بهسازی لرزه ای ساختمان های فولادی جهت ارتقای کاربری با استفاده از میراگر IPFD

ایرج رسولان[1] ، احمد تمیمی[2]

1- استادیار دانشگاه شهید چمران اهواز، گروه عمران

I.rasoolan@scu.ac.ir

2- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه ، دانشگاه شهید چمران اهواز

ahmadtamimiat@yahoo.com

چکیده :

یکی از مواردی که نیاز است سازه جهت بهسازی لرزه ای ارزیابی گردد وقتی است که کاربری سازه ارتقا می یابد. در این حالت برای ارزیابی عملکرد سازه با توجه به افزایش اهمیت سازه ، دیگر سطح عملکرد ایمنی جانی (LS) مناسب نیست و باید سازه برای سطح عملکرد بهره برداری بی وقفه (IO) ارزیابی و احتمالا بهسازی گردد. در این مقاله یک سازه 8 طبقه با این شرایط ارزیابی و سپس با استفاده از میراگر اصلاح شده پال بهسازی گردیده است .نتایج حاکی از جذب انرژی بالای این میراگر دارد که باعث می شود سازه سطح عملکرد بهره برداری بی وقفه را ارضا کند.

واژگان کلیدی : میراگر پال ، بهسازی لرزه ای ، سطح عملکرد ، جذب انرژی

1- مقدمه

طبق دستورالعمل بهسازی لرزه ای سازه ها ، سازه هایی که بر اساس آخرین ویرایش 2800 طراحی شده اند نیاز به بهسازی ندارند مگر آن که د رجه اهمیت فعلی آنها از درجه ای که برای آن طرح شده اند بیشتر باشد یا اینکه لازم باشد برای سطح خطر لرزه ای بالاتری در نظر گرفته شوند[1] .به این ترتیب می توان استنباط کرد اگر به هر دلیلی لازم باشد یک سازه که برای کاربری مسکونی طرح شده است برای کاربری با اهمیت خیلی زیاد در نظر گرفته شود , لازم است به لحاظ عملکردی ارزیابی و احتمالا بهسازی گردد.

ارتقای کاربری سازه از ، اهمیت متوسط به اهمیت خیلی زیاد ضریب اهمیت سازه را از 1 به 1/4 افزایش می دهد؛ بنابراین با توجه به رابطه مستقیم ضریب اهمیت سازه و ضریب زلزله ($C=\frac{ABI}{R}$) ، ضریب زلزله 40 درصد افزایش می یابد.بنابراین برش پایه 40 درصد افزایش می یابد. از طرفی طبق راهنمایی نشریه 361 (راهنمای کاربردی دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود) برای

Archive of SID

www.SID.ir

ساختمان های با چنین اهمیتی ، سطح عملکرد سازه ای بهره برداری بی وقفه مناسب است [2].بنابراین هدف بهسازی ، باید ارتقای سطح عملکرد سازه از ایمنی جانی (LS) به بهره برداری بی وقفه (IO) باشد.

راهکارهای متفاوتی برای بهسازی سازه ها وجود دارد که در این میان استفاده از سیستم های غیرفعال اتلاف انرژی مانند : سیستم های جداساز لرزه ای ، میراگرهای ADAS ، TADAS ، پال و ... با توجه به عدم نیاز به تکنولوژی پیچیده کاربرد زیادی دارند. مفهوم کنترل غیرفعال ، اضافه کردن وسایل استهلاک انرژی به سازه می باشد که مزایای آن نسبت به سایر سیستم های استهلاک انرژی چنین است :

1) اکثر این وسایل بعد از مرحله ی خاصی مانند لغزش یا تسلیم فلز به کار می افتند. 2) این وسایل برای به کار افتادن نیاز به انرژی خارجی ندارند .3) قابل اطمینان، به دلیل عدم وابستگی عملکرد به قطع منبع انرژی که در هنگام زلزله محتمل است . 4) هزینه نگهداری پایین. 5) امکان طراحی برای کار کردن در سطح مشخص. 6) امکان استفاده هم در طراحی و هم در بهسازی. 7) امکان جایگزینی آسان در صورت آسیب جدی به این وسایل .[3]

2- معرفی میراگر اصلاح شده پال (IPFD)

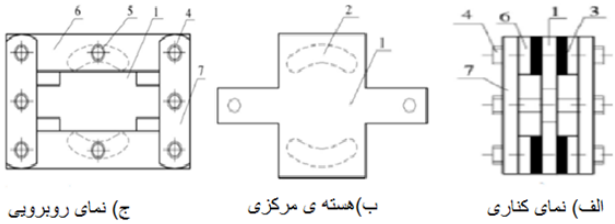
میراگر پال اولین بار توسط دکتر پال و مارش در سال 1982 ابداع شد و در چندین سازه در سراسر دنیا استفاده شد که شکل 1 نمونه اجرا شده این میراگر را نشان می دهد.

شکل(1) : نمونه اجرا شده میراگر اولیه پال[4]

نوع اولیه این میراگر همانطور که در شکل 2 نشان داده شده است، از چندین ورق قرار گرفته به روی یکدیگر و بهم فشرده توسط پیچ های با مقاومت بالا ساخته شده است که هر گونه حرکت جانبی اصطکاکی میان ورق ها را امکان پذیر می کند.اجزای این میراگر طبق شماره گذاری شکل1 شامل : 1) هسته ی مرکزی صلیبی شکل 2) شیار منحنی شکل برای فراهم کردن امکان حرکت پیچ لغزشی 3) پد اصطکاکی 4) پیچ گوشه 5) پیچ لغزشی 6) لینک افقی 7) لینک عمودی.[4]

Archive of SID

www.SID.ir

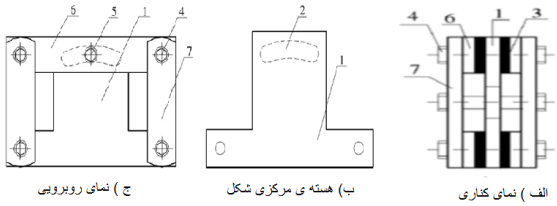


شکل (2) : جزییات میراگر اولیه پال [5]

مزیت میراگر اصطکاکی پال نسبت به سایر سیستم های استهلاک انرژی چنین است : 1) ساخت میراگر ساده است 2) هزینه ساخت آن نسبتا پایین است 3) تکنولوژی خاصی نیاز ندارد 4)عملکرد آن در زلزله قابل اطمینان است 5) عملکرد آن به سرعت و درجه حرارات بستگی ندارد 6)بعد از زلزله قابل تعمیر است 7)به دلیل حلقه ی هیسترزیس بزرگ ، جذب انرژی بالایی دارند 8)تحلیل و مدل سازی آنها آسان است [3].

در سال 2004 نوع جدیدی از میراگر توسط محققین چینی آقایان WU و ZHANG معرفی شد .هدف از ارائه این میراگر بهبود رفتار حرکتی آن و نیز ساده تر کردن ساخت و تحلیل این میراگر بود.به این منظور این محققین ، هسته ی صلیبی شکل میراگر اولیه را با هسته ی تی شکل جایگزین کردند و آن را میراگر اصلاح شده پال نام گذاری کردند.بقیه ی اجزای این میراگر مانند میراگر اولیه می باشد.جزییات میراگر اصلاح شده در شکل 3 نشان داده شده است.

این محققین این میراگر را با میراگر اولیه مقایسه کردند و نشان دادند که عملکرد مکانیکی این میراگر و حتی انرژی جذب شده هر دو برابر می باشند؛ حتی اکثر فرضیات پال برای میراگر جدید میز صادق است.اما مزایای این میراگر نسبت به میراگر اولیه چنین است : 1- پیکربندی آن ساده تر است 2- دارای عملکرد حرکتی مناسبی است 3- آنالیز آن ساده تر است . 4- هزینه ساخت آن پایین تر است. [5]



شکل(3) : جزییات میراگر اصلاح شده پال [5]

3- بار لغزش

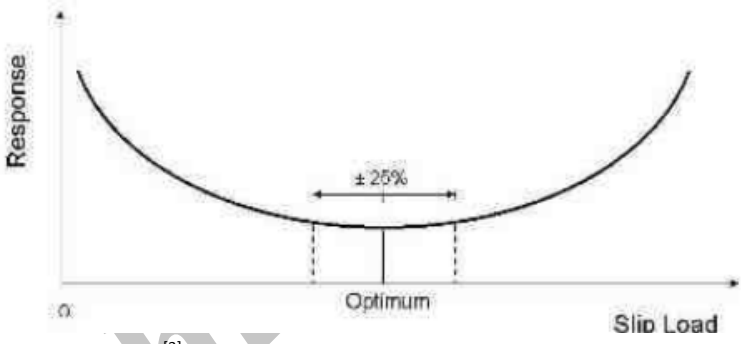
مهمترین مرحله در طراحی میراگر ، تعیین بار طراحی لغزشی است. از آنجا که پاسخ لرزه ای سازه ها از مقدار انرژی ورودی و انرژی مستهلک شده سازه تاثیر می پذیرد، هنگامی که اختلاف بین این دو انرژی حداقل

Archive of SID
www.SID.ir

باشد ، پاسخ لرزه ای مناسب حاصل می شود. بنابراین باید با روشی مناسب با تعیین بارهای لغزشی مختلف رفتار سیستم را با و بدون میراگر بررسی کرد.معمولا از روش تاریخچه زمانی برای این کار استفاده می شود. لزوم یافتن بار بهینه لغزش به این دلیل است که اولا بار لغزش بهینه ، حداقل پاسخ سازه را به دنبال دارد و دوم اینکه با انتخاب بار لغزش مناسب می توان پاسخ سازه را کنترل کرد.در انتخاب بار بهینه لغزش باید سه خواسته زیر برآورده شود:

1- میراگرها در یک بار متوسط یا ضعیف بلغزند.
2- میراگرها در یک زلزله شدید باید قبل از تسلیم اعضای سازه ای بلغزند.
3- انرژی جذب شده در داخل سازه در اثر اصطکاک ماکزیمم باشد.[3]

شکل 4 نحوه ی بدست آوردن بار بهینه لغزش را نشان می دهد .تحقیقات نشان داده است که تغییر تا 25 درصد در بار بهینه لغزش تاثیر چندانی بر عملکرد میراگر ندارد که این خود یکی از مزیت های این میراگر است که کارایی آن از این جهت مختل نمی شود.[7]

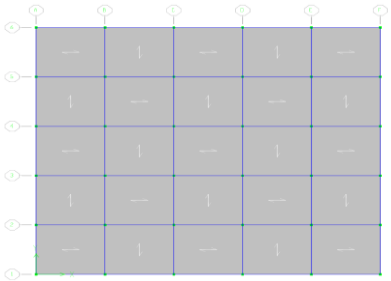


شکل(4) : نحوه ی بدست آوردن بار بهینه لغزش[3]

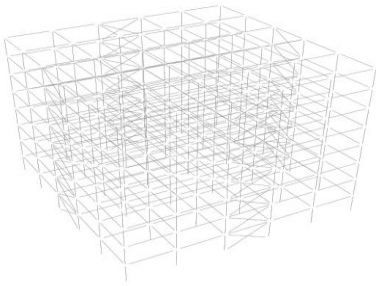
4- معرفی سازه مورد بررسی

در این مقاله یک ساختمان 8 طبقه با سیستم ساختمانی قاب خمشی و با کاربری مسکونی جهت ارتقا به ساختمان با اهمیت خیلی زیاد بهسازی شده است. ساختمان در هر جهت دارای 5 دهانه 6 متری می باشد.پلان این ساختمان را در شکل 5 مشاهده می کنید.جهت طراحی بار مرده طبقات برابر 565 kg/cm2 ، بار مرده بام 515 kg/cm2 ، بار زنده طبقات و بام نیز مطابق مبحث ششم مقرارات ملی ساختمان برابر 200 kg/cm2 و 150 kg/cm2 در نظر گرفته شده است. از نرم افزار EATABS VER 9.7.1 جهت طراحی و نرم افزار PERFORM3D VER5 جهت ارزیابی و تحلیل های غیرخطی استفاده شده است.در شکل 6 نمای 3 بعدی سازه بهسازی شده را می بینید.همانطور که مشاهده می شود میراگر IPFD در دهانه میانی استقاده شده است.

www.SID.ir



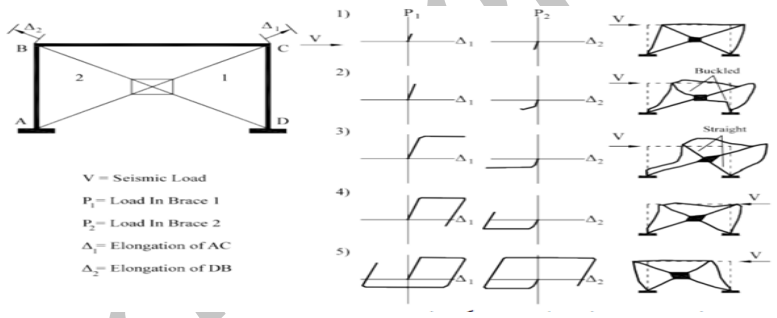
شکل(5) : پلان قاب مورد استفاده



شکل(6): مدل ساخته شده در نرم افزار perform3d

5) نحوه ی مدل سازی میراگر در نرم افزار

با توجه به اینکه رفتار مکانیکی میراگر اصلاح شده پال مشابه میراگر اولیه است بنابراین مدل سازی آن مشابه میراگر اولیه است. همانگونه که در شکل زیر می بینید نحوه ی رفتار میراگر شامل مراحل زیر است :



شکل(7) : مراحل عملکرد میراگر [7]

1) ابتدا بار کل سیستم کم و رفتار سیستم همانند سیستم بدون میراگر است و هر دو بادبند فشاری و کششی به صورت الاستیک عمل می کنند.(میراگر همانند بادبند است)

2) با کمانه کردن بادبند فشاری ، نیروی بادبند کششی افزایش یافته تا اینکه نیروی آن بیش از نیروی لازم جهت لغزش گردد.

3) قبل از این که با کمانه کردن بادبند فشاری ، این مهاربند تسلیم شود ، چهار لینک سیستم اصطکاکی لغزیده و به صورت متوازی الاضلاع در می آیند که این تغییر شکل باعث از بین رفتن تغییرشکل بادبند فشاری می شود.در حالی که بادبند کششی هنوز در مرحله الاستیک قرار دارد.به این ترتیب نیروی اصطکاک بر خلاف جهت سرعت نسبی بین میراگر و طبقه عمل می کند.

4) با عوض شدن جهت بار ، بادبند کششی به صورت فشاری عمل می کند و باز همین رفتار تکرار می شود.

Archive of SID
www.SID.ir

5) بار در مهاربند دیگر از بار کمانشی بیشتر می شود و مرحله دوم تکرار می شود و با مرحله سوم ادامه می یابد.مراحل این عملکرد در شکل 6 نشان داده شده است.[7]

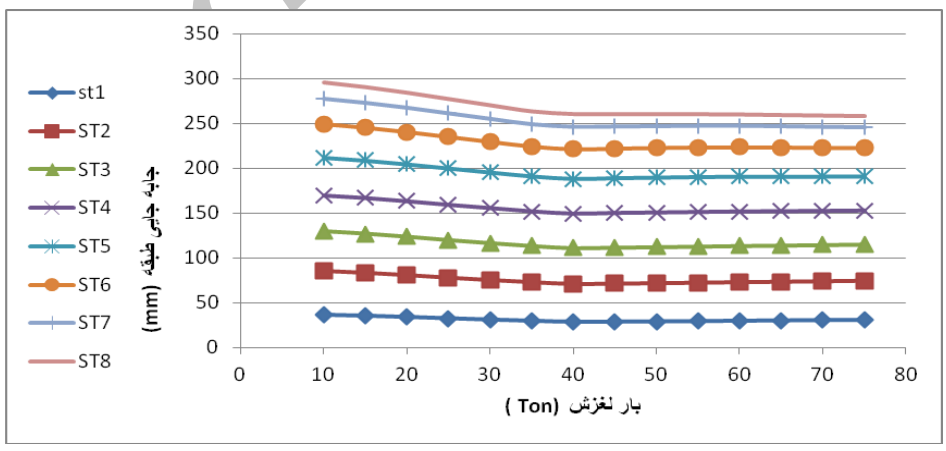
به طور کلی دو روش برای مدل سازی میراگر پال وجود دارد:1) روش پال : در این روش میراگر با مهاربندهایی که در کشش و فشار تسلیم می شوند جایگزین می شود.[8] 2) روش چری : در این روش تمام المان ها شامل میراگر و مهاربندها توسط المان های خطی با منحنی تنش-کرنش خود مدل می شوند.[7] این روش بسیار پیچیده است و تحقیقات نشان داده تقاوت چندانی در نتیجه ایجاد نمی کند.

پس از بررسی المان های رفتاری نرم افزار perform3d مشخص گردید که استفاده از المان میله ای غیرخطی (Inelastic Bar) می تواند مشخصات رفتاری المان میراگر را به سازه اعمال کند.با توجه به توضیحات فوق برای عملی شدن مکانیزم عملکرد این میراگر ، در مدل سازی ظرفیت فشاری را بسیار کمتر از طرفیت کششی در نظر می گیریم تا میراگر در کشش عمل نماید .

6) بار لغزش بهینه

در این مقاله جهت بدست آوردن بار لغزش بهینه و نیز نشان دادن اثر میراگر بر رفتار لرزه ای سازه از 4 رکورد زلزله های ناقان ، طبس ، سن فرناندو و کوبه استفاده شده است.

جهت بدست آوردن بار لغزش بهینه ، سازه مورد نظر به ازای بار لغزش های متفاوت و برای تمام طبقات تحت شتاب نگاشت های فوق تحلیل شد.همانطور که در شکل8 نتیجه این تحلیل را برای زلزله کوبه مشاهد کنید ، به ازای بار 40 تن تقریبا برای تمام طبقات کمترین جابه جایی حاصل شده است.پس بار لغزش برای تمام طبقات مساوی 40 تن در نظر گرفته شد.



شکل (8) : بار لغزش بهینه

Archive of SID
www.SID.ir

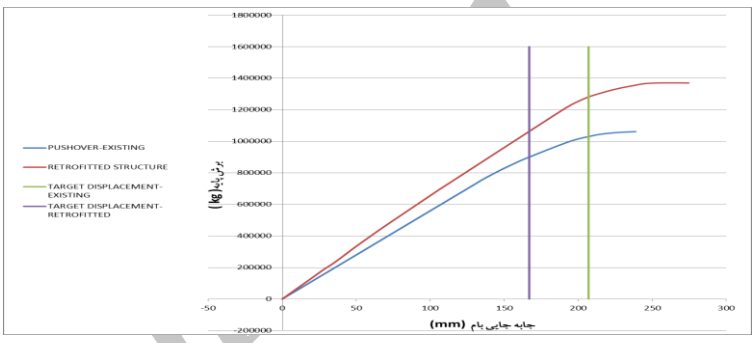
7) نتایج تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی

در این بخش نتایج حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی بیان می شود. جهت بررسی عملکرد صحیح میراگر سه مورد اهمیت دارد :

1- بر آورده شدن سطح عملکردی مورد نظر
2- جذب انرژی بالای میراگر نسبت به سایر اعضای سازه
3- حلقه ی هیسترزیس پایدار و با حداکثر جذب انرژی

در ادامه نتایج فوق و همچنین مقایسه ساختمان در وضعیت موجود و بهسازی شده با ارائه نمودار پوش آور ، سطوح عملکرد ، پارامتر ، جذب انرژی المان های سازه و حداکثر جابه جایی بام انجام شده است.

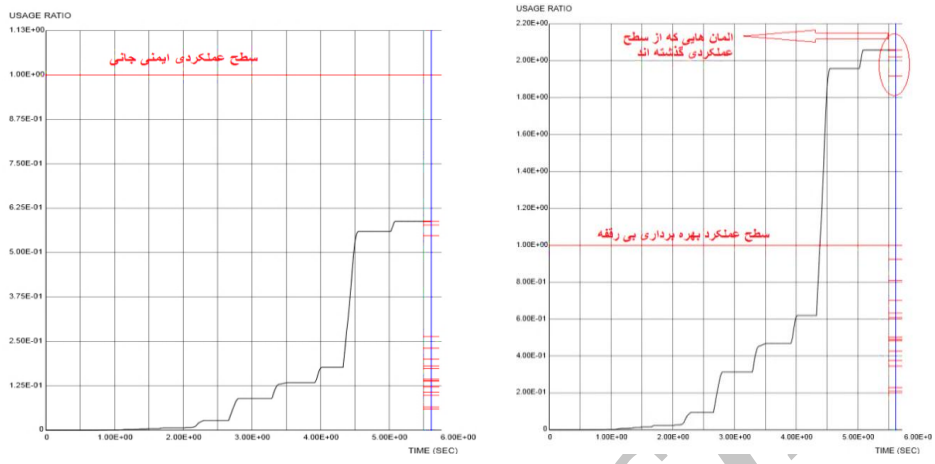
در شکل 9 نمودار پوش آور سازه موجود و بهسازی شده تحت بارگذاری یکنواخت مقایسه شده اند.همانطور که مشاهده می شود جابه جایی هدف به وضوح کاهش یافته است .



شکل(9) : نمودار پوش آور سازه موجود و بهسازی شده تحت الگوی بار یکنواخت

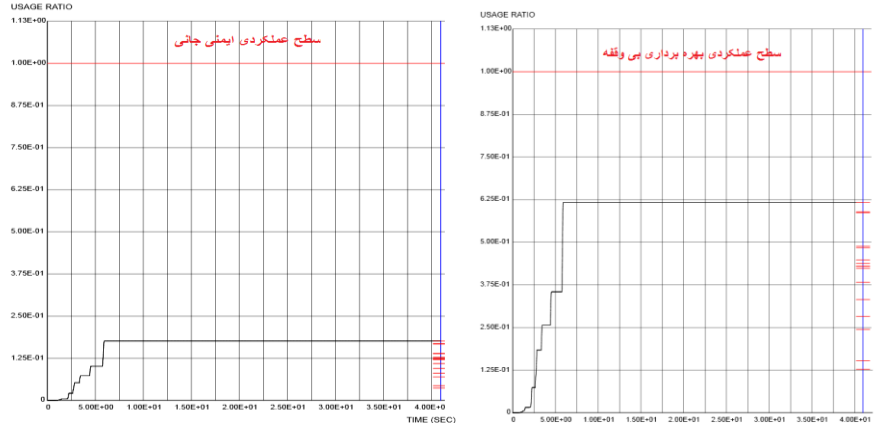
یکی از قابلیت های نرم افزار PERFORM نمایش گراف نسبت کاربرد می باشد.یک گراف کاربردی نشان دهنده تغییرات نسبت کاربردی با ضریب بار ، جابه جایی نسبی یا زمان بسته به نوع تحلیل است.در یک تحلیل تاریخچه زمانی می توانیم سطوح عملکرد سازه را به صورت نسبت تقاضا به ظرفیت (DCR) نسبت به زمان مشاهده کنیم.از مزایای این گراف این است که می توانیم ببینیم کدام المان های سازه سطح عملکرد مفروض را ارضا نکرده اند.همانطور که در شکل 10 می بینید تمام المان های سازه موجود سطح عملکرد LS را در زلزله کوبه ارضا کرده اند اما برای سطح عملکرد IO تعدادی از المان ها نسبت بیشتر از یک داشته و پاسخگوی این سطح عملکرد نبوده اند.

Archive of SID
www.SID.ir

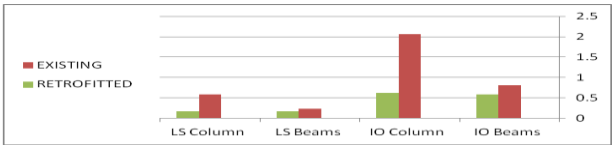


شکل (10) : نمایش نمودار نسبت کاربردی برای سطوح IO و LS برای ساختمان موجود تحت زلزله کوبه

شکل 11 نمودار فوق را برای سازه بهسازی شده نشان می دهد.همانطور که مشخص است نسبت DCR برای تمامی المان ها سطوح عملکرد IO و LS را ارضا کرده اند .شکل 11 این سطوح عملکرد را برای سازه موجود و بهسازی شده مقایسه کرده است.همانطور که مشخص است سطوح عملکرد به وضوح بهبود یافته است.



شکل (11) : نمایش نمودار نسبت کاربردی برای سطوح IO و LS برای ساختمان بهسازی شده تحت زلزله کوبه



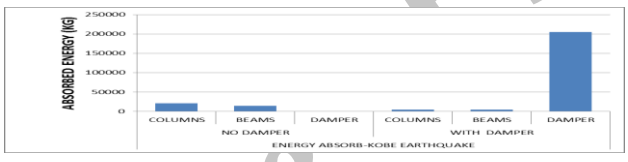
شکل (12) : مقایسه سطوح عملکرد IO و LS برای ساختمان موجود و بهسازی شده تحت زلزله کوبه

www.SID.ir

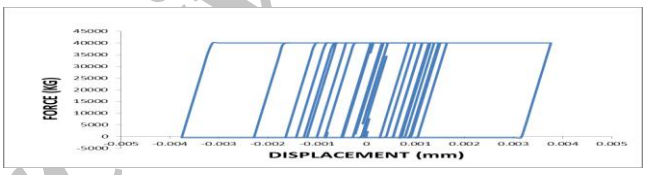
بنابراین نتایج فوق نشان می دهد ، الحاق میراگر پال به سازه به خوبی توانسته است سطوح عملکرد را بهبود بخشد.

یکی دیگر از قابلیت های نرم افزار پرفورم نمایش میزان جذب انرژی سازه و سهم غیرخطی شدن سازه از آن و نیز سهم جذب هر یک از گروه های المانی به علت غیرخطی شدن آنها است.شکل 13 میزان جذب انرژی المان های سازه را برای زلزله کوبه مشاهده می کنید.همانطور که مشاهده می شود میراگر بیشینه جذب انرژی را داشته است ، نتیجه این امر این است که مکانیزم خرابی از تیر و ستون به میراگر انتقال یافته و از تخریب سازه جلوگیری می شود.همین طور مشاهده می شود با اضافه شدن میراگر مجموع انرژی بیشتری در سازه تلف شده است.

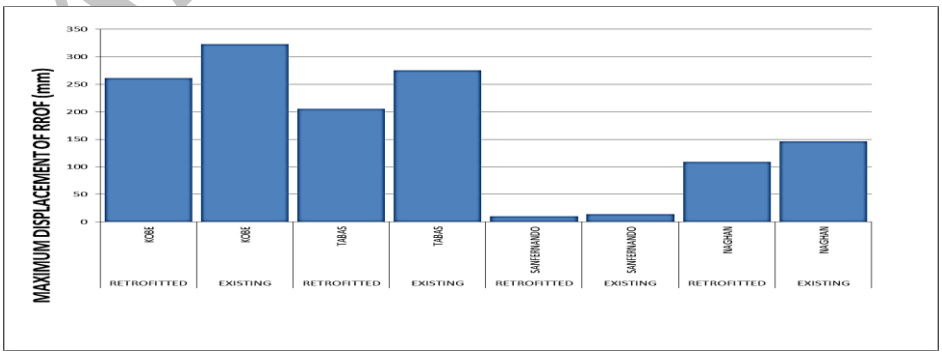
یکی از پارامترهای ارزیابی یک المان سازه ، حلقه ی هیسترزیس می باشد.یک حلقه ی هیسترزیس پایدار نشان دهنده توان ادامه فعالیت المان است و هر چه سطح محصور آن بیشتر باشد ، میزان انرژی که به وسیله آن المان مستهلک شده است بیشتر می باشد.شکل 14 حلقه ی هیسترزیس میراگر را در زلزله کوبه نشان می دهد.همانطور که می بینید میراگر دارای یک حلقه ی پایدار است.



شکل (13) : میزان جذب انرژی المان ها در زلزله کوبه



شکل (14) : حلقه ی هیسترزیس میراگر IPFD در زلزله کوبه



شکل(15) : مقایسه حداکثر جابه جایی بام برای ساختمان موجود و بهسازی شده

Archive of SID
www.SID.ir

جهت ارزیابی رفتار سازه در زلزله های مختلف ، بیشینه جابه جایی بام برای سازه موجود و بهسازی شده مقایسه شده اند . همانطور که درشکل 15 می بینید ، نتایج نشان می دهد که میراگر در زلزله های بزرگتر مثل کوبه و طبس کارایی بیشتری داشته است ؛ به این معنی که تاثیر بیشتری بر کاهش جابه جایی بام داشته است.

8) خلاصه و نتیجه گیری

1) استفاده از میراگر IPFD می تواند سطح عملکردی بهره برداری بی وقفه را ارضا کند.

2) جذب انرژی میراگر IPFD بسیار بالا می باشد و با کاربرد آن در سازه جذب انرژی در تیر و ستون بیسار کاهش می یابد.در نتیجه
مکانیزم خرابی از المان ها به میراگر انتقال می یاد.

3) حلقه ی پایدار هیسترزیس میراگر نشان می دهد که میراگر توانایی خوبی برای ادامه فعالیت دارد.در ضمن امکان تعمیر میراگر پس از زلزله کارایی آن را افزون می کند.

4) با مقایسه زلزله های مختلف مشخص شد که میراگر در زلزله های بزرگتر کارایی بیشتری دارد.در زلزله های کوچک میراگر مانند بادبند عمل کرده و در باربری جانبی مشارکت می کند.

9) مراجع

1) سازمان مدیریت و برنامه ریزی ، دستورالعمل بهسازی ساختمان های موجود نشریه 360 ، 1385

2) سازمان مدیریت و برنامه ریزی ، تفسیر دستورالعمل بهسازی ساختمان های موجود نشریه 361 ، 1385

3.Pall A And Pall T, "Performance-Based Design Using Pall Friction Dampers-An Economical DesignSolution,"13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada. (2004)

4 , Shao D ,Pall A,Soli B," FRICTION DAMPERS FOR SEISMIC UPGRADE OF A 14-STORY PATIENT TOWER WITH A 36-FOOT TALL SOFT- STORY",(2006)

5.B.Wu. and J.Zhang, "Hysteretic Behavior of Improved Pall-Typed Frictional Dampers," Journal of
Engineering Structures Paper 1258-1267,(2005).

6.Avtar Pall. and Cedric Marsh ,"Response of Friction Dampers Braced Frames," Journal of Structural
Division, ASCE, St.9, 108:1313-1323, (1982).

7.Filiatrault, A. and Cherry, S, "Comparative Performance of Friction Damped Systems and Base IsolationSystems for Earthquake Retrofit and a Seismic Design," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.16,PP.389-416. (1988).

8.Sung-Kyung Lee. and Ji-Hun Park, "Design of a Bracing-Friction Damper System for SeismicRetrofitting." Smart Structures and Systems, Vol. 4. NO.5, 685-696., (2008).

Archive of SID

www.SID.ir