمانی ۰/۰۰۵ ثانیه و مدت زمان دوام ۸ ثانیه، کوبه با گام زمانی ۰/۰۱ ثانیه و مدت زمان دوام ۵ ثانیه، چی با گام زمانی ۰/۰۰۵ ثانیه و مدت زمان دوام ۲۲ ثانیه، لوماپریتا با گام زمانی ۰/۰۰۵ ثانیه و مدت زمان دوام ۱۲ ثانیه، امپریال ولی با گام زمانی ۰/۰۱ ثانیه و مدت زمان دوام ۲۴ ثانیه، نورتریج با گام زمانی ۰/۰۲ ثانیه و مدت زمان دوام ۱۳ ثانیه که هر دو مولفه از نرم‌افزار Seismo SignalV4.3 و مدت زمان دوام از نمودار شدت آریانس برحسب درصد در محدوده ۰/۰۵ الی ۰/۹۵ تعیین می‌شوند که بیشترین میزان شدت لرزه‌ای و بیشترین میزان تاثیرگذاری افزایشی بر روی حداکثر میزان تغییر مکان‌های جانبی مطلق، نسبی طبقات و برش پایه و در نهایت نمایش دقیق تر رفتار لرزه‌ای قاب‌های بدون و بامیراگر ویسکو الاستیک دارند، استفاده گردیده است و در خصوص عدم استفاده از شتاب نگاشت‌های ترکیبی زلزله‌های حوزه نزدیک و دور گسل نیز باید عنوان کرد که رعایت آن در جهت انطباق با بخشی از ضابطه قسمت الف روند انتخاب شتاب نگاشت‌ها (رعایت فاصله از گسل) که در بالا ذکر گردیده است، می‌باشد.

جدول ۶- مشخصات شتاب نگاشت‌ها

زلزله و محل وقوع	سال وقوع	نام ایستگاه	بزرگا (ریشتر)	فاصله از گسل (کیلومتر)	گونه
طیس ایران	۱۹۷۸	طیس	۷/۸	۱۰	معکوس
بم ایران	۲۰۰۳	بم	۶/۶	۸/۵	معکوس
کوبه ژاپن	۱۹۹۵	تاکارازو	۷/۳	۱۶	امتداد لغز
چی چی تایوان	۱۹۹۴	چیو	۷/۲	۱۰/۹	مورب معکوس
لوما پریتا آمریکا	۱۹۸۹	کاپیت ولا	۷/۴	۱۱/۴	معکوس
امپریال ولی آمریکا	۱۹۷۹	السنترو	۷	۹/۶	امتداد لغز
نورتریج آمریکا	۱۹۹۴	آلرتا	۷/۲	۱۱/۴	معکوس

المان‌های رابط خلاصه شده است، به همین علت در این پژوهش، جهت در نظر گرفتن رفتار غیرخطی میراگرهای ویسکو الاستیک در قاب‌های مجهز به میراگر ویسکو الاستیک که عملاً اختصاص مفصل پلاستیک به میراگرهای ویسکو الاستیک غیر ممکن می‌باشد، این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین به منظور صحت‌سنجی نتایج حاصل از روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی مودال (FNA در خصوص قاب‌های مجهز به میراگرهای ویسکو الاستیک از روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی به روش انتگرال‌گیری مستقیم به شرح زیر استفاده می‌شود.

### ۲-۶-۳- تعریف روش تحلیل دینامیکی تاریخچه

#### زمانی غیر خطی به روش انتگرال‌گیری مستقیم

بر طبق بند ۴-۱ پیوست ۲ آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران و برایش ۴، تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان، در تراز پایه و محاسبه پاسخ مدل ریاضی ساختمان که در برگرفته رفتار فرا ارتجاعی (اختصاص مفصل پلاستیک به المان‌های سازه‌ای) آن است، انجام می‌شود که مدت زمان انجام تحلیل توسط نرم‌افزار را بر خلاف روش مودال افزایش می‌دهد که همین امر سبب می‌گردد که نتایج حاصل از روش انتگرال‌گیری مستقیم به علت در نظرگیری رفتار غیرخطی المان‌های سازه‌ای در مقایسه با روش مودال دقیق‌تر گردد. بر اساس بند ۱-۲ پیوست ۲ آیین‌نامه مذکور قبل از انجام تحلیل غیرخطی می‌باید بار ثقلی مطابق با ضرایب ترکیب بار مربوطه (1.2D+L و 0.9D) به مدل سازه اعمال می‌گردد. بر اساس بند ۴-۳ پیوست آیین‌نامه مذکور اثر P-Δ به عنوان رفتار غیرخطی هندسی نیز باید در انجام این تحلیل در نظر گرفته شود. در تحلیل تاریخچه زمانی، در صورت استفاده از حداقل هفت زوج شتاب نگاشت می‌توان مقدار متوسط بازتاب‌های به دست آمده از آنها را به عنوان بازتاب نهایی تلقی کرد بنابراین در این پژوهش در خصوص قاب‌های بدون میراگر ویسکو الاستیک از این روش استفاده می‌شود.

### ۳-۵-۳- روند انتخاب شتاب نگاشت‌ها

طبق بند ۲-۳-۵ آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران و برایش ۴ شتاب‌نگاشت‌هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند باید دارای ویژگی‌های زیر باشند: الف: شتاب‌نگاشت‌ها متعلق به زلزله‌هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آنها اثر بزرگا، فاصله از گسل، ساز و کار چشمه لرزه را در نظر گرفته شده باشد. ب: ساختگاه‌های شتاب نگاشت‌ها باید به لحاظ ویژگی‌های زمین‌شناسی، به خصوص مشخصات لایه‌های خاک بازمین محل ساختمان، تا حد امکان، مشابهت داشته باشند. پ: مدت زمان حرکت شدید زمین در شتاب نگاشت‌ها حداقل برابر با ۱۰ ثانیه یا ۳ برابر زمان تناوب اصلی سازه، هر کدام بیشتر باشد. در این پژوهش

جدول ۷- دوره تناوب (T) قاب ۲۰ طبقه بر حسب تانیه

مدل	بدون میراگر	بامیراگر
۱	۲/۱۱	۱/۷۷۷
۲	۲/۱۱	۱/۸۳۶
۳	۲/۶۹۷	۲/۱۶۲
۴	۲/۶۹۷	۲/۲۷۹

### ۳-۶-۳- شتاب نگاشت های مقیاس شده

طبق بند ۲-۵-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴ هر زوج شتاب نگاشت به مقدار حداکثر خود مقیاس شوند. بدین معنی که حداکثر شتاب در مولفه‌ای که دارای بیشینه بزرگتری است، برابر شتاب ثقل گردد.

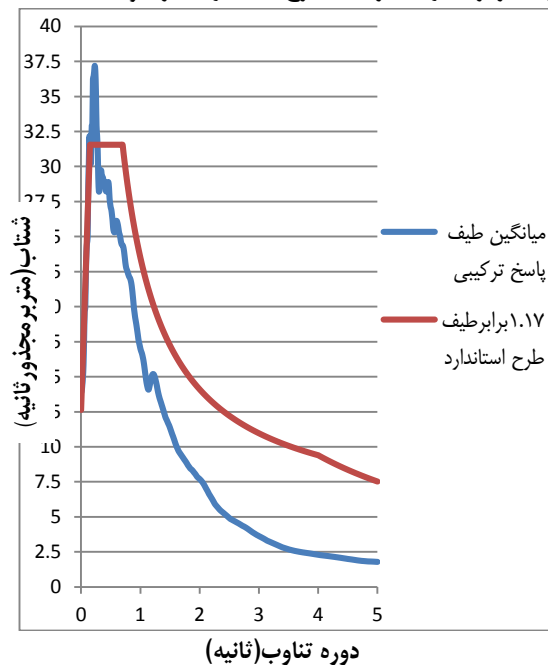
### ۳-۳-۷- طیف پاسخ میانگین

طبق بند ۲-۵-۳ آیین نامه زلزله ایران ۲۸۰۰ ویرایش ۴ قسمت پ طیفهای پاسخ هر زوج شتاب نگاشت با استفاده از روش جذر مجموع مربعات باید دیگر ترکیب شده طیف ترکیبی برای هر زوج شتاب نگاشت ساخته می‌شود. طیفهای پاسخ ترکیبی هر زوج شتاب نگاشت میانگین گیری شده برای مقایسه با طیف استاندارد بدست می‌آید.

### ۳-۹-۳- تعیین ضریب مقیاس نهایی قابها بدون و

#### بامیراگر ویسکوالاستیک

بر اساس بند ۲-۵-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴، هر زوج شتاب نگاشت چنان مقیاس می‌شود که برای هر پرپود در محدوده  $(0.2T - 1.5T)$  (دوره تناوب)، مقدار متوسط طیف جذر مجموع مربعات مربوط به تمام زوج مولفه‌ها، بیش از ده درصد از  $1/3$  برابر مقدار متناظر طیف طرح استاندارد کمتر نشود



شکل ۴- مقایسه میانگین طیف پاسخ ترکیبی زوج شتاب نگاشت ها با ۱/۱۷ برابر طیف طرح استاندارد

در شکل فوق میانگین طیف پاسخ ترکیبی زوج شتاب نگاشت‌ها در بازه  $(0.2T - 1.5T)$ ، زیر ۱/۱۷ برابر طیف طرح استاندارد خاکها قرار دارد. با در نظر گرفتن ضریب مقیاس برای شتاب نگاشت‌های در نظر گرفته شده، میانگین طیف پاسخ ترکیبی زوج شتاب نگاشت‌ها در قسمت بالای ۱/۱۷ برابر طیف طرح استاندارد قرار می‌گیرد.

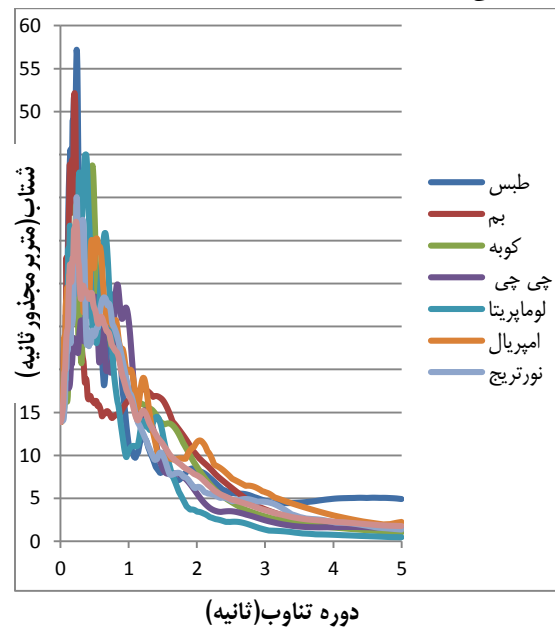
(۱۶)

$$\text{ضریب مقیاس} = \frac{1.17 \times S_a}{AVRSRSS} = \frac{1.17 \times g \times B}{AVRSRSS}$$

$$\text{ضریب} = \frac{1.17 \times g \times B}{AVRSRSS} \times A \times I \quad (17)$$

مقیاس نهایی

که در روابط بالا:



شکل ۳- میانگین طیف پاسخ ترکیبی زوج شتاب نگاشت‌ها

### ۳-۸-۳- تعیین دوره تناوب قابها بدون و با

#### میراگر ویسکوالاستیک

جهت تعیین دوره تناوب قابها بدون میراگر ویسکوالاستیک طبق بند ۲-۵-۳ آیین نامه مذکور زمان تناوب اصلی نوسان رامی‌توان از رابطه تجربی زیر برای ساختمان‌هایی، با سیستم قاب خمشی بتن آرمه در مواردی که جداگرهای میان قابی مانعی برای حرکت قابها ایجاد نمایند، تعیین نمود. جهت تعیین دوره تناوب قاب‌های مجهز به میراگرهای ویسکوالاستیک از تحلیل مودال و مودال استفاده می‌کنیم.

(۱۵)

$$T = 0.05H^{0.9}$$

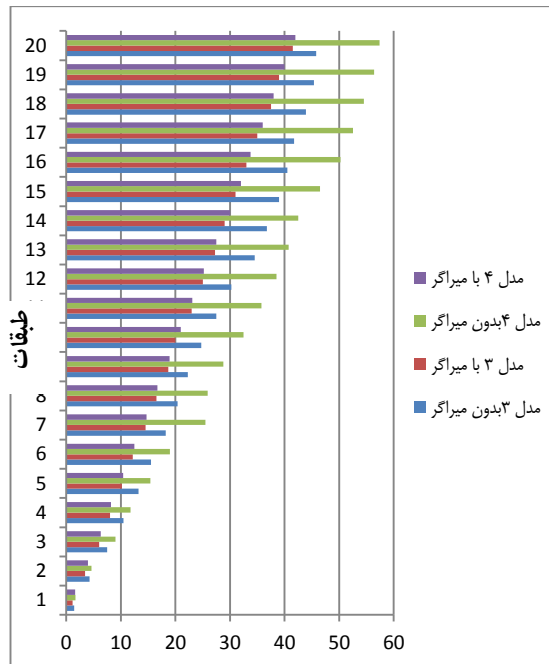
H: ارتفاع ساختمان از تراز پایه

۱/۱۷Sa: ۱/۱۷ برابر طیف طرح استاندارد، AVRSRSS: میانگین

طیف پاسخ ترکیبی زوج شتاب نگاشت‌ها، A: شتاب مبنای طرح که باتوجه به قرارگیری قابها در پهنه با خطر نسبی زیاد معادل ۰/۳ می‌باشد، I: ضریب اهمیت ساختمان که باتوجه به اینکه قابها از نوع مسکونی می باشد، معادل ۱ است.

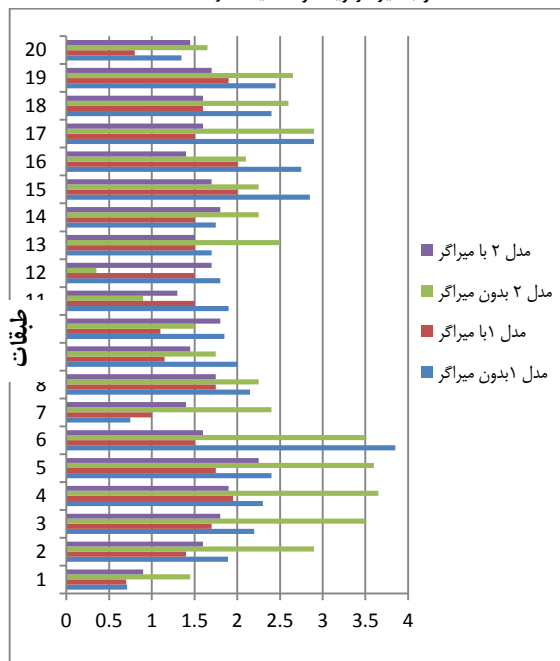
جدول ۸- ضریب مقیاس و ضریب مقیاس نهایی قابها بدون و بامیراگر ویسکوالاستیک

مدل	بدون میراگر		بامیراگر	
	ضریب مقیاس	ضریب مقیاس نهایی	ضریب مقیاس	ضریب مقیاس نهایی
۱	۳/۲۷	۰/۹۸۱	۲/۶۰۵	۰/۷۸۲
۲	۳/۲۷	۰/۹۸۱	۲/۶۷۵	۰/۸۰۳
۳	۴/۰۸۸	۱/۲۲۶	۳/۳۶۴	۱/۰۰۹
۴	۴/۰۸۸	۱/۲۲۶	۳/۶۱۴	۱/۰۹۲



حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات (سانتی متر)

شکل ۶- حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات مدل (۳ و ۴) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگر ویسکوالاستیک در امتداد X

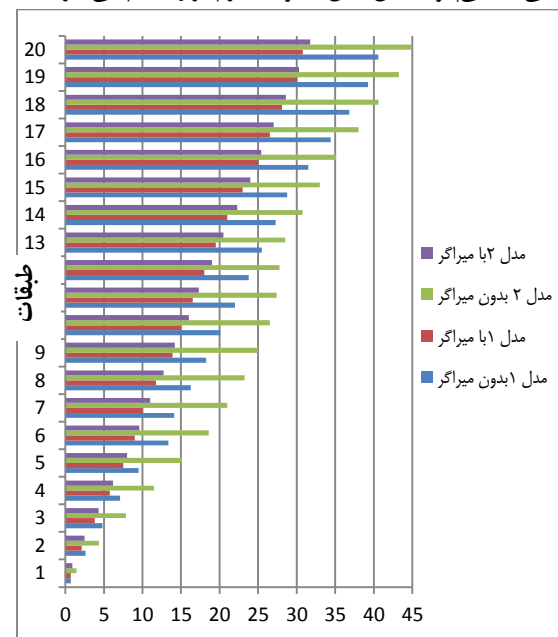


حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات (سانتی متر)

شکل ۷- حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات مدل (۱ و ۲) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگر ویسکوالاستیک در امتداد X

#### ۴- نتایج تحلیل

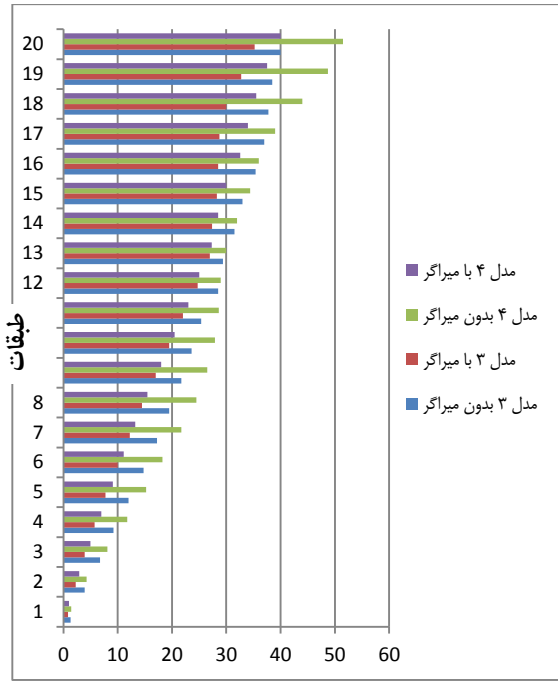
جهت تحلیل نرم‌افزاری، قابها با مشخصات فنی ذکر شده در نرم‌افزار SAP2000-V15 مدل‌سازی شده، سپس بارگذاری (ثقلی-جانبی) و تحلیل مدل‌ها توسط نرم‌افزار انجام می‌گیرد.



حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات (سانتی متر)

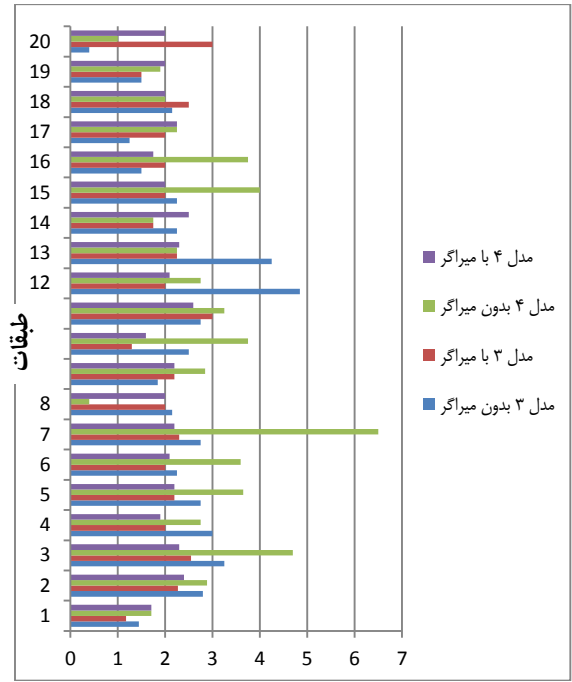
شکل ۵- حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات مدل (۱ و ۲) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگر ویسکوالاستیک در امتداد X





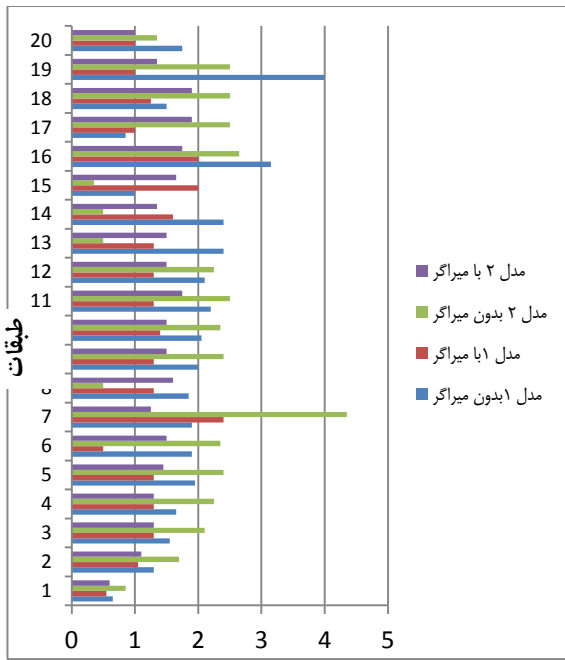
حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات (سانتی متر)

شکل ۱۰- حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات مدل (۳و۴) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگر ویسکوالاستیک در امتداد Y



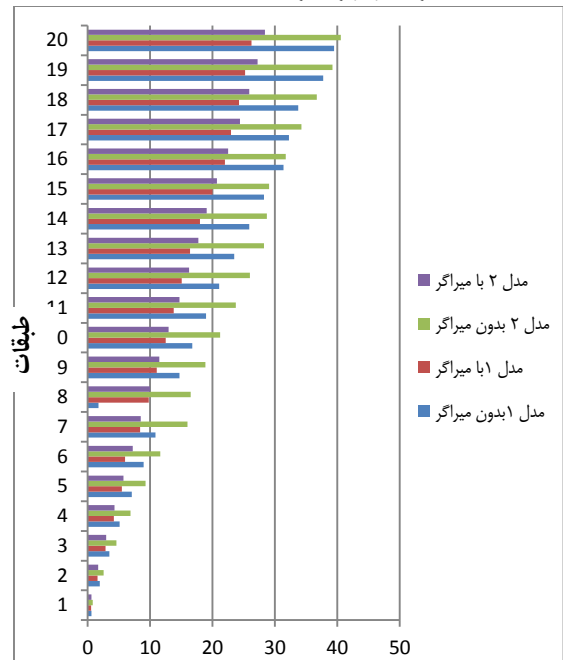
حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات (سانتی متر)

شکل ۸- حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات مدل (۳و۴) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگر ویسکوالاستیک در امتداد X



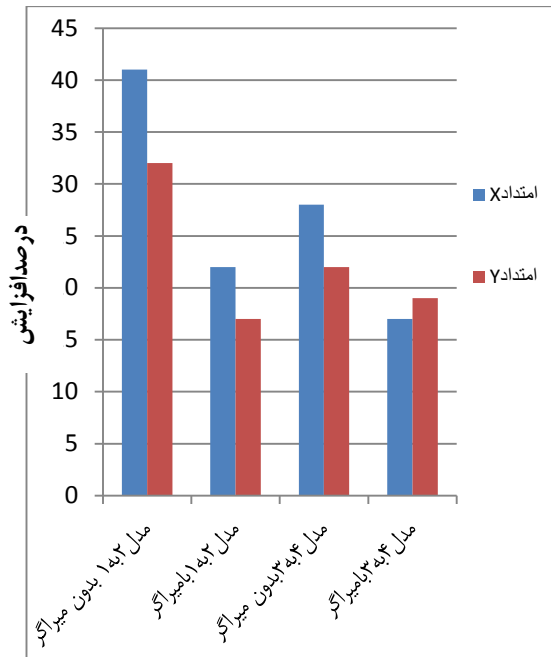
حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات (سانتی متر)

شکل ۱۱- حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات مدل (۱و۲) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگر ویسکوالاستیک در امتداد Y



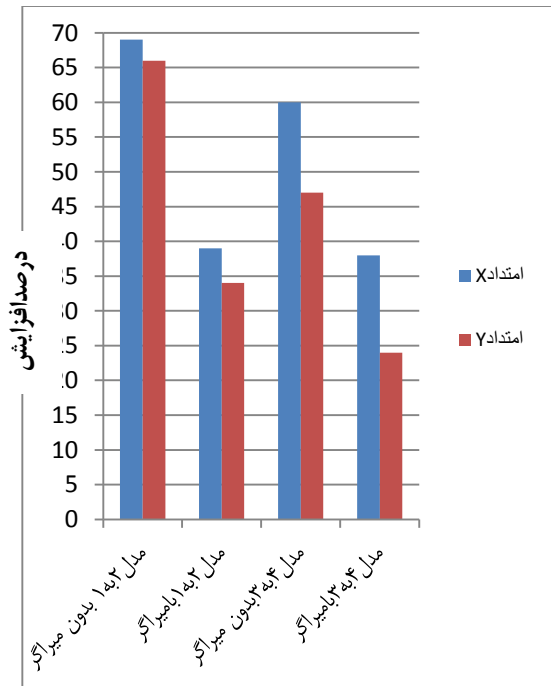
حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات (سانتی متر)

شکل ۹- حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات مدل (۱و۲) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگر ویسکوالاستیک در امتداد X



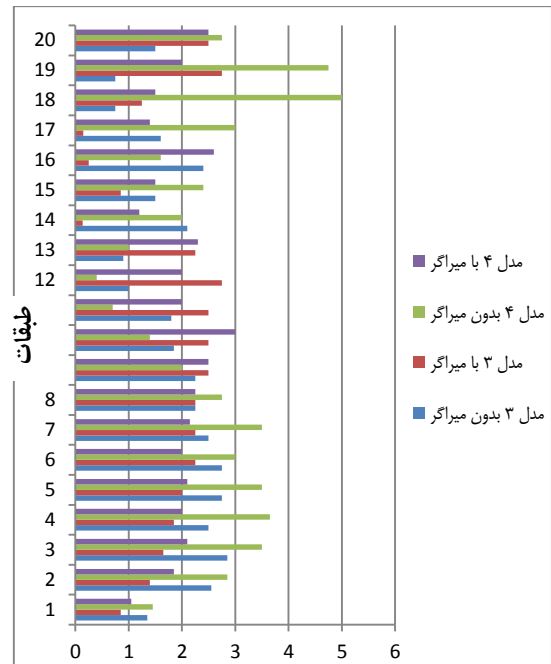
نسبت مدل ها

شکل ۱۴- درصد افزایش حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات مدل های (۲ به ۱ و ۴ به ۳) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگرهای ویسکوالاستیک



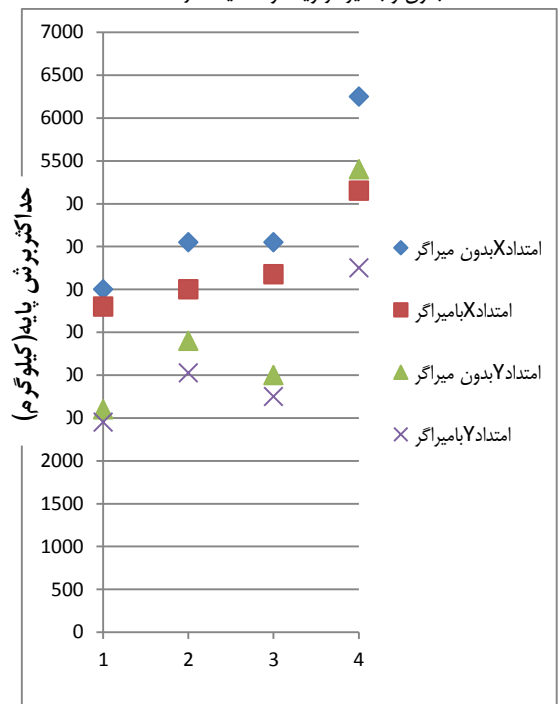
نسبت مدل ها

شکل ۱۵- درصد افزایش حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات مدل های (۲ به ۱ و ۴ به ۳) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگرهای ویسکوالاستیک



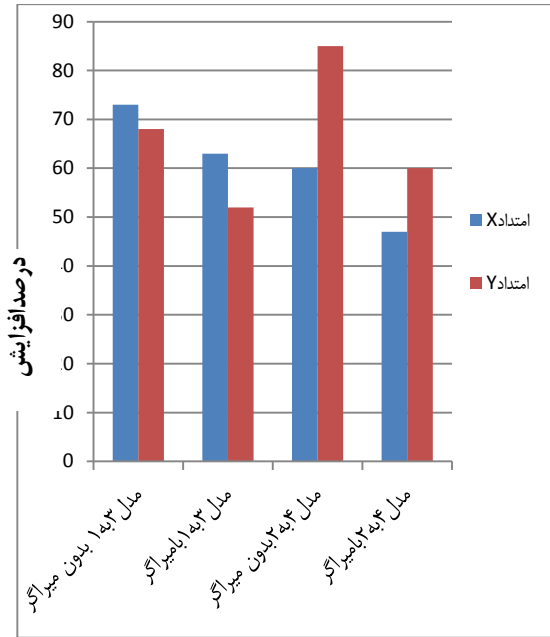
حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات (سانتی متر)

شکل ۱۶- حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات مدل (۳ و ۴) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگر ویسکوالاستیک در امتداد Y



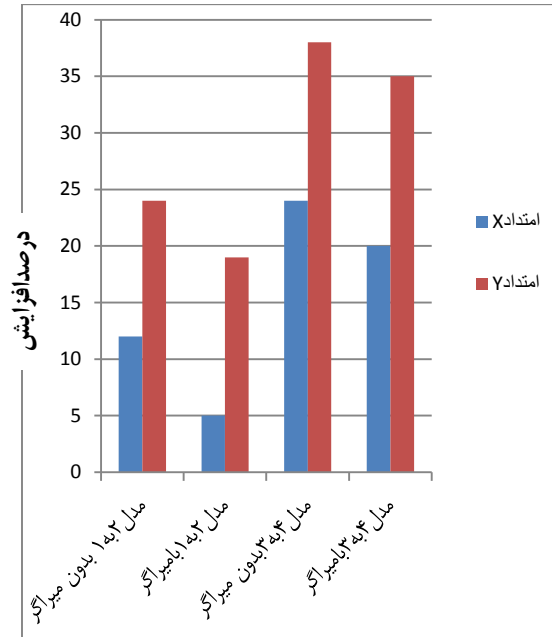
نسبت مدل ها

شکل ۱۳- حداکثر برش پایه قاب مدل های (۱ الی ۴) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگرهای ویسکوالاستیک در امتداد (X, Y)



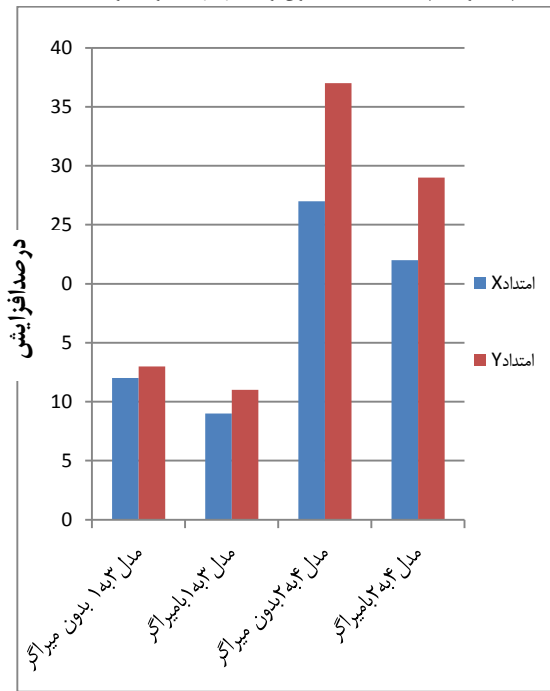
نسبت مدل ها

شکل ۱۸- درصد افزایش حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات مدل های (۳ به ۱ و ۴ به ۲) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگرهای ویسکوالاستیک



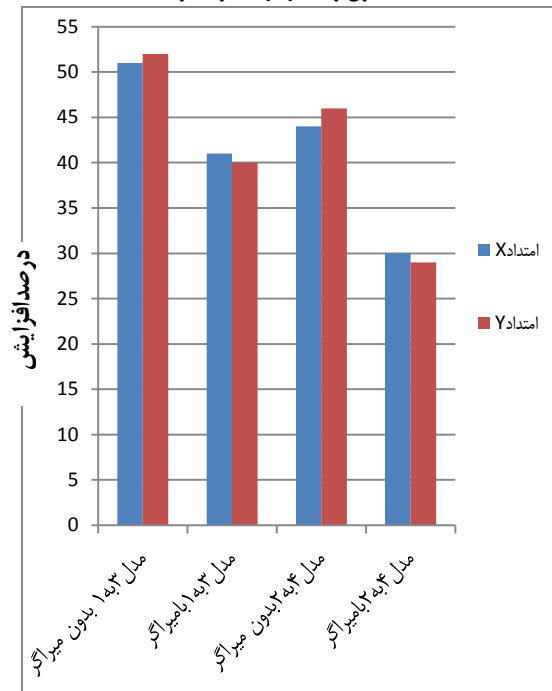
نسبت مدل ها

شکل ۱۶- درصد افزایش حداکثر برش پایه مدل های (۳ به ۱ و ۴ به ۲) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگرهای ویسکوالاستیک



نسبت مدل ها

شکل ۱۹- درصد افزایش حداکثر برش پایه مدل های (۳ به ۱ و ۴ به ۲) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگرهای ویسکوالاستیک



نسبت مدل ها

شکل ۱۷- درصد افزایش حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات مدل های (۳ به ۱ و ۴ به ۲) قاب ۲۰ طبقه بدون و با میراگرهای ویسکوالاستیک

## ۵- نتیجه گیری

۱) با افزایش طول دهانه، به میزان ۱ متر، مدل ۲ نسبت به مدل ۱ و مدل ۴ نسبت به مدل ۳، حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق، نسبی طبقات و برش پایه در امتداد (X,Y) بدون و با میراگر ویسکوالاستیک روندی افزایشی دارد.

۲) درصد افزایش حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات، با افزایش طول دهانه در مدل ۲ نسبت به مدل ۱، با میراگر نسبت به بدون میراگر ویسکوالاستیک در امتداد (X,Y)، به ترتیب (۱۵٪-۱۹٪) و در مدل ۴ نسبت به مدل ۳، (۳٪-۱۱٪) تغییر مکان جانبی نسبی در مدل ۲ نسبت به مدل ۱، (۳۲٪-۳۰٪) و در مدل ۴ نسبت به مدل ۳، (۲۲٪-۲۳٪) برش پایه در مدل ۲ نسبت به مدل ۱، (۵٪-۷٪) و در مدل ۴ نسبت به مدل ۳، (۳٪-۴٪) کاهش یافته است.

۳) با افزایش ارتفاع طبقات به میزان ۱ متر، مدل ۳ نسبت به مدل ۱ و مدل ۴ نسبت به مدل ۲، حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق، نسبی طبقات و برش پایه در امتداد (X,Y) بدون و با میراگر ویسکوالاستیک روندی افزایشی دارد.

۴) درصد افزایش حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات با افزایش ارتفاع طبقات، در مدل ۳ نسبت به مدل ۱ با میراگر نسبت به بدون میراگر ویسکوالاستیک در امتداد (X,Y)، به ترتیب (۱۲٪-۱۰٪) و در مدل ۴ نسبت به مدل ۲، (۱۴٪-۱۷٪) تغییر مکان جانبی نسبی در مدل ۳ نسبت به مدل ۱، (۱۶٪-۱۰٪) و در مدل ۴ نسبت به مدل ۳، (۲۵٪-۱۳٪) برش پایه در مدل ۳ نسبت به مدل ۱، (۲٪-۳٪)، در مدل ۴ نسبت به مدل ۲، (۸٪-۵٪) کاهش یافته است.

۵- طبق آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴، حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات به (۰/۰۵H) که H: ارتفاع کلی قاب و در مورد قاب ۲۰ طبقه، مدل های ۱ و ۳ با ارتفاع طبقات ۳/۲ متر به ۳۲ سانتیمتر و مدل های ۴ و ۲ با ارتفاع طبقات ۴/۲ متر به ۴۲ سانتیمتر محدود می شود. بنابراین حداکثر تغییر مکان جانبی مطلق طبقات، مدل های مذکور بدون میراگر بیش از حد مجاز آیین نامه و با میراگر در حد مجاز آیین نامه می باشد.

۶- طبق آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش ۴، حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات به (۱/۲ × ۰/۰۲H) که H: ارتفاع طبقات می باشد، محدود شده که در مورد مدل های (۱ و ۳) با ارتفاع طبقات ۳/۲ متر به ۷/۶۸ سانتیمتر و در مدل های (۲ و ۴) با ارتفاع طبقات ۴/۲ متر به ۱۰/۰۸ سانتیمتر که در کلیه مدل ها بدون و با میراگر در حد مجاز آیین نامه می باشد.

## ۶- مراجع

[۱] دستورالعمل استفاده از میراگرها در طراحی و مقاوم سازی ساختمان ها (ضابطه شماره ۷۶۶)، معاونت فنی، امور زیر بنایی و تولیدی، امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، معاونت تحقیقات، سازمان

مجری ساختمانها و تاسیسات دولتی و عمومی معاونت برنامه ریزی و مهندسی، ۱۳۹۷، ص ۳، ۱۰۸، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۵، ۱۳۸، ۱۴۳، ۱۴۷، ۱۴۹.

[۲] امیدیان، پ.، صفاری، ج.، ۱۳۹۷، ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای ساختمانهای بتنی منظم و نامنظم با استفاده از منحنی های خرابی، نشریه علمی- پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۵، شماره ۳، ص ۱۲۶.

[۳] بهشتی اول، س. ب.، متقی، ل.، ۱۳۹۶، اثر خطر زلزله منطقه بر انتخاب روش بهسازی یک قاب بتن آرمه معیوب، نشریه مهندسی عمران امیر کبیر، دوره ۴۹، شماره ۳، ص ۴۴۳.

[4] Dong, Y-Rong, et al. Seismic Behavior And Damage Evolution For Retrofitted RC Frames Using Haunch Viscoelastic Damping Braces. Engineering Structure. 2019; 199:1-2.

[۵] دستورالعمل ارزیابی و بهسازی ساختمانهای متداول موجود (ضابطه شماره ۷۴۱)، معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی، امور نظام فنی و اجرایی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، معاونت تحقیقات، ۱۳۹۶، ص ۳ و ۱۰۰.

[6] Ghodsi, S.S, et al. Evaluation of Hybrid Viscoelastic Damper For Passive Energy Disipation. International Journal of Civil And Environmental Engineering. 2022; 11(10):1430

[۷] مظلوم، م.، احمدی نژاد، س. ع.، ۱۳۹۶، تاثیر تیر پیوند برشی قائم در ساختمان های بتنی بهسازی شده بر عملکرد اجزای سازه و ضریب رفتار، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تبریز، جلد ۴۷، شماره ۴، ص ۸۵.

[8] Abdollahzadeh, Gh, Shabani, S. The Effect of Viscoelastic Damper on Reducing Seismic Response of Steel Frame Structures. Asian Journal of Civil Engineering (BHRC). 2017; 18(6):946-948-949-950

[9] Zhang, L, et al. A Design Method of Viscoelastic Damper Parameters Based on The Elastic-Plastic Response Reduction Curve. Soil Dynamics And Earthquake Engineering. 2017; 117:149-150

[10] Shedbale, N, Muley, Prof. P. V. Review on Viscoelastic Materials Used in Viscoelastic Dampers. International Research Journal of Engineering An Technology (IRJET). 2017; 04(07):3375-3376-3377-3378

[11] Xu, Y, et al. A Theoretical And Experimental Study of Viscoelastic Damper Based on Fractional Derivative Approach And Micromolecular Structures. Journal of Vibration And Acoustics. 2019; 141(3):2-3-4

[12] Tchamo, JM, Ying, Z. An Alternative Practical Design Method For Structures With Viscoelastic Dampers. Earthquake Engineering And Engineering Vibration. 2018; 17(3): 459-460-461

# Investigation of Nonlinear Seismic Behavior of High-rise Reinforced Concrete Buildings and their Improvement by Viscoelastic Dampers

Faraz Kazemi

Department of Civil Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran

Ashkan Khodabandeh Lou\*

Department of Civil Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran

## Abstract

Owing to the destruction of high-rise buildings during recent earthquakes, the use of a structural system of reinforced concrete moment frame with viscoelastic damper causes a loss of seismic energy and consequently reduces lateral displacement. In this study a high-Rise, 20-Storey, three-dimensional reinforced concrete frame with 8 Models, of which 4 models with moment frame structural system and 4 models with moment frame + viscoelastic damping system in two directions of X, Y located in the high seismic zone ( $A=0.3g$ ) on the soil type III is considered. The aim of the present study is to investigate the horizontal lateral displacement (absolute and relative) of the stories, the base shear of frames under gravity loads, and lateral loads of the earthquake. In order to modeling the viscoelastic materials, the Kelvin-Voigt model and to determine damping ratio ( $\zeta$ ) of frames with viscoelastic damper, stiffness coefficient ( $K_v$ ) and damping coefficient ( $C_v$ ) of viscoelastic dampers, the modal strain energy method have been applied. For seismic analysis of models without and with dampers, dynamic analysis of nonlinear time history via direct integration and modal (FNA) methods have been utilized, respectively. Geometric modeling of all frames was done using the SAP2000-V15 software. The results indicate that with increasing span length (model 2 compared to model 1 and model 4 compared to model 3) and increasing the height of stories (model 3 compared to model 1 and Model 4 compared to model 2), the maximum absolute lateral and relative displacement of stories, and base shear along with X, Y without and with viscoelastic damper have an increasing trend. Also, the maximum percentage increase of the mentioned models with damper compared to without damper along with X, Y has decreased.

**Key Words:** High-rise, Reinforced concrete, Viscoelastic Damper, Modal strain energy, Nonlinear time history



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license: (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).