



تاثیر میراگر ویسکوز بر پارامترها و نتایج تحلیل پوش آور در قاب های RCS تحت بارهای زلزله

وحید روان روی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران سازه و زلزله، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Vahid.ravanrooy@yahoo.com

میر حمید حسینی

استادیار گروه مهندسی عمران سازه و زلزله، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Mirhamid.hoseini@srbiau.ac.ir

مسعود نکوئی

استادیار گروه مهندسی عمران سازه و زلزله، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Nekoeei@srbiau.ac.ir

پاشا جوادى

استادیار گروه مهندسی عمران سازه و زلزله، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

Javadi@srbiau.ac.ir

چکیده

در ایران و کشورهای زلزله خیز، زلزله خسارات جانی و مالی بی شماری را به شهرها وارد کرده است که این امر باعث شده است که مهندسين نگرش جدیدی به سازه ها جهت بهره گرفتن از تکنولوژی جدید به عنوان سیستم های کنترلی لرزه ای جهت کاهش خسارات جانی و مالی را داشته باشند. در این پژوهش از دو سیستم دمپر ویسکوز و قاب های RCS استفاده میکنیم که میراگر ویسکوز در رده سیستم های کنترل غیرفعال و میراگرهای متناسب با سرعت طبقه بندی می شوند و مورد توجه محققان و پژوهشگران زیادی قرار گرفته اند. قاب های خمشی مرکب RCS نوع جدیدی از قاب های خمشی هستند که در آنها از ترکیب ستون های بتنی و تیرهای فولادی استفاده می شود که در این سیستم ها ی سازه ای مزیت های قاب های خالص

بتنی و فولادی با هم ترکیب می شوند. در قاب های RCS تیر فولادی به صورت ممتد از درون ستون بتنی عبور می کند و استفاده از مقاومت فشاری مناسب بتن و مقاومت خمشی تیر فولادی موجب شده تا این سازه ها وزن کمتری نسبت به سازه های بتنی داشته باشد و دستیابی به معیار ستون قوی تیر ضعیف به خصوص در دهانه های طویل در آن ها راحت تر انجام می شود. با توجه به مقاومت فشاری بالای بتن نسبت به مقاومت کششی آن، استفاده از بتن در ستون بهترین رفتار بتن را نتیجه می دهد. با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش به بررسی استهلاک انرژی در قاب های خمشی RCS با میراگر و بدن میراگر تحت اثر زلزله مورد بررسی قرار گرفته است. انرژی آزاد شده توسط زلزله موجب ایجاد نیروهای بزرگی در سازه می شود. به همین سبب میراگرها برای کاهش میزان خسارت در سازه ها طراحی شده اند. استفاده از میراگرها به عنوان وسیله ای برای "مستهلك کردن انرژی ناشی از زلزله" یکی از مطرح ترین روش هاست که در این میان میراگر ویسکوز معمولاً کاربرد بیشتری دارد. جهت کنترل پاسخ لرزه ای سازه های بلند در طول زلزله، از میراگرهای جاذب انرژی غیرفعال استفاده می شود. در این مقاله با استفاده از ابزارهای عددی همچون نرم افزار Etabs و تحلیل پوش آور به بررسی عددی میراگرهای ویسکوز پرداخته شده است و همچنین با در نظر گرفتن حالات مختلف میراگرها در سازه های RCS، به بررسی اینگونه حالات پرداخته می شود. در ابتدا با مدلسازی اینگونه سازه ها و همچنین در نظر گرفتن حالات تیر فولادی و ستون بتنی در نرم افزار، با لحاظ نمودن روابط تجربی نیومارک مقایسه گردیده است و در نهایت تاثیرات اینگونه ضراب و همچنین اهمیت وجود یا عدم وجود میراگرها در سازه های RCS مورد بررسی قرار می گیرد.

کلمات کلیدی: تحلیل پوش آور، روابط نیومارک، نرم افزار Etabs، سازه های RCS، میراگرهای ویسکوز.

1- مقدمه

فشار تدریجاً کم شده و انرژی جنبشی خود را با آشفته شدن مستهلک می‌کند. در سمت خروجی سیال در هر پیستون فشار خیلی کم بوده که با فشار کامل در سمت ورود سیال در هر پیستون مقایسه می‌گردد. این اختلاف در فشارها یک نیرو بزرگی ایجاد می‌کند که در مقابل حرکت میراگر مقاومت می‌کند. میراگرها و اسکوز وقتی بطور صحیح طراحی و ساخته شوند تراوششان صفر بوده و احتیاجی به وسیله ذخیره سیال خارجی برای پر نگه داشتن میراگر از سیال نخواهد داشت و آنها تقریباً آب بندی کاملی دارند. نیرو میراگر و اسکوز متناسب با سرعت نسبی بین دو انتها میراگر می‌باشد. قانون میرایی برابر با رابطه نیرو سرعت این وسیله به صورت ذیل است.

2- مواد و روش ها

از دلایل استفاده از قاب های خمشی مختلط RCS، رفتار غیرخطی مصالح و پدیده ایجاد مفصل پلاستیک در این قاب ها می باشد. در بعضی حالتها در سازه های فولادی، ستون فولادی دارای مقطعی به نسبت کوچکتر از مقطع تیر می باشد (بیشتر در قابها با دهانه های بزرگ)، که در این حالت ستون در برابر نیروی محوری و ممان خمشی انتقال یافته تیر دچار ضعف می باشد. علاوه بر این، چنین ستونی در محل اتصال نیز کافی نخواهد بود. بر اثر اعمال نیروی جانبی به سازه و چرخش اتصال، عضو ضعیف تر متصل به اتصال در ابتدا دچار مفصل پلاستیک شده و خرابی در آن حاصل می گردد. به دلیل اهمیت کمتر تیر نسبت به ستون در یک سازه، ترجیح داده می شود مفصل پلاستیک، اول درون تیر تشکیل شود تا تغییر شکل های بزرگ به جای ستون ها در سیستم سقف به وجود آید که در این صورت احتمال کمتری برای کاهش پایداری کل سازه وجود دارد.

میراگرهای و اسکوز یک راهکار در تسلیم شدن یا گسیختگی ارائه می‌کند که روشی در جذب انرژی به حساب می‌آید. میراگرهای و اسکوز می‌توانند تقریباً همه انرژی زلزله را جذب کنند و سازه را بی عیب و دست نخورده و آماده برای استفاده فوری بعد از یک حادثه نگه می‌دارد. میراگرهای و اسکوز یک نیرویی را تامین می‌کند که همیشه در مقابل حرکت سازه مقاومت می‌کند. این نیرو متناسب با سرعتی نسبی بین دو انتهای میراگر می‌باشد (زیادلو، 1393).

میراگر و اسکوز مایع یکی از انواع سیستم های 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 سازه ها مورد استفاده قرار گیرند. بیشتر میراگرها و اسکوز به صورت میراگرها سیال میباشند که مشابه جاذب های شوک در اتومبیل ها عمل می کنند. در صورتی که نیروها به آرامی اعمال شوند این میراگرها نسبت به تغییر شکل ها سختی کمی دارند اما با افزایش شدت جابجایی ها (سرعت عمل آنها) سختی افزایش می یابد. این میراگرها از یک سیلندر هیدرولیکی و یک پیستون از جنس فولاد ضد زنگ با کلاهک برنز تشکیل شده اند. در کلاهک پیستون روزنه ای تعبیه شده است که وقتی میله پیستون حرکت داده می شود مایع با فشار از درون روزنه عبور داده میشود و منجر به اتلاف انرژی به صورت گرما می گردد. 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 هر پیستون این

برگشتی بار توسط تابع نیرو- تغییر مکان یک طرفه اصلاح و تخمین میرایی در نظر گرفته می شود. با مشاهده هندسه تغییر مکان یافته سازه می توان نحوه تغییر شکل خطی سازه و محل تشکیل مفصل پلاستیک را مورد بررسی قرار داد. علاوه بر این با استفاده از منحنی پوش اور می توان منحنی برش پایه - تغییر مکان بام و همچنین شتاب طیفی - تغییر مکان طیفی سازه را مشاهده کرد. نرم افزار ETABS این قابلیت را دارد که مختصات نقطه عملکرد سازه را بر اساس یک طیف تقاضای خاص محاسبه می کند. مقدار برش و تغییر مکان متناظر نقطه عملکرد در واقع حداکثر برش پایه و تغییر مکان مورد انتظار به ازای زلزله مولد یک طیف مشخص است.

پس از تحلیل استاتیکی معادل و طراحی اجزای فولادی و بتنی سازه مقدمات انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی (آنالیز پوش آور) فراهم است. برای این کار نخست باید حالت های بار استاتیکی غیر خطی در برنامه ETABS تعریف شوند. یکی از مهم ترین مشخصاتی که برای تحلیل غیرخطی لازم است تعریف شود منحنی نیرو - تغییر مکان مقاطع یا منحنی تنش- کرنش مصالح می باشد. برنامه ETABS منحنی نیرو-تغییر مکان را به صورت یک الگو دریافت کرده و منحنی نیرو-تغییر مکان تک تک مقاطع را بر اساس مشخصات هندسی آنها و الگوی ارائه شده تولید می کند. آیین نامه های مختلف در زمینه الگوی مفاصل غیرخطی پیشنهادها و ضوابطی دارند.

با توجه به اینکه در این تحقیق قصد بررسی تحلیل پوش آور را داریم و با توجه به اینکه سیستم لرزه ای قاب خمشی دارای استهلاک انرژی و شکل پذیری بالایی است لذا برای مقایسه و بررسی عملکرد لرزه ای سیستم RCS با و بدون میراگر، این سیستم لرزه ای را انتخاب کرده ایم تا با حداکثر

همچنین در اتصالات قابهای خمشی مختلط RCS، به علت ممتد بودن تیرهای فلزی، جوشکاری تیر به ستون به حداقل رسیده و به این وسیله از ایجاد نقطه ضعف در سازه جلوگیری می شود. علاوه بر این در طبقات با ارتفاع کم مثل پارکینگ ها و یا وجود فاصله زیاد بین ستونها، در صورت استفاده از تیر بتنی، عمق زیادی برای این تیر لازم خواهد بود که این امر برای ایجاد فضای معماری مناسب و انجام فعالیتهای دیگر ایجاد مشکل خواهد کرد و بنابر این با استفاده از تیر فولادی که دارای رفتار مناسبتری در خمش بوده و ارتفاع کمتری دارد، نتیجه مطلوب حاصل میگردد. (پزشکی، 1392)

در این تحقیق ابتدا 3 قاب با ارتفاع 5، 10 و 15 طبقه با سیستم RCS با و بدون میراگر ویسکوز در نرم افزار Etabs مدلسازی و با استفاده از استاندارد 2800، مبحث 7، مبحث 9، مبحث 10، دستورالعمل FEMA 356، استاندارد ASCE و AISC طراحی بهینه خواهد شد و سپس با استفاده از تحلیل استاتیکی غیر خطی و مقالات معتبر به تعیین ضریب شکل پذیری، ضریب اضافه مقاومت و ضریب رفتار و ضریب بزرگنمایی، مکانیزم خرابی، نمودار بار افزون خواهیم پرداخت و به بحث و نتیجه گیری پیرامون موضوع و نحوه استهلاک انرژی و میزان استهلاک انرژی و شکل پذیری در این قاب ها می پردازیم. اثربخشی میراگرهای ویسکوز در کاهش جابجایی نسبی (دریفت) و برش پایه قاب های RCS اهمیت اصلی این مطالعه می باشد. در این روش بار وارد بر سازه بر حسب یک الگوی مشخص بطور تدریجی افزوده می شود. با افزایش مقدار بار نقاط ضعف و مدهای گسیختگی سازه تا حد ویرانی سازه معلوم می شود. بارگذاری یک طرفه است، اما رفتار به صورت چرخه ای در نظر گرفته می شود و حالت رفت و

جدول 1- مقدار C_0

تعداد طبقات ساختمان	ساختمان های برشی ²		سایر ساختمان ها
	توزیع نوع اول	توزیع نوع دوم	هر نوع توزیع بار
۱	۱	۱	۱
۲	۱/۲	۱/۱۵	۱/۲
۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲
۵	۱/۳	۱/۲	۱/۴
۱۰ و بیشتر	۱/۳	۱/۲	۱/۵

مقدار تقریبی C_0

مقدار C_0 برای قاب 5 طبقه با توجه به (جدول 1) 1.2 در نظر گرفته می شود و برای قاب 10 و 15 طبقه نیز 1.5 در نظر گرفته شده است.

ضریب C_1 از رابطه ذیل محاسبه می شود:

$$T_e > T_s \rightarrow C_1 = 1.0 \quad (2)$$

$$T_e < T_s \rightarrow C_1 = \frac{1.0 + [R_d - 1] \frac{T_s}{T_e}}{R_d} \quad (3)$$

T_e زمان تناوب سازه می باشد که از نرم افزار محاسبه می شود.

ضریب C_1 برای قاب 5 طبقه بدون میراگر ویسکوز:

$$\delta t \equiv 0.99 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g_{T_s} = 0.7 S$$

$$T_e = 0.99 > T_s = 0.7 \rightarrow C_1 = 1.0$$

ضریب C_1 برای قاب 5 طبقه با میراگر ویسکوز:

$$T_e = 0.865 S$$

$$T_s = 0.7 S$$

$$T_e = 0.865 > T_s = 0.7 \rightarrow C_1 = 1.0$$

اختلاف ممکن در استهلاک انرژی به بهترین مقایسه دست یابیم.

2-1- نحوه طراحی قاب های RCS

در این تحقیق ابتدا 3 قاب با ارتفاع 5، 10 و 15 طبقه با سیستم RCS با و بدون میراگر ویسکوز در نرم افزار Etabs مدل سازی و با استفاده از استاندارد 2800، مبحث 7، مبحث 9، مبحث 10، دستورالعمل FEMA 360، استاندارد ASCE و AISC طراحی بهینه خواهد شد و سپس با استفاده از تحلیل استاتیکی غیر خطی و مقالات معتبر به تعیین ضریب رفتار و ضریب بزرگنمایی، مکانیزم خرابی، نمودار بار افزون خواهیم پرداخت و به بحث و نتیجه گیری پیرامون موضوع و نحوه استهلاک انرژی و میزان استهلاک انرژی در این قاب ها می پردازیم.

اثربخشی میراگرهای ویسکوز در کاهش جابجایی نسبی (دریفت) و برش پایه قاب های RCS اهمیت اصلی این مطالعه می باشد.

2-2- محاسبه تغییر مکان هدف بر اساس آیین نامه 2800

$$\delta t = C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (1)$$

2-1-1- محاسبه پارامترهای تغییر مکان هدف برای قاب 5 و 10 و 15 طبقه

ضریب C1 برای قاب 10 طبقه بدون میراگر ویسکوز:

ضریب S_a برای قاب 10 طبقه:

$$A = 0.35$$

$$B = 1.68$$

$$S_a = A \times B = 0.588$$

$$T_e = 1.38 S$$

$$T_s = 0.7 S$$

$$T_e = 1.38 > T_s = 0.7 \rightarrow C_1 = 1.0$$

ضریب C1 برای قاب 10 طبقه با میراگر ویسکوز:

$$T_e = 1.465 S$$

$$T_s = 0.7 S$$

$$T_e = 1.465 > T_s = 0.7 \rightarrow C_1 = 1.0$$

ضریب C1 برای قاب 15 طبقه بدون میراگر ویسکوز:

$$T_e = 1.968 S$$

$$T_s = 0.7 S$$

$$T_e = 1.968 > T_s = 0.7 \rightarrow C_1 = 1.0$$

ضریب C1 برای قاب 15 طبقه با میراگر ویسکوز:

$$T_e = 2.03 S$$

$$T_s = 0.7 S$$

$$T_e = 2.03 > T_s = 0.7 \rightarrow C_1 = 1.0$$

ضریب S_a از رابطه ذیل محاسبه می شود:

$$S_a = A \times B$$

ضریب S_a برای قاب 5 طبقه:

$$A = 0.35$$

$$B = 2.55$$

$$S_a = A \times B = 0.892$$

ضریب S_a برای قاب 15 طبقه:

$$A = 0.35$$

$$B = 1.35$$

$$S_a = A \times B = 0.472$$

تغییر مکان هدف برای قاب 5 طبقه بدون میراگر ویسکوز:

$$\begin{aligned} \delta t &= C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \\ &= 1.4 \times 1 \times 0.892 \times \frac{0.99^2}{4\pi^2} \\ &\times 9.81 = 0.304 m \end{aligned}$$

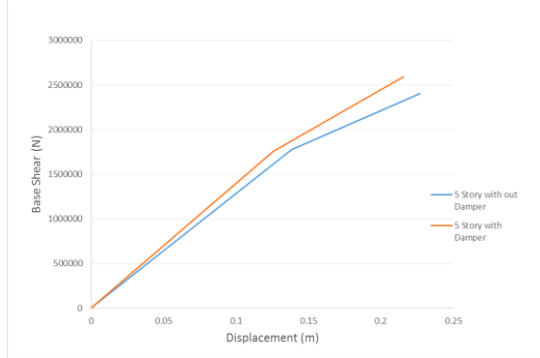
تغییر مکان هدف برای قاب 5 طبقه با میراگر ویسکوز:

$$\begin{aligned} \delta t &= C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g = 1.4 \times 1 \times 0.892 \times \frac{0.865^2}{4\pi^2} \\ &\times 9.81 = 0.232 m \end{aligned}$$

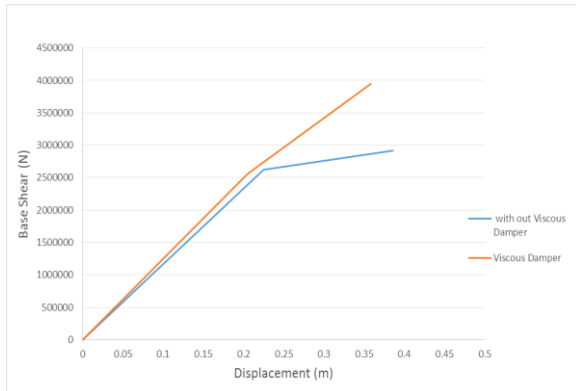
جدول 2-مقادیر پارامترهای تغییر مکان هدف سازه 5 طبقه

δt(m)	T _e	S _a	C1	C0	
۰.۳۰۴	۰.۹۹	۰.۸۹۲	۱	۱.۴	بدون میراگر
۰.۲۳۲	۰.۸۶۵	۰.۸۹۲	۱	۱.۴	با میراگر

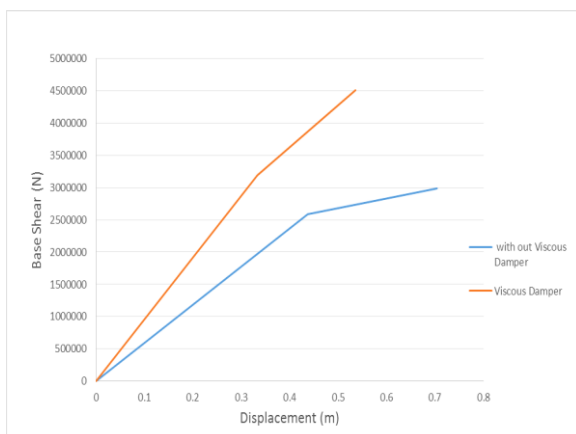
تغییر مکان هدف برای قاب 10 طبقه بدون میراگر ویسکوز:



شکل 1- نمودار پوش آور قاب 5 طبقه با و بدون میراگر ویسکوز



شکل 2- نمودار پوش آور قاب 10 طبقه با و بدون میراگر ویسکوز



شکل 3- نمودار پوش آور قاب 15 طبقه با و بدون میراگر ویسکوز

$$\delta t = C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} = 1.5 \times 1 \times 0.588 \times \frac{1.38^2}{4\pi^2} \times 9.81 = 0.417 m$$

تغییر مکان هدف برای قاب 10 طبقه با میراگر ویسکوز :

$$\delta t = C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g = 1.5 \times 1 \times 0.588 \times \frac{1.465^2}{4\pi^2} \times 9.81 = 0.470 m$$

جدول 3- مقادیر پارامترهای تغییر مکان هدف سازه 10 طبقه

$\delta t(m)$	T_e	S_a	C_1	C_0	
۰.۴۱۷	۱.۳۸	۰.۵۸۸	۱	۱.۵	بدون میراگر
۰.۴۷	۱.۴۶۵	۰.۵۸۸	۱	۱.۵	با میراگر

تغییر مکان هدف برای قاب 15 طبقه بدون میراگر ویسکوز:

$$\delta t = C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g = 1.5 \times 1 \times 0.472 \times \frac{1.968^2}{4\pi^2} \times 9.81 = 0.681 m$$

تغییر مکان هدف برای قاب 15 طبقه با میراگر ویسکوز :

$$\delta t = C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g = 1.5 \times 1 \times 0.472 \times \frac{2.03^2}{4\pi^2} \times 9.81 = 0.725 m$$

جدول 4- مقادیر پارامترهای تغییر مکان هدف سازه 15 طبقه

$\delta t(m)$	T_e	S_a	C_1	C_0	
۰.۶۸۱	۱.۹۶۸	۰.۴۷۲	۱	۱.۵	بدون میراگر
۰.۷۲۵	۲.۰۳	۰.۴۷۲	۱	۱.۵	با میراگر

نتایج نمودارهای پوش آور قاب 5 و 10 و 15 طبقه با و

بدون میراگر به شرح ذیل می باشد:

3- نتایج و بحث

دستورالعمل استفاده از میراگرها در طراحی و مقاوم سازی ساختمان ها، 1397، معاونت فنی و زیربنایی، نشریه 766. زیادلو، صمد، 1393، مقایسه انواع میراگرها و کاربرد آن در بهبود رفتار لرزه ای سازه ها. مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران، 1392، بارهای وارد بر ساختمان، ویرایش سوم، دفتر مقررات ملی ساختمان، ایران.

5- چکیده انگلیسی

In Iran and earthquake-prone countries, earthquakes have caused countless human and financial losses to cities, which have led engineers to take a new approach to structures to use new technology as seismic control systems to reduce human and financial losses. In this research, we use two viscous damper systems and RCS frames. Viscous dampers are classified in the category of passive control systems and dampers proportional to the speed and have been considered by many researchers.

RCS composite bending frames are a new type of bending frames that use a combination of concrete columns and steel beams, which combine the advantages of pure concrete and steel frames in these structural systems. In RCS frames, the steel beam passes continuously through the concrete column and is subjected to annealing and bending angles that give the weight of the concrete beam and die. Due to the high compressive strength of concrete relative to its tensile strength, the use of concrete in the column results in the best behavior of concrete. The effect of the earthquake has been investigated with the damper and the damper under the body. The energy released by the earthquake creates large forces in the structure. For this reason, dampers are designed to reduce the amount of damage to structures. Using dampers as a means of "depleting energy from earthquakes" is one of the most popular methods, among which viscous dampers are usually more widely used. Passive energy absorbing dampers are used to control the seismic response of tall structures during an earthquake. In this paper, using numerical tools such as Etabs software and push-pull analysis, the numerical study of viscous dampers has been studied and also considering the different states of dampers in RCS structures, such states have been studied. Initially, by

طبق تحلیل و طراحی های انجام شده در قاب های RCS با افزایش ارتفاع سازه زمان تناوب افزایش پیدا کرده و افزودن میراگر ویسکوز در تمامی قاب ها پیوند سازه نسبت به حالت بدون میراگر مجدد افزوده می شود.

در تحلیل غیرخطی پوشش آور قاب های RCS پارامترهای تغییر مکان هدف اعم از C0، C1 و Sa چه در حالت بامیراگر و چه در حالت بدون میراگر ثابت می باشد و تغییراتی در آن ها ایجاد نمی شود.

در تحلیل غیر خطی پوشش آور و نتایج حاصل از تحلیل و نمودارهای بدست آمده تغییر مکان هدف δ_f با افزایش ارتفاع سازه ها افزوده می گردد که این جهش مقدار تغییر مکان هدف منجر به افزایش شکل پذیری و استهلاک انرژی بیشتر و افزایش ظرفیت سازه خصوصا در قاب های RCS با میراگر می شود.

4- منابع مورد استفاده

استاندارد 2800، 1393، آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، ویرایش چهارم. پزشکی، حسین، ضیافی فر، منصور، 1392، بررسی اثر استفاده از میراگر ویسکوز غیرخطی بر سازه های جداسازی شده ی پایه واقع در حوزه ی نزدیک گسل، مجله علمی- پژوهشی عمران مدرس، دوره سیزدهم، شماره 13. دستورالعمل بهسازی لرز های ساختمان های موجود، 1385، معاونت امور فنی دفتر فنی، تدوین معیار ها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، نشریه 360.



11th International Conference on Sustainable Development & Urban Construction

modeling such structures and also considering the states of steel beams and concrete columns in the software, it has been compared by considering the experimental relationships of Newmark and finally the effects of such multipliers as well as the importance of the presence or absence of dampers in structures RCS is examined.

Keywords: Pushover analysis, Newmark relationships, Etabs software, RCS structures, viscous dampers.

یازدهمین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار و عمران شهری

11th International Conference on Sustainable
Development & Urban Construction

