تاثیر میراگرهای ویسکوز در مقاوم سازی لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی

مهدی وکیل زاده*
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پرند، پرند، ایران
کامبیز مظاهری
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پرند، پرند، ایران
محدثه بختیاری آزاد
دانشگاه خوارزمی، ایران
mehdi_552@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۱۷ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۴/۱۱/۱۵

چکیده:

هدف از بهسازی لرزه‌ای ساختمان این است که اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای به گونه‌ای تقویت شوند که در صورت وقوع زلزله آسیب‌های کمتری به این اجزا وارد شود. میراگرها وسایل اتلاف انرژی در سازه‌ها محسوب می‌شوند. این وسایل انرژی لرزه‌ای را مستهلک کرده و بخشی از انرژی ورودی به سازه را تلف می‌کنند. از این رو خسارت وارده به سازه به طور چشمگیری کاهش می‌یابد.در این مقاله، قاب فولادی سه، شش و ده طبقه با و بدون میراگر در نرم افزار SAP مدلسازی شده‌اند و با استفاده از دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای و روش استاتیکی غیرخطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. نتایج نشان می‌دهد افزودن میراگر ویسکوز موجب کاهش اثرات نیروی لرزه‌ای و سطوح خرابی عملکرد می‌گردد، همچنین استفاده از میراگر در سازه‌های بلند در مقایسه با سازه‌های کوتاه‌تر تاثیر بیشتری در کاهش نیروی زلزله دارد.

کلید واژگان: میراگرهای ویسکوز، تحلیل استاتیکی غیرخطی، نرم افزار SAP، بهسازی لرزه‌ای، سطح عملکرد.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در علم مهندسی زلزله، با ورود و جایگزینی شیوه طراحی بر اساس عملکرد به جای روش قدیمی طراحی بر اساس نیرو، بسیاری از آیین‌نامه‌های جهان دستخوش تغییرات بنیادی شده و بسیاری از محققان و پژوهشگران برای تکامل و دستیابی به قطعیت در این شیوه تحقیقات خود را در این زمینه متمرکز کرده‌اند. طراحی براساس عملکرد موضوعی است که در سالهای اخیر در جهان، مورد استقبال فراوان قرار گرفته است. آیین‌نامه‌های کنونی که بر اساس نیرو تهیه شده‌اند، برای طراحی در محدوده الاستیک مناسب می‌باشند، اما سطوحی از عملکرد که متضمن پذیرش خسارت هستند، علاوه بر معیارهای نیرویی وابسته به معیارهای جابجایی نیز می‌باشند. روش کنونی طراحی سازه‌ها بر مبنای طراحی به روش مقاومت است و شامل تخمین برش پایه در سازه و توزیع آن در ارتفاع و تعیین مقاومت مورد نیاز اجزای سازه‌ای دربرابر این بار است. صرف نظر از کاستی‌هایی که در این روش وجود دارد، بیان رفتار اجزای سازه‌ای از طریق تک پارامتر مقاومت در بسیاری از موارد پاسخ مناسبی به دست نمی‌دهد. در حقیقت هدف از طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد این است که طراحان را قادر سازد تا سازه هایی طراحی کنند که عملکردشان قابل پیش‌بینی باشد. براساس آیین‌نامه‌های طراحی، اعضای سازه‌ای به گونه‌ای طراحی می‌شوند که بتوانند نیروهای وارده را با حاشیه اطمینان مناسبی که بستگی به روش طراحی دارد تحمل کنند. به منظور طراحی بر اساس سطح عملکرد، استفاده از روش تحلیل استاتیکی غیرخطی بسیار مورد توجه طراحان و مهندسان است.

در زمینه طراحی بر اساس عملکرد، آیین نامه‌های معتبری مانند FEMA273، FEMA356، ATC40 و دستورالعمل بهسازی جزئیات کاملتری را ارائه می‌دهند. در حال حاضر دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود مهمترین مرجعی است که برای ارزیابی و مقاوم سازی لرزه‌ای ساختمانها در ایران بکار می‌رود.

در این مقاله، میراگر ویسکوز به عنوان یک گزینه بهسازی لرزه‌ای معرفی شده است و نقش این میراگر در سازه، با استفاده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- طراحی بر اساس عملکرد

هدف از بهسازی لرزه‌ای ساختمان این است که اعضای سازه‌ای و ملحقات غیر سازه‌ای به گونه‌ای تقویت شوند که در صورت وقوع زلزله آسیب کمتری به این اجزاء وارد شود. نویسندگان آیین نامه‌های FEMA و ATC باتوجه به اهمیت و کارایی آن بعد از وقوع زمین لرزه، آسیب‌های احتمالی را تقسیم بندی و سطوح بهسازی را بر این اساس تعریف کرده‌اند. این آیین نامه‌ها کل ساختمان را به دو گروه اجزای سازه‌ای و اجزای غیرسازه‌ای تقسیم‌بندی کرده و برای هرکدام از اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای یک سری معیارها از سطح کاربرد کامل، تا خرابی های زیاد برای یک زلزله با دوره بازگشت معین درنظر گرفته اند[۱].

۲-۱ سطح عملکرد اجزای سازه‌ای:

منظور از اجزای سازه‌ای ستون‌ها، تیرها، بادبندها، دیوارهای بتنی، دیوارهای پرکننده با مصالح بنایی غیرمسلح، پی ها، دیافراگم ها و ... است. [۱و۲]سطح عملکرد اجزای سازه‌ای با توجه به دستورالعمل بهسازی بصورت زیر است:

الف) سطح عملکرد ۱: قابلیت استفاده بی وقفه؛

ب) سطح عملکرد ۳: ایمنی جانی؛

ج) سطح عملکرد ۵: آستانه فروریزش؛

۲-۲ سطح عملکرد اجزای غیر سازه‌ای:

منظور از اجزای غیر سازه‌ای معماری، اجزای تأسیسات مکانیکی و برقی ساختمان است. معیارهای سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای مربوط به معماری ساختمان شامل نماسازی، دیوارهای داخلی و تیغه بندی، سقف‌ها، دیوار، دست انداز، دودکش‌ها، پله‌ها و درها است. معیارهای سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای مربوط به تأسیسات مکانیکی و برقی شامل آسانسورها، تأسیسات HVAC، تجهیزات ساخت، کانال‌ها، لوله ها، سیستم آب پاش از سقف برای اطفای حریق و سیستم تشخیص و اعلام حریق، درها، روشنایی اضطراری، سیستم توزیع برق و اتصالات چراغ هاست.[۱و۲]سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای با توجه به دستورالعمل بهسازی بصورت زیر است:

الف) سطح عملکردA: خدمت رسانی بی وقفه

ب) سطح عملکرد B: قابلیت استفاده بی وقفه

پ) سطح عملکرد C: ایمنی جانی

ت) سطح عملکرد D: ایمنی جانی محدود

ث) سطح عملکرد E: لحاظ نشده

برآورد پارامترهای حرکت قوی زمین در سطح زمین برای سطوح خطر مختلف صورت می‌پذیرد.

سطح خطر ۱: این سطح خطر بر اساس ۱۰٪ احتمال در ۵۰ سال که معادل ۴۷۵ سال است تعیین می‌شود. سطح خطر ۱ در استاندارد ۲۸۰۰ ایران زلزله طرح نامیده می‌شود.

سطح خطر ۲: این سطح خطر بر اساس ۲٪ احتمال رویداد در ۵۰ سال که معادل ۲۴۷۵ سال است تعیین می‌شود. سطح خطر ۲ به عنوان بیشینه زلزله محتمل نامیده می شود[۳].

۳- تحلیل استاتیکی غیر خطی

در این روش بار جانبی تحت اثر یک الگوی خاص مرحله به مرحله افزایش می‌یابد و تغییرمکان جانبی یک نقطه کنترلی در تراز بام با استفاده از نمودار برش پایه _ تغییر مکان جانبی، ارزیابی می‌شود.[۴]در تحلیل استاتیکی غیرخطی با توجه به این که بارگذاری اعمالی به سازه به صورت نموی و مرحله‌ای است، در هر مرحله بار اعمالی به سازه افزوده میشود، سختی جدید با توجه به مفاصل تشکیل شده در سازه

Archive of SID

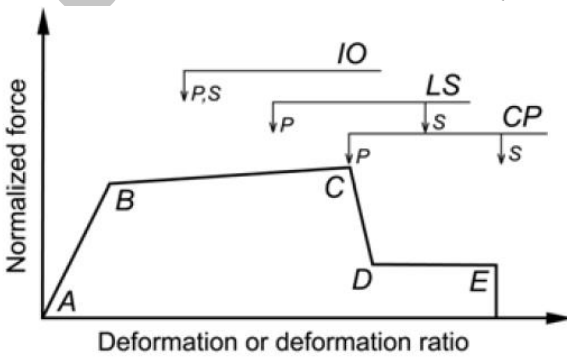
www.SID.ir

اصلاح گردیده و تغییر مکانهای سازه در هر مرحله به دست آورده میشوند. مقدار این تغییرمکان برای یک سطح عملکرد معین، مشخص است. این تغییرمکان در FEMA-356 و دستورالعمل بهسازی، تغییر مکان هدف و در ATC-40جابجایی تقاضا نامیده می‌شود.

تحلیل استاتیکی غیرخطی (تحلیل باز افزون) نقشی مهم و کلیدی دارد، چرا که بدون نیاز به انجام تحلیل‌های وقت‌گیر، پر هزینه و پیچیده دینامیکی غیرخطی، رفتار نهایی سازه‌از نظر نحوه توزیع مفاصل پلاستیک، نوع و نحوه تشکیل حالت مکانیزم خرابی، تغییرمکانهای کلی و نسبی تقاضا، نیروهای نهایی اعضا و... بادقت مناسب برآورد می‌گردد. به کمک این روش می‌توان مقایسه بسیار خوبی از رفتار سازه، قبل و بعد از تقویت و مقاوم سازی آن به عمل آورد. همچنین میزان پاسخگویی و کارایی طراحی انجام شده بر روی مدل اولیه سازه قابل برآورد است.

شایان توجه است، توزیع بار جانبی بر مدل سازه باید تا حد امکان شبیه به آنچه که هنگام زلزله رخ خواهد داد باشد و در حالتهای بحرانی تغییر شکل و نیروها را در اعضا ایجاد نماید.

در شکل ۱ منحنی رفتار غیرخطی اعضای سازه نشان داده شده است. باتوجه به سطح عملکردی که برای ساختمان انتخاب شده است سازه باید بتواند حد معینی از جابجایی جانبی را بدون این که تغییرشکل‌ها در منحنی نیرو جابجایی اعضا از یک حد مجاز فراتر رود تحمل کند. مقدار این تغییر مکان برای یک سطح عملکرد معین، مشخص است[۵و۱].



شکل(۱) روند تشکیل مفاصل پلاستیک در هنگام تحلیل پوش آور[۵]

بر اساس تعریف، تغییر مکان هدف حداکثر تغییر مکان نسبی است که ممکن است ساختمان طی یک زلزله تجربه کند. تغییر مکان هدف برای ارزیابی لرزه‌ای ساختمان‌های مقاوم سازی شده به کارمی‌رود. این تغییرمکان بسته به نوع بارگذاری و نیز سطح عملکرد مورد نظر به کمک رابطه پیشنهادی دستورالعمل محاسبه می‌گردد. بر این اساس بارهای جانبی به طور تدریجی افزایش داده شده تا ساختمان به تغییر مکان موردنظر برسد.

این تغییرمکان به صورت زیر در FEMA-356 و دستورالعمل بهسازی قابل محاسبه می‌باشد.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \qquad (1)$$

T_e زمان تناوب اصلی موثر ساختمان در جهت مورد بررسی.

C_0 ضریب اصلاح برای ارتباط تغییر مکان طیفی سیستم یک درجه آزادی به تغییر مکان بام سیستم چند درجه آزادی.

C_1 ضریب اصلاح برای تبدیل تغییر مکان‌های محاسبه شده از پاسخ خطی الاستیک به ماکزیمم تغییر مکانهای غیرالاستیک مورد انتظار سازه.

C_2 ضریب اصلاحی برای درنظر گرفتن شکل منحنی هیسترزیس کاهش سختی و زوال مقاومت اعضای سازه‌ای بر ماکزیمم تغییر مکان ها.

C_3 ضریب اصلاحی برای درنظر گرفتن افزایش تغییر مکانهای ناشی از اثرات دینامیکی P-Delta.

S_aشتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر.

ترکیبات بارگذاری ثقلی و جانبی در تحلیل‌های انجام گرفته منطبق بر "ضوابط دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود" بوده که حد بالا وپایین اثرات بار ثقلیQ_G، در دستورالعمل بصورت زیر داده شده است:[۲]

$$Q_G=1.1(Q_{D+} Q_L)$$
$$Q_G=0.9Q_D$$

که در آن Q_D بار مرده و Q_L بار زنده موثر بر اساس استاندارد ۵۱۹ است. بدین ترتیب برای ارزیابی لرزه‌ای قاب‌ها، برای هر نوع بارگذاری دو نوع تحلیل پوش آور انجام گرفته است که بار جانبی به دنبال هریک از پوش‌های بار ثقلی فوق اعمال می‌گردد.

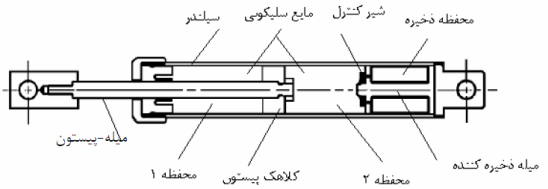
۴- میراگرهای ویسکوز

میراگر ویسکوز مایع، یکی از انواع سیستم‌های جاذب انرژی است که در مقایسه با اندازه فیزیکی خود از توانایی جذب انرژی بالایی برخوردار می‌باشد. بنابراین این نوع میراگرها می‌توانند برای استهلاک انرژی ناشی از زلزله در سازه‌ها مورد استفاده قرار گیرند. بیشتر میراگرهای ویسکوز به صورت میراگرهای سیال می‌باشند که مشابه جاذب‌های شوک در اتومبیل‌ها عمل می‌کنند. در صورتی که نیروها به آرامی اعمال شوند، این میراگرها نسبت به تغییر شکل‌ها سختی کمی دارند، اما با افزایش شدت جابجایی‌ها (سرعت عمل آنها) سختی افزایش می‌یابد.

این میراگرها از یک سیلندر هیدرولیکی و یک پیستون از جنس فولاد ضد زنگ با کلاهک برنزی تشکیل شده‌اند. در کلاهک پیستون روزنه-ای تعبیه شده است که وقتی میله پیستون حرکت داده می‌شود. مایع با فشار از درون روزنه عبور داده می‌شود و منجر به اتلاف انرژی به صورت گرما می‌گردد. سرعت سیال در این ناحیه خیلی زیاد است بنابراین انرژی فشار بالادستی تقریباً کلاً تبدیل به انرژی جنبشی می گردد. وقتی که سیال بعداً به حجم کامل منبسط گردید، در طرف دیگر سرپیستون این فشار تدریجاً کم شده و انرژی جنبشی خود را با آشفته شدن مستهلک می‌کند. در سمت خروجی سیال در سر پیستون فشار خیلی کم بوده که با فشار کامل در سمت ورودی سیال در سر پیستون مقایسه می‌گردد. این اختلاف در فشارها یک نیروی بزرگی ایجاد می-

Archive of SID
www.SID.ir

کند که در مقابل حرکت میراگر مقاومت می‌کند. میراگرهای ویسکوز، وقتی بطور صحیح طراحی و ساخته شوند، تراوششان صفر بوده و احتیاجی به اکومولاتور (اندوزنده سیال) یا وسیله ذخیره سیال خارجی برای پر نگهداشتن میراگر از سیال نخواهد داشت و آنها تقریباً آب بندی کاملی دارند.[۶]



شکل(۲) نمونه میراگر ویسکوز مایع[۶]

نیروی میراگر ویسکوز متناسب با سرعت نسبی بین دو انتهای میراگر می‌باشد. قانون میرایی برابر با رابطه نیرو–سرعت این وسیله به صورت ذیل است[۷].

$$F_D = C|u|^{\alpha} sgn(u) \qquad (2)$$

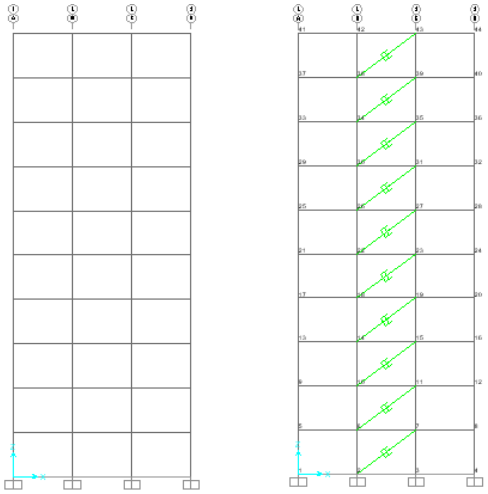
در این رابطه F_D نیروی میراگر، C ضریب میرایی و uسرعت اعمالی می‌باشد. همچنین α توان میراگر و sgn تابع علامت می‌باشد که علامت مؤلفه سرعت نسبی را تعیین می‌کند[۱۵]. اگر α برابر با یک باشد میراگر خطی و در غیر این صورت دارای رفتار غیر خطی است. برای α های کوچکتر از یک رفتار نرم‌شونده و برای α بزرگ‌تر از یک رفتار سخت‌شونده خواهد بود. درصورتی که α بیشتر از یک باشد نیروی بوجود آمده در میراگر در سرعت پایین بسیار کم می‌باشد و در سرعت‌های بالا نیرو بشدت افزایش می‌یابد. برای $\alpha < 1$ ضریب میرایی با افزایش دامنه حرکت کاهش می‌یابد کمتر بودن مقدار این ضریب به معنی این است که میراگر می‌تواند مؤثرتر عمل کند و در سرعت‌های پایین نیز قابلیت استهلاک انرژی خوبی دارد. در مقابل برای $\alpha > 1$ با افزایش دامنه حرکت، میرایی افزایش می‌یابد و برای $\alpha = 1$ ضریب میرایی مستقل از دامنه حرکت خواهد بود.

۵- روش تحقیق و مدل مورد مطالعه

در این تحقیق قابهای فولادی خمشی ده طبقه با استفاده از نرم افزار SAP مدل سازی شده‌اند. ارتفاع هر طبقه ۳ متر در نظر گرفته شده است. قاب ها بر روی خاک نوع ۲ و در شهر تهران واقع شده‌اند و با استفاده از تحلیل استاتیکی در دو حالت با و بدون میراگر ویسکوز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در ادامه به منظور درنظر گرفتن کارایی میراگر ویسکوز در سازه با تعداد طبقات مختلف، قابهای فولادی سه و شش طبقه نیز مدلسازی شده و نتایج آن ارزیابی شده است.

بار مرده در طبقات و بام ۶۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و بار زنده در طبقات و بام به ترتیب ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع درنظر گرفته شده است. درمدل سازی طبقات بصورت دیافراگم صلب درنظر گرفته شده است. برای تیرها از مقاطع IPE و ستون ها BOX استفاده شده است. با توجه به اینکه سازه در منطقه لرزه خیزی زیاد قرار دارد طبق آیین‌نامه۲۸۰۰مقدار A=0.35 می‌باشد و ضریب اهمیت سازه با توجه به مسکونی بودن آن یک است. در شکل ۳، قابهای فولادی ده طبقه نشان داده شده است، عرض قاب دوازده متر می‌باشد.

در آنالیز استاتیکی غیرخطی باید مشخصات مفاصل پلاستیک به المانهای سازه نسبت داده شوند. در قاب خمشی، در تیرها از مفاصل پلاستیک خمشی (M3) و در ستونها از مفاصل پلاستیک خمشی – محوری (PM2M3) استفاده گردیده است. مفاصل پلاستیک تغییر مکانی قبل از انجام تحلیل‌های غیرخطی تعریف می‌گردد. این مفاصل برای مدل‌سازی غیرخطی اعضاء به کار می‌رود.[۸]



الف)قاب با میراگر ب)قاب بدون میراگر

شکل (۳) قاب های ۱۰ طبقه

توزیع بار جانبی بر مدل سازه باید تا حد امکان شبیه به آنچه که هنگام زلزله رخ خواهد داد باشد و در حالتهای بحرانی تغییر شکل و نیروها را دراعضا ایجاد نماید.

بر اساس FEMA356 و دستورالعمل بهسازی حداقل دو الگوی بار جانبی برای ارزیابی سازه باید در نظر گرفت. الگوهای بار جانبی باید در دو جهت مثبت و منفی بصورت جداگانه به سازه اعمال شوند. در این تحقیق، الگوهای متناسب با بار جانبی، متناسب با شکل مود اول ارتعاش و شتاب یکنواخت در یک جهت به سازه اعمال شده‌اند همچنین یک الگوی بار جانبی بر اساس زلزله اعمالی به سازه معرفی می‌شود بدین منظور برای معرفی الگوی بار زلزله، در ابتدا ضریب برش پایه C محاسبه می‌شود و سپس در نرم افزار SAP تحت آنالیز استاتیکی غیر خطی مورد بررسی قرار می‌گیرد این الگوی بارگذاریEQ نامگذاری شده است.

همچنین بر اساس FEMA356 و دستورالعمل بهسازی برای درنظر گرفتن اثرات بارهای ثقلی، بارهای مرده و زنده معرفی شده است. بار ثقلی بصورت زیر در نرم افزار وارد شده است.

$Q_G=1.1(DL+LL)$

در سازه باید ابتدا بارهای ثقلی معرفی شده و سپس آنالیز استاتیکی غیرخطی تحت اثر الگوهای بار جانبی، در ادامه این حالات بارگذاری انجام شود.

Archive of SID
www.SID.ir

بنابراین همانطور که گفته شد،سه نوع بار جانبی برای تحلیل پوش آور معرفی شده است. ۱) باربا uniform patternمربوط به مشخصات الگوی بارجانبی بر اساس توزیع یکنواخت متناسب با وزن هر طبقه می‌باشد. ۲) بار mode1 مشخصات الگوی بار جانبی براساس مود اول ارتعاش سازه است.

۳) بار Eqبیانگر زلزله براساس رابطه ۳-۱۲ در آیین نامه FEMA 356می‌باشد.

همچنین در نرم افزارSAP منحنی طیف پاسخ برای سطح خطر ۱- به نرم‌افزار معرفی شده است.

۶- تحلیل نتایج

۱،۶ بررسی اثر میراگر در قاب فولادی ۱۰ طبقه

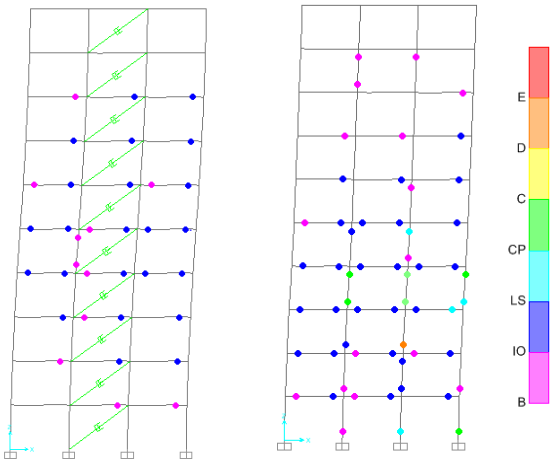
پس از کامل شدن مدل، می‌توان آنالیز استاتیکی غیرخطی سازه را انجام داد. و نتایج را مورد بررسی قرار داد. در این مقاله، نتایج تحلیل تحت آیین‌نامه‌های ATC-40 و FEMA-356 مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول۱ جابجایی و برش پایه در تغییرمکان هدف در قاب ۱۰طبقه

آیین نامه	الگوی بارگذاری	برش پایه سازه در تغییرمکان هدف(kg)		جابجایی در تغییرمکان هدف(m)	
		سازه بدون میراگر	سازه با میراگر	سازه بدون میراگر	سازه با میراگر
ATC-40	Eq (3-12)	70677.503	54700.809	0.465	0.408
ATC-40	Uniform	82534.686	71136.984	0.343	0.314
ATC-40	Mode1	71805.493	57024.836	0.436	0.329
FEMA	Eq (3-12)	71263.824	53553.286	0.446	0.415
FEMA	Uniform	83108.786	70747.7	0.354	0.337
FEMA	Mode1	72461.904	56827.877	0.428	0.387

در جدول ۱ نتایج تحلیل تحت سه الگوی بارگذاری در سازه با و بدون میراگر نشان داده شده است. مشاهده می‌شود میراگر ویسکوز به خوبی موجب کاهش برش پایه و جابجایی سازه شده است. جابجایی هدف براساس منحنی دوخطی که نرم افزار محاسبه می‌کند تعیین می‌شود.

همچنین می‌توان نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در قاب را مشاهده نمود. سازه برای سطح خطر ایمنی جانی (LS) طراحی شده است. باتوجه به رنگ مفاصل میتوان مشاهده کرد تیر و ستون‌ها تحت بار وارده در چه سطح خطری قرار دارند. در شکل ۴ تشکیل مفاصل تحت بار Eq قابل مشاهده است.



الف) سازه بدون میراگر ب) سازه با میراگر

شکل (۴) تشکیل مفاصل پلاستیک در سازه

همانطور که مشاهده می‌شود در سازه با میراگر ویسکوز مفاصل ایجاد شده از حد LS فراتر نرفته‌اند و این مفاصل در محدوده‌ی قابلیت استفاده بی‌وقفه (IO) و ایمنی جانی قرار دارند. در سازه بدون میراگر در برخی از تیرها و ستونها سازه در وضعیت نامناسبی قرار دارد و مفاصل سازه از حد ایمنی جانی فراتر رفته است. نوع مفاصل در این سازه نشان‌دهنده فروریزش سازه است.

در جدول ۲ نحوه تشکیل مفاصل تحت بار uniform در سازه بدون میراگر قابل مشاهده است. مشاهده می‌شود برخی از مفاصل سازه از حد ایمنی جانی فراتر رفته است.

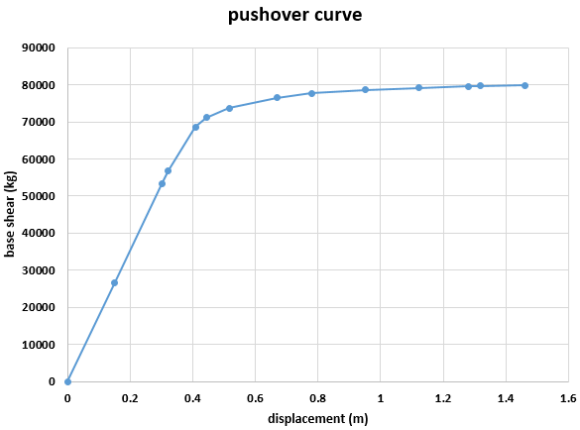
جدول۲ مفاصل پلاستیک در سازه بدون میراگر

TABLE: Pushover Curve - Uniform pattern

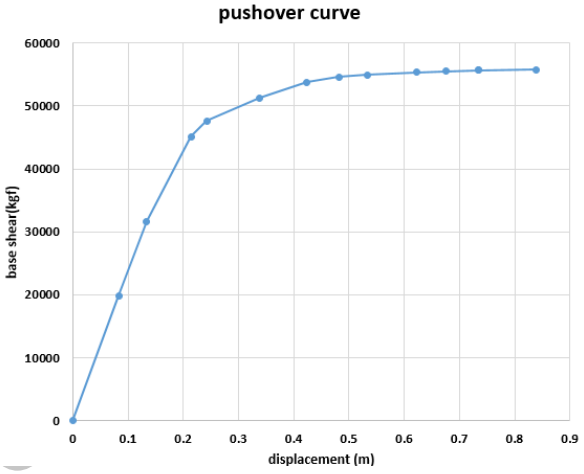
Step	Displacement m	BaseForce Kgf	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
0	0.00054168	0	140	0	0	0	0	0	0	0	140
1	0.14694168	39800.04	140	0	0	0	0	0	0	0	140
2	0.24820778	67330.06	137	3	0	0	0	0	0	0	140
3	0.3128507	80332.8	122	7	9	1	1	0	0	0	140
4	0.3444243	83472.7	117	6	12	1	1	0	3	0	140
5	0.48834282	88737.18	106	2	15	3	5	0	9	0	140
6	0.53471136	89656.5	103	4	11	7	1	0	14	0	140
7	0.56057414	89873.88	102	4	12	6	1	1	14	0	140
8	0.56057902	89873.95	102	4	12	6	1	0	15	0	140
9	0.70697902	90564.11	102	3	11	3	6	0	15	0	140
10	0.73670188	90704.23	102	3	11	2	5	2	15	0	140
11	0.73671042	90704.29	102	3	11	2	5	1	16	0	140
12	0.88493188	90892.66	97	8	9	4	4	1	17	0	140

درشکل ۵ منحنی پوش آور تحت الگوی بارگذاریEqنشان داده شده است. این منحنی بیان‌کننده مقدار انرژی جذب شده توسط سازه است. از جمله مزایای استفاده از میراگر در سازه کاهش نیروهای وارد به سازه و همچنین کاهش جابجایی در سازه است. در منحنی پوش‌آور سازه مشاهده می‌شود میراگر نقش موثری در کاهش نیروها و جابجایی داشته است. در شکل ۶ منحنی پوش آور تحت بار uniform نشان داده شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

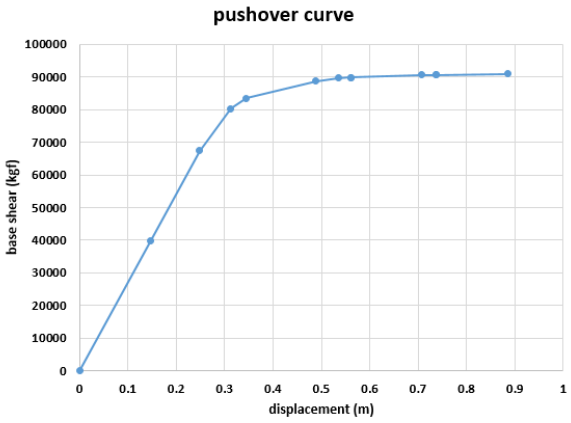


الف) قاب ده طبقه بدون میراگر

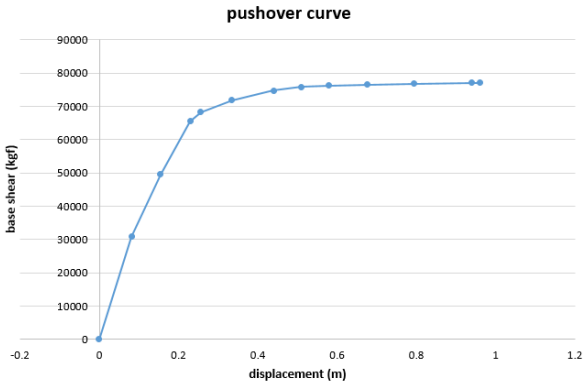


ب) قاب ده طبقه با میراگر

شکل (۵) تشکیل مفاصل پلاستیک در سازه تحت بار Eq



الف) قاب ده طبقه بدون میراگر



ب) قاب ده طبقه با میراگر

شکل (۶) تشکیل مفاصل پلاستیک در سازه تحت بار uniform

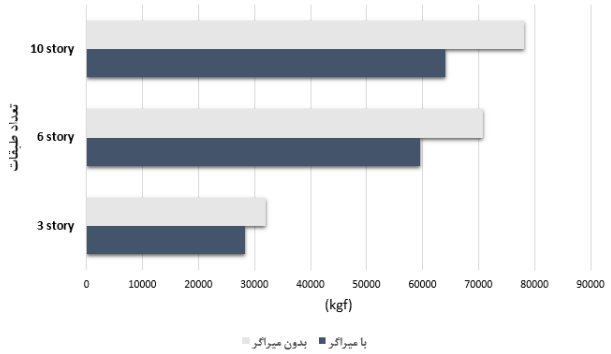
۶-۲- بررسی اثر تغییرات ارتفاع در قاب با میراگر ویسکوز

در این بخش نقش تغییر ارتفاع سازه در کارایی میراگر ویسکوز بررسی می‌شود. قابهای سه و شش طبقه با و بدون میراگر ویسکوز در نرم‌افزار SAP مدلسازی شده اند.

در جدول ۳ پریود قابهای فولادی نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که دوره تناوب سازه با میراگر کاهش یافته است. در شکل ۷ برش پایه در سه قاب مقایسه شده است. در قاب سه طبقه حدود ۱۲ درصد برش پایه کاهش یافته است مشاهده می‌شود در قابهای بلندتر درصد کاهش برش پایه بیشتر است بطوری که در قاب ده طبقه برش پایه حدود ۲۰ درصد کم شده است.

جدول۳ مقایسه پریود قاب های فولادی

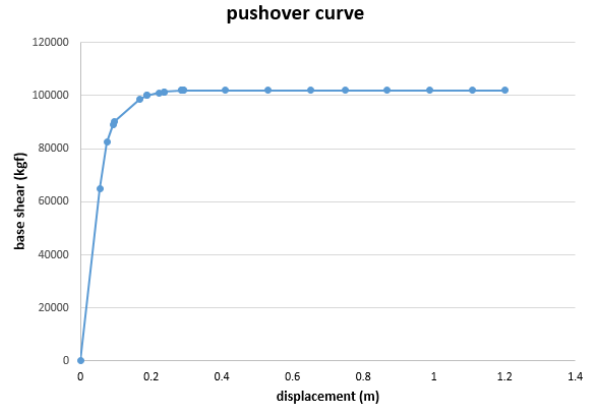
تعداد طبقات	بدون میراگر (ثانیه)	با میراگر (ثانیه)
۳ طبقه	۰,۴۲۵۵۱	۰,۲۹۵۶۸۳
۶ طبقه	۰,۷۱۲۷۱	۰,۴۱۷۳۱
۱۰ طبقه	۱,۱۲۵۱۲	۰,۶۰۹۹۳۶



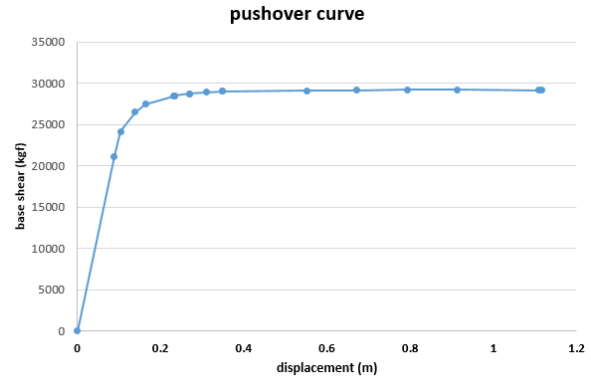
شکل (۷) مقایسه برش پایه در قابهای فولادی

در شکل‌های ۸ و ۹ منحنی پوش‌آور قاب‌های سه و شش طبقه قابل مشاهده است. منحنی‌ها نشان می‌دهند که سطح نیرویی سازه با میراگر در حد پایینتری نسبت به سازه معمولی دارد.

Archive
www.SID.ir

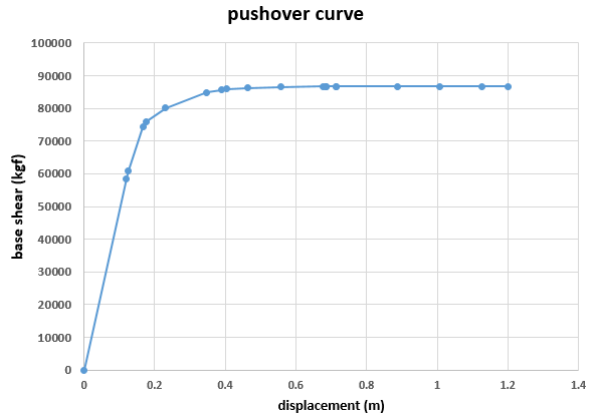


الف) قاب سه طبقه بدون میراگر

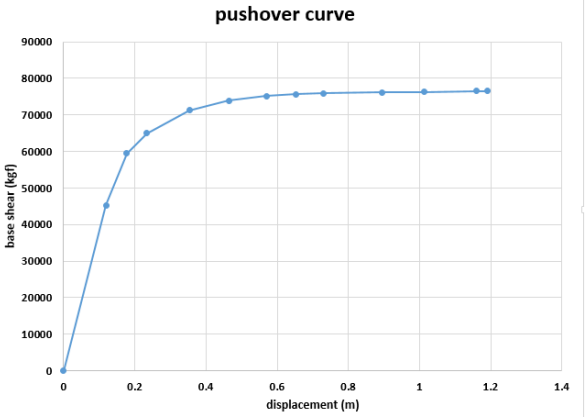


ب) قاب سه طبقه با میراگر

شکل (۸) تشکیل مفاصل پلاستیک در سازه تحت بار Eq



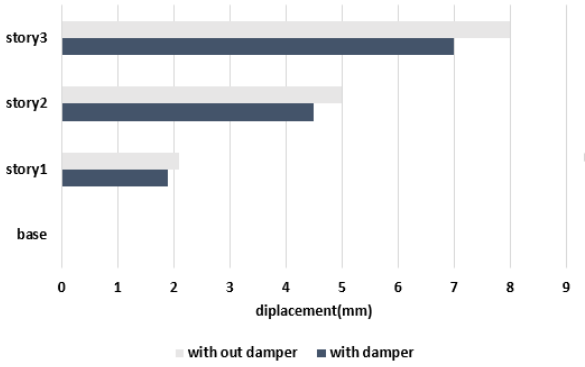
الف) قاب شش طبقه بدون میراگر



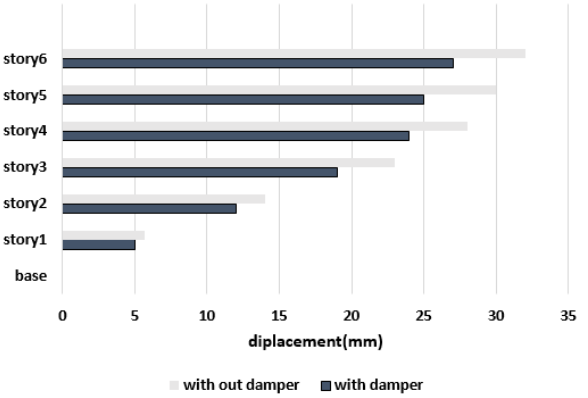
ب) قاب شش طبقه با میراگر

شکل (۹) تشکیل مفاصل پلاستیک در سازه تحت بار Eq

جابجایی نسبی طبقات، یکی از معیارهای مهم در تعیین عملکرد عناصر غیر سازه‌ای است. در صورت جابجایی نسبی بیش از اندازه طبقات، عناصر غیر سازه‌ای، دچار خرابی می‌شوند. در شکل ۱۰ جابجایی طبقات تحت زلزله استاتیکی غیرخطی در قاب ها نشان داده شده است. میراگر موجب کاهش جابجایی طبقات شده است این کاهش جابجایی در قاب های سه، شش و ده طبقه به ترتیب حدود ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد می‌باشد.

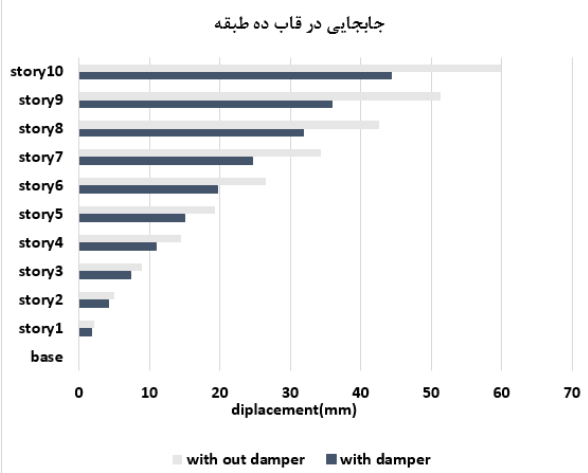


الف) جابجایی طبقات در قاب سه طبقه



ب) جابجایی طبقات در قاب شش طبقه

www.SID.ir



ج) جابجایی طبقات در قاب ده طبقه

شکل (۱۰) جابجایی طبقات تحت زلزله استاتیکی غیرخطی

۷- نتیجه گیری

ساختمانهای با اهمیت زیاد، باید به گونه‌ای طراحی شوند که تحت اثر بزرگترین زلزله محتمل کارایی خود را از دست ندهند. در این مقاله اهمیت استفاده از میراگرها بویژه در سازه‌های بلند مورد بررسی قرار گرفت و از این مطالعه می توان به نتایج زیر اشاره کرد:

۱) استفاده از میراگرها در سازه به طور موثر منجر به کاهش شتاب و جابجایی سازه می‌شود و سازه مجهز به این سیستم ها می‌تواند تحت سطح خطر مورد نظر دارای سطح عملکرد ایمنی جانی و یا قابلیت استفاده بی وقفه باشد.

۲) نصب میراگر منجر شد که مفاصل پلاستیک تشکیل شده در سازه از سطح عملکرد ایمنی جانی فراتر نرود و میزان تغییر مکان هدف کاهش یابد.

۳) مشاهده شد که مقدار برش پایه تحت بار Eqدر قاب ده طبقه کمترین مقدار را دارد.

۴) باافزایش ارتفاع سازه، جابجایی سازه در طبقات بالا افزایش می‌یابد نتایج نشان می‌دهد که در قاب مرتفع کاهش انرژی به خوبی صورت گرفته است و میراگر ها در سازه‌های مرتفع عملکرد مناسبی از خود نشان می‌دهند.

باید توجه شود که تعداد میراگرها، میزان ضریب میرایی و همچنین نحوه قرارگیری آنها درسازه بر روی عملکرد سازه موثر است و با استفاده از این پارامترها می توان عملکرد سازه را بهبود بخشید.

مراجع

۱- تقی نژاد، ر، طراحی و بهسازی لرزهایسازه‌ها بر اساس سطح عملکرد با استفاده از تحلیل پوش آور، نشر کتاب دانشگاهی،۱۳۹۲.

۲- نشریه شماره ۳۶۰، دستورالعمل بهسازی لرزهای سازه‌های موجود، معاونت امور فنی دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله،۱۳۸۵.

۳- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش ۳، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

۴- لطف اللهی یتقین، م. خالقی، ر. تاثیر میراگرهای ویسکوز مایع در بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای فولادی موجود قاب خمشی متوسط با استفاده از روش طراحی براساس عملکرد. همایش ملی سازه زلزله ژئوتکنیک.

۵- تحملی رودسری، م. خالقی، ر. بکارگیری میراگرهای ویسکوز مایع جهت بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای فولادی موجود در حالات مختلف شکل پذیری(معمولی، متوسط، ویژه)، نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران،۱۳۹۱.

۶- موسی نژاد، ط، پورزینعلی، س، رنجبر،م، کاهش ارتعاشات لرزه‌ای سازه‌ها با استفاده از میراگر ویسکوز مایع. همایش ملی زلزله و مقوم سازی ساختمان،۱۳۸۶.

۷- بهروش، ع، ارمغانی، ا، اکبرلو، ا، صادقی بالکانلو، و، ارزیابی تاثیر میراگرهای ویسکوز در عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها. ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، سمنان،۱۳۹۰.

۸- قدرتی امیری، غ، غلامرضاتبار، ا، رضویان امرئی، ارزیابی رفتار عملکردی قابهای بتن مسلح مقاوم سازی شده با مهاربندهای فولادی هم محور، انجمن سازه‌های فولادی ایران،۱۳۸۹.

۹- یقین، م. خالقی، ر، تأثیر میراگرهای ویسکوز مایع در بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای فولادی موجود قاب خمشی متوسط با استفاده از روش طراحی بر اساس عملکرد، اولین همایش ملی سازه زلزله ژئوتکنیک،۱۳۸۹.

۱۰- سرمدی، ح، بررسی رفتار ساختمان‌های نامتقارن مجاور متصل شده توسط میراگرهای ویسکوز، پایان نامه پژوهشگاه زلزله،۱۳۸۹.

۱۱- نشریه شماره ۵۲۴، راهنمای روش‌ها وشیوه‌های بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و جزییات اجرایی، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور،۱۳۸۹.

۱۲- کتابچه راهنمای شرکت هولمز، طراحی میراگرهای غیر فعال در برابر زلزله، ۱۳۹۰.

۱۳- مبحث ششم بارهای وارده بر ساختمان، وزارت راه وشهرسازی معاونت مسکن و ساختمان

۱۴- ترک زاده، پ، امیر تیموری، ا، ۱۳۹۱، مقایسه عملکرد میراگرهای ویسکوز در قاب‌های با سیستم مهار جانبی متفاوت، سومین کنفرانس ملی زلزله و سازه.

15- Kelly T,. In-structure damping and energy dissipation, Design guidelines,2001.

Archive of SID
www.SID.ir

16- xu x,.Effectiveness of dampers in response of structures to near-faultearthquakes,thesis in the department of building civil and environmental engineering, Concordia university Montreal Quebec Canada,2006.
17- Masoomi, M,. Osman, S,. Shojaeipour ,Sh,. Modeling of Hysteretic damper in three-story steel frame subjected to earthquake load, proceedings of the 3th International conference on environmental and Geological science and engineering.
18- Samali, B,.Use of viscoelastic dampers in reducing wind and earthquake induced motion of building structures, engineering structures,2007, Vol 17, No. 9, pp. 639_654.
19- Lee, D,. Taylor,DP,. Viscous damper development and future trends. Struct DesTall Spec;10(5):311–20,2001.
20- Applied Technology Council (ATC), Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building",1996.
21- FEMA 356, "Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building",2000.
22- FEMA 273, NEHRP guideline for the seismic rehabilitation of buildings. Washington, D.C.,1997.

Archive of SID

www.SID.ir

The Effect of Viscous Dampers in Seismic Retrofitting of Steel Buildings

Mehdi Vakilzadeh*
Islamic Azad University, Parand branch, Parand, Iran
Kambiz Mazaheri
Islamic Azad University, Parand branch, Parand, Iran
Mohaddeseh Bakhtiyari Azad
Kharazmi University, Iran

Mehdi_552@yahoo.com

Abstract:

The target of seismic improvement of a building is to strengthen the structural and non-structural members in order to reduce the earthquake damage. Dampers dissipate the structure's energy.By using these types ofequipment,the damage to the structure is dramatically reduced. In this article steel frames with three, six and ten stories with and without dampers aremodeled in SAP software.They are evaluated by using seismic retrofitting guidelines and nonlinear static method. The results show that adding a viscous damper reduces seismic effect and damage performance level. In addition, using dampersin high-rise structures is more effective than shorter ones in reducing the effects of an earthquake.

Key words: Viscous Dampers, Nonlinear Static Analysis, SAP Software, Seismic Improvement,Performance Level

Archive of SID

www.SID.ir