

نحوه عملکرد میراگر و ضربه گیرها در ساختمانها

محمد حسام حدیدی مهندسی عمران دانشگاه آزاد کرمانشاه و عضو باشگاه پژوهشگران جوان

EMAIL : Hessam777@hotmail.com

چکیده

جدا سازی پایه و اساس یکی از راه های موثر برای محافظت ساختمانهای بزرگ از خسارت زلزله می باشد. این راه حل پرهزینه است زیرا کل ساختمان باید به تکیه گاههای غلتکی یا الاستومتری که در سر تا سر سازه توزیع شده باشند دارای تنajی مشابه و در عوض هزینه پایین تری می باشد. این متن به چگونگی نصب این میرا کننده های لزج در سازه می پردازد و در ضمن مثالهای متعددی را مطرح می کنیم.

با بیشترین سازه، یک مقدار نسبتاً "کوچک ضربه گیری یک کاهش بزرگ در فشار و تغییر شکل (تغییر مکان پراکنده بودن) توسط از بین بردن انرژی از سازه را فراهم می کند.

برای مثال، با یک توقف اتومبیل، خفه کن، یا ضربه گیر، به منظور کنترل حرکت فنر استفاده شده است. نیروی ضربه گیری (استهلاک مورد نیاز کاملاً) نسبت به فنر مقایسه شده است، که با یاد از وسیله نقلیه و تغییر شکل تحت برآمدگی بارگیری محافظت کند. یک موقعیت مشابه با یک ساختمان جایی که نیروهای فنر توسط ستون های ساختمان یا پایه جدا کننده ها را که هر دو از ساختمان و هم تغییر شکل تحت بارگیری را تأمین می کند. این تنها به یک مقدار کوچک نیروی میرایی چسبنده به منظور کاهش تغییر شکل (انحراف ساختمان توسط یک عامل دو یا سه گانه در حالی که به منظور همزمان فشار های کلی ستون را کاهش دهد نیاز دارد.

کلمات کلیدی ضربه گیر، سیال لزج، بالشتکهای الاستومتری

۱- مقدمه

در مورد سازه های بزرگ اثبات گردیده است که جدا سازی پایه سازه یک راه حل مفید برای کاهش دادن و مستهلک کردن تمایلات لرزه خیزی سازه است با این حال این کار می تواند پرهزینه باشد و سازه های بزرگ را دچار تغییرات کند. در حال حاضر امکان ایمن سازی ساختمان (سازه) تا حد قابل قبول در برابر زلزله با استفاده از مستهلک کننده های لزج روانگر وجود دارد بدون آنکه مجبور به جدا سازی در سازه شویم.

در این متن به تکنیکهای مختلفی برای انجام این کار اشاره می گردد که ضمن پدید آوردن پشتوانه تحلیلی با ارائه چند مثال نحوه استفاده از این تکنولوژی تشریح می گردد.

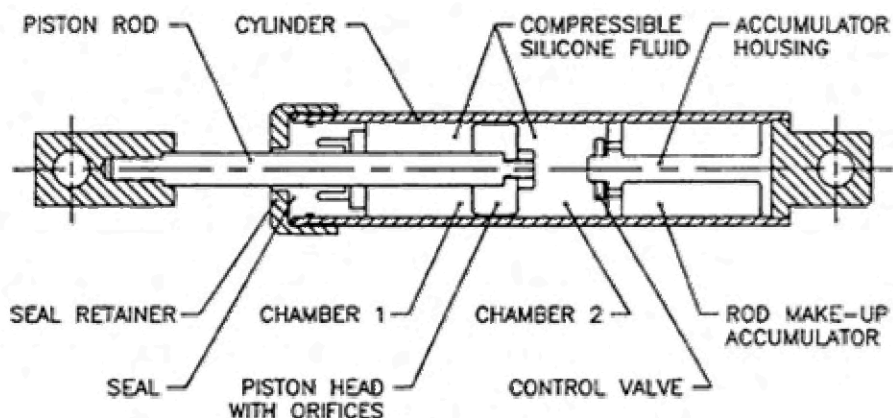
بخش بعدی این متن به توضیح مستهلک کننده چسبناک روانگر می پردازد و نحوه کارکرد و چگونگی اقتصادی بودن آنرا تشریح می کند. بعد از آن توضیحاتی درباره انواع مختلف این مستهلک کننده ها می آید که در ادامه آن به مقایسه روشهای جدا سازی پایه ها و مستهلک کننده ها ی سیال به عنوان راه های مقابله با تحرکات زلزله خواهیم پرداخت. در ادامه روشهای آنالیز و طراحی دمپرهای سیال معرفی خواهد شد. و آخرین بخش متن به بازگویی وقایع تاریخی همانند 911 Pacific bell و 860ckbon city hall می پردازد.

۲- سیال لزج میرا کننده چیست؟

سیال چسبنده مستهلک کننده یک راه حل برای افزایش اتلاف انرژی در سیستم های جانبی دیگر در ساختار سازه می باشد. یک سیال لزج میرا ضمن تعدیل انرژی از طریق هل دادن سیال به درون مناخذ تولید یک فشار مستهلک کننده که تولید نیرو می کند نیز خواهد شد. این نیروهای میرا تا ۹۰ درصد خارج از فاز تولید تغییر مکان به وسیله نیروهای محرک رخ می دهند. این بدین معنی می باشد که نیروهای میرا کننده تاثیری در افزایش نیروهای لرزه های منجر به افزایش تغییر شکل سازه ندارند افزودن سیال میرا به یک سازه می تواند خاصیت استهلاک سازه را به چیزی بیش از ۳۰٪ حد نهایی و بحرانی خود برساند که این مقدار در بعضی از موارد بیشتر هم هست. این عمل باعث کاهش عمده حرکات لرزه خیزی میگردد. افزایش سیال میرا کننده به یک سازه می توان موجب کاهش شتاب افقی طبقه و تغییر شکلهای جانبی تا ۵۰٪ و گاهی بیشتر نیز می گردد.

۳- توصیف سیال میرا کننده لزج

سیال ضربه گیر لزج مورد استفاده در سازه ها در شکل ۱ نشان داده شده است و دارای عملکرد مشابه ضربه گیر در اتومبیلها می باشد ولی در سطح نیروئی به مراتب بالاتر مورد استفاده قرار می گیرد. ضربه گیر های ساختمان به مقدار قابل توجهی بزرگتر از ضربه گیر های خود محور هستند و از فولاد ضد زنگ و یا مواد بادوام دیگر که حد اقل چهل سال عمر مفید را برای این ساختار تضمین نماید ساخته می شود. سیال ضربه گیر نوعی روغن سیلیکین است (روغن حاوی اکسیژن و کوارتز) که ضمن ساکن و پایدار ماندن برای مدتها طولانی غیر قابل اشتعال و غیر سمی نیز می باشد. قشر جدا کننده و آب بند در این سیال لزج ضربه گیر از تکنولوژی منحصر بفرد و بالای برخوردار می باشد و طراحی آن بر اساس تحقیقات جوی صورت گرفته و موجبات نوعی تراوش را در سطح بهره برداری مجاز پدید می آورد این طرح حقایقیت خود را طی آزمایشهای سخت به خوبی اثبات کرده است و به مدت بیش از ۴۰ سال در بخشهای نظامی و تجاری مورد استفاده واقع گردیده است.



شکل ۱

توانائی عمل مستهلک کردن توسط مایعی که روی سر بیستون در جریان است تامین می گردد. سر بیستون بواسطه وجود فاصله ای مناسب بین جداره داخلی سیلندر و جداره خارجی سر بیستون بوجود می آید و یک متعدد دایره ای ایجاد می کند. سیال با عبور از این منفذ که با سرعت بالایی انجام می پذیرد عملکرد شبیه ضربه دامپر (ضربه گیر خواهد داشت). خصوصیات دامپر را همین شکل سر بیستون مشخص خواهد کرد. رابطه بین نیرو و سرعت در این نوع از ضربه گیرها را می توان طبق رابطه زیر فرمول بندی نمود:

$$F=CVXP_N$$

که در آن

F: نیروی خارجی بر حسب پوند

V: سرعت نسبی عبور از ضربه گیر بر حسب SEC JN----

C: ضریبی ثابت که مقدار آنرا قطر ضربه گیر و مساحت سوراخ مشخص می کنند .

N: یک ثابت نمایی است که می تواند مقداری بین ۱.۹۵ TO ۰.۳ را داشته باشد.

در صورتی که مقدار N بین 0.3 تا 1 باشد دارای بهترین کارائی سازه ای خواهیم بود .

هنگامی که سیال ضربه گیر غلیظ تحت فشار شروع به ضربه زدن می کند مایع فوق الذکر از محفظه ۱ یا اتاقک ۲ به اتاقک ۱ جاری می شود . و هنگامی که سیال ضربه گیر لزج تحت شرایط کشش قرار دارد مایع از محفظه اول به محفظه دوم سرازیر می شود.

قطر پرتش در طی عبور از محفظه حلقوی با ایجاد اختلاف فشار در روی سر بیستون باعث به وجود آمدن نیروی ضربه ای می گردند.

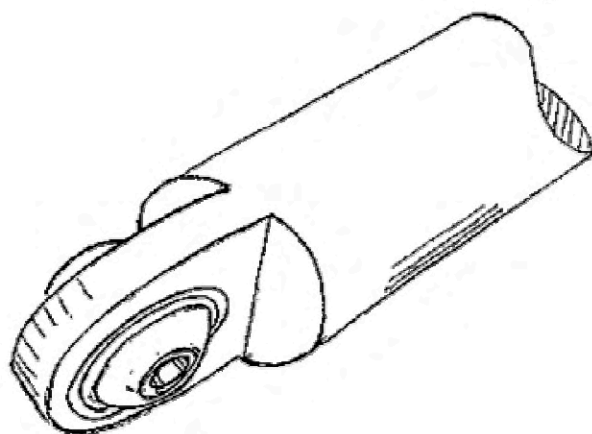
در همان لحظاتی که ضربات حفره سیلندر توسط فضای خالی بدنه سیلندر و سر بیستون در حال به وجود آمدن است در صورت استفاده از ۲ ماده متفاوت در این قسنتها با اتلاف انرژی گرمائی روبه رو خواهیم بود که منشاء آن تفاوت طبیعی همان ۲ ماده متفاوت است . در صورت انتخاب درست این مواد با ضریب انبساط مناسب امکان پر کردن فاصله تغییرات سطح سیال که بواسطه تغییرات دمائی رخ داده است وجود دارد .

در صورت استفاده از تکنیکهای طراحی مناسب می توان تغییرات در یک میزان مناسب $20F$ تا $120F$ را تا 15% و - و یا بیشتر نیز کاهش داد .

تکیه گاههای کروی که در گوشه های دامپر سیال قرار می گیرند اجازه دوران نسبی را به سازه می دهند بدون آنکه مجبور به استفاده از دور پیچ شویم . عکس شماره ۲ جزئیات این تکیه گاه غلتکی را نشان می دهد .

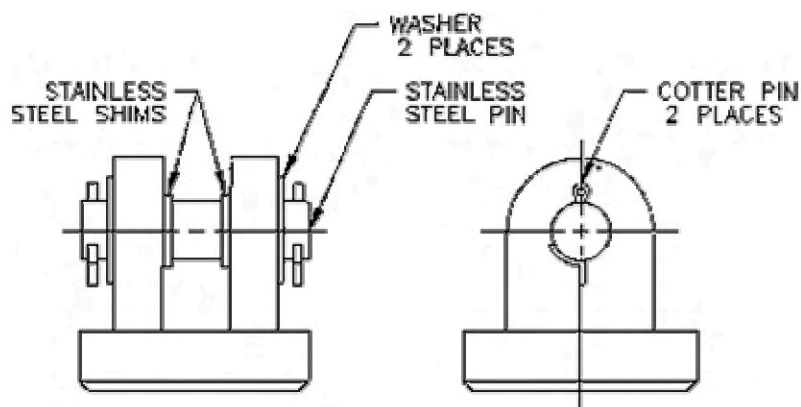
این تکیه گاه ها اجازه دوران چرخش در تمام جهات را می دهند به گونه ای که از دور پیچی دامپر سیال نیز ممانعت به عمل می آورند . بعضاً ممکن است در صورت انعطاف پذیری کافی سازه که باعث افزایش مقاومت دامپر نیز خواهد شد ما بتوانیم از تکیه گاه غلتکی استفاده ای نکنیم و یا فقط از یک تکیه گاه غلتکی در گوشه ای از دامپر استفاده کنیم.

یک نمونه از این اتصالات در شکل ۷ نشان داده شده است .



شکل ۲

شکل شماره ۳ نحوه جا سازی و جایگیری یک صفحه اتصال رادر ضربه گیرهای با لزج سیال نشان می دهد . این لچکی ها از یک پنجه مفصلی مادگی فرو رفته که به صفحه انتهائی محکم گردیده است تشکیل شده که از آن طریق به خود سازه جوش گردیده است . به خاطر اینگونه اتصالات ضربه گیر ها به راحتی در داخل رکابک حرکت می کنند . هنگامی که در دامپر در رکابک قرار می گیرد می توان با میخ آن را در جای خود ثابت کرد . میله اتصال دستک ها باعث محافظت میخها در جای خود می شود . برای ایجاد امکان تغییر در فاصله سوراخها و شیارها در سازه معمولاً در دامپر ها از تعداد بیشتری فضا خط حرکت استفاده می کنند .



شکل ۳

۴- مقایسه ضربه گیر با سیال لزج و جدا سازی اساس و پایه

در استفاده از فناوری جداسازی پایه و اساس و استفاده از سیال چسبنده ضربه گیر ما یک هدف را دنبال می کنیم و آن کاهش میزان عکس العمل سازه در برابر تحرکات زلزله می باشد در استفاده از هر دوی این روشها امکان نگاه داشتن سازه در ناحیه الاستیک وجود دارد بنابراین ما شاهد تغییر شکلهای پایداری در مورد زلزله نخواهیم بود. علی رغم یکسان بودن هدفها در هر دوی این موارد ما شاهد وجود تفاوتهای عمیقی در تکنیکهای اجرا هستیم که متعاقباً شرح داده خواهد شد.

تکنیکهای روش جداسازی پایه و اساس

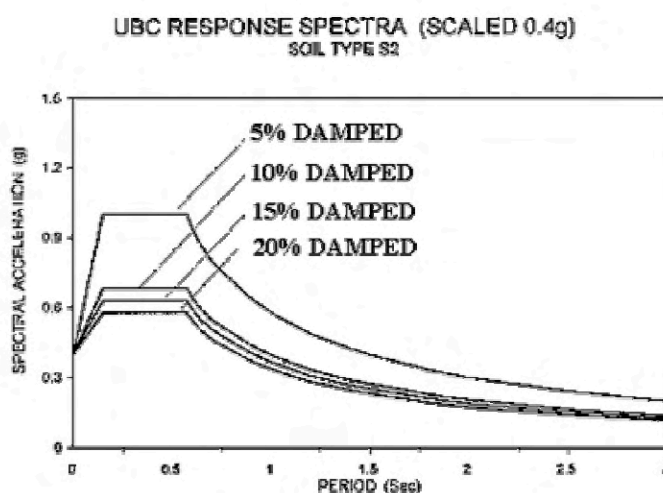
جداسازی پایه و اساس تحرکات سازه را به وسیله منفصل کردن آن از زمین انجام می دهد. بدینوسیله که بالشتکهای الاستومتریکی و یا نوعی از تکیه گاه های لغزشی را در زیر سازه قرار می دهند و آنها را به پی متصل می سازد. این عناصر در طی زلزله باتغییر شکل خود جلوی حرکت زیاد سازه را می گیرند در مراحل پیشرفته تر جداسازی پایه ها را افزایش می دهند و به این وسیله دوره های تغییرات در یک سازه افزایش یافته و حتی از دوره زمانی زلزله های معمولی نیز فراتر میرود. انواع مختلفی از این منفصل کننده ها در بازار وجود دارد.

جدا سازی پایه نیازمند جدایی و یا قطع تماس فیزیکی بین پی و خاک محافظ پی میباشد. در اغلب موارد با قطع ستونهای عمودی برابر سازه فاصله ای در حدود ۱۸ اینچ در زیر ستون و پی ایجاد می کنند که این بالشتکهای جدا کننده یا تکیه گاهها در این فضا جاسازی می شوند.

عمل جدا سازی باید بین سیستم دیوارهای محیطی در تماس با پی نیز انجام میشود که این امر ممکن است باعث تغییرات در خود سازه شود. سازه ی جدا شده و قسمتهای رویی سازه می بایستی برای بدترین شرایط محیطی مجدداً به نحو مناسبی که از حالت خطی والاستک خارج نشوند بازسازی و ترمیم شوند. این امر به طور کلاسیک با افزودن تعدادی دیوار برشی بتونی و یا قابهای مسلح انجام می پذیرد.

۵- تکنیکهای روش سیال ضربه گیر

همانند روش جدا سازی پایه و اساس هدف این روش نیز کاهش تحرکات لرزه خیزی سازه به مقدار بیشتر می باشد و به سازه امکان داشتن حالت خطی والاستیک را طی رویداد زلزله خواهد داد . سیال لزج ضربه گیر و میرا کننده با افزوده میزان میرایی سازه از طریق تعداد ضربه گیر ها باعث پایین آوردن میزان تشدید در طیف پاسخ زلزله خواهد شد . افزودن دامپر سیال به سازه تغییری را در بازه زمانی پاسخ به همراه نخواهد داشت و عملکرد آن به این طریق است که میرایی سازه در شرایط بحرانی از 5% به چیزی بین 20 تا 30 درصد و بعضاً بیشتر افزایش میدهد شکل 4 از UBC (کد سازه) اثر میرایی را بر طیف پاسخ سازه نشان می دهد 30% میرایی باعث قطع کردن طیف پاسخ در میانه نسبی آن خواهد شد که میرایی 5% را نشان می دهد.

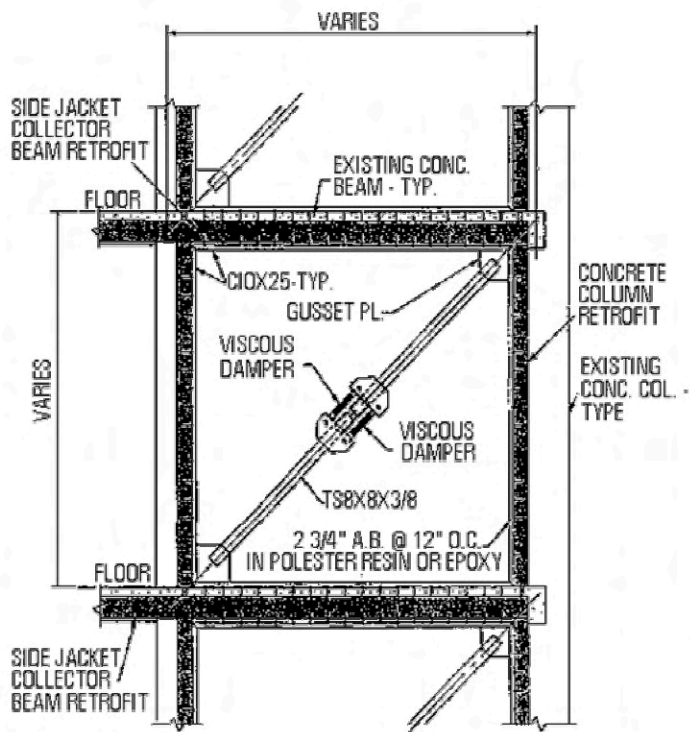


شکل ۴

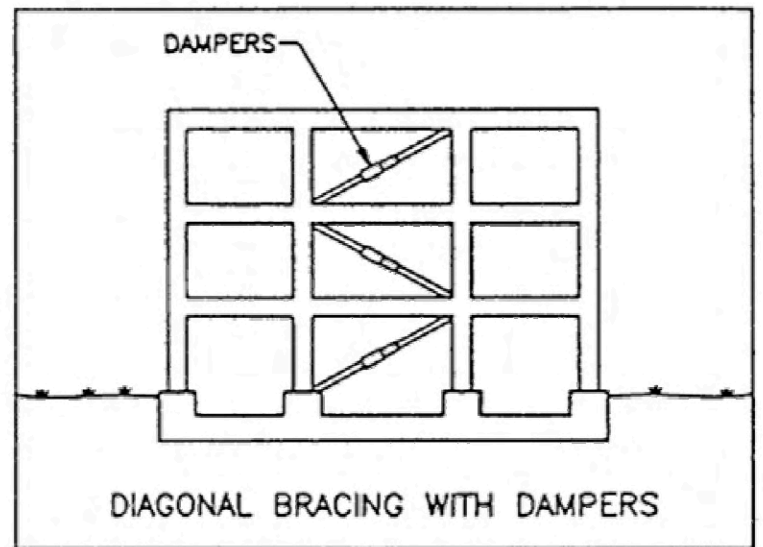
سیال ضربه گیر چسبنده قابلیت طراحی برای هم سازه های جدید هم سازه های ساخته شده را داراست . به خاطر کوچکی اندازه این قطعات به سازه اضافه می گردند بدون آنکه تغییری در شکل سازه بوجود بیاورند . این مسئله در بازسازی ابنیه تاریخی بسیار حائز اهمیت است افزودن این دمپرها به سازه اغلب تغییری در خود سازه بوجود نخواهد آورد دمپرها سیال لزج به طرق متعددی به عنوان اعضای قطری قابل نصب هستند و یا می توانند به بادبندهای زیر شیروانی بسته شوند . عکس های ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ این اتصالات را نشان می دهند.

شکل ۵ چگونگی اتصال یک عضو قطری متصل به تیر ستون از یک قاب خمشی را با تیرستون کناری توسط مفصل را به خوبی نشان می دهد . این اتصال توسط ضربه گیر با فناوری سیال لزج انجام می پذیرد نظیر اینگونه اتصالات هم در سازه های در حال ساخت و هم در سازه های ساخته شده کاربرد دارد . این عمل در 860ckton city hall انجام گرفته متعاقباً به آن نیز خواهیم پرداخت . شکل ۶ جزئیات این پیکر بندی ویژه منحصر به فرد را نشان می دهند . شکل ۷ یک نوع دیگر اتصال را بین اعضای قطری و دامپر با فناوری سیال لزج را نشان می دهد

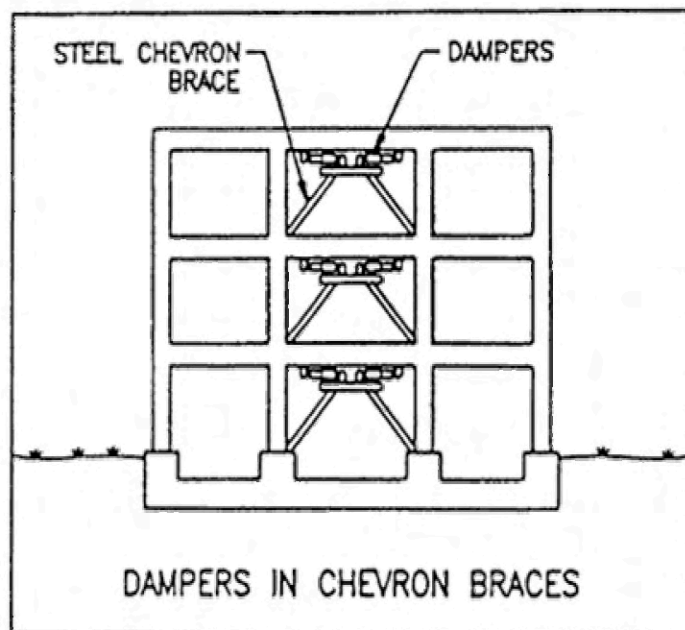
شکل ۸ نشان می دهد دامپر حاوی سیال لزج می تواند نوک یک بادبند زیر تیر را به تیر کناری اتصال دهد حرکت نسبی بین نوک و لبه با تیر باعث عملکرد دامپرها می گردد . در کل ۲ دامپر به هر قسمت فوقانی متصل می گردد یکی در فشار و دیگری در کشش کار می کنند . این پیکر بندی در ساختمان pacificbell 911 بکار گرفته شده است که بعداً درباره آن صحبت می کنیم.



شکل ۵

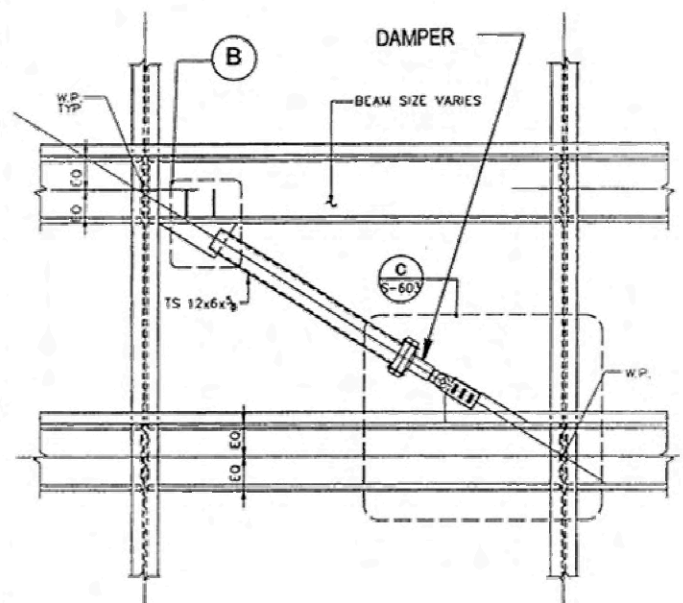


شکل ۶



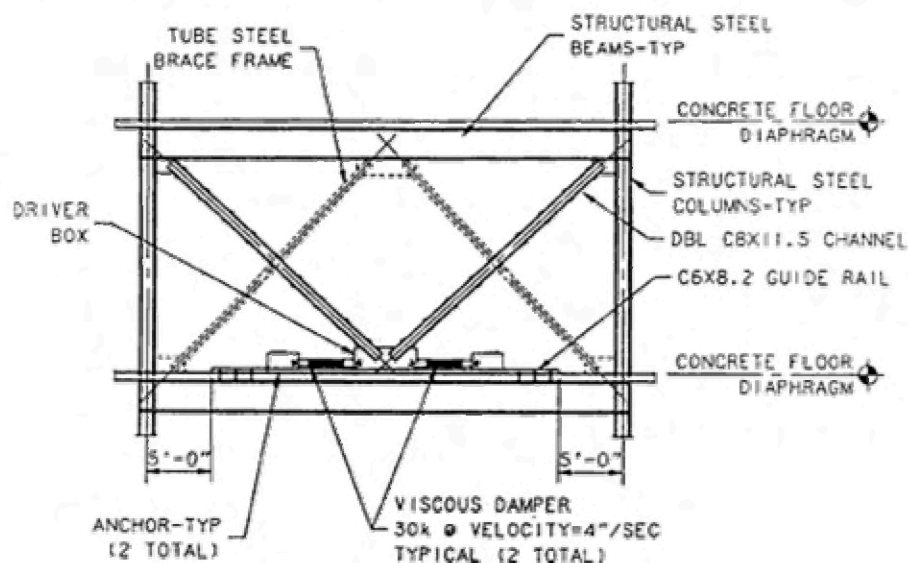
شکل ۷

شکل ۸



شکل ۹ جزئیات این پیکر بندی را نشان می دهد

امکان استفاده از بادبند تغییر شکل یافته زیر سری تیر وجود دارد که در آن در هر دو تیر بادبند از دامپر استفاده می گردد . در این موارد در دو سر هر دوی این شیرها برای انتقال از تکیه گاه غلتکی و یا دستکها استفاده می گردد این نوع اتصال را که برای اعضای قطری نیز قابل استفاده می باشد را در شکل ۷ مشاهده می کنید . در این صورت یک سر دامپر تکیه غلتکی و سر دیگر یک بال تیر که به طور محکمی که به عضو قطری چسبیده است.



شکل ۹

۶- تکنیکهای طراحی و آنالیز برای دمپرهای سیال با ویسکوزیت بالا

تکنیکهایی که برای جایگذاری دامپر در سیستم جانبی یک سازه آماده به کار می رود با یک فرض شروع می شود که نیروهای جانبی در سیستم مقاوم در هنگام وجود تحرکات زلزله مینای طراحی در حالات خطی و الاستیک باقی بماند (برای زلزله دوره ۷/۵ چهار ساله) این بدان معنی است که هیچ گونه تغییر شکل ماندگاری در اعضای سازه وجود ندارد و بنابراین هیچ گونه تعمیراتی بعد از زلزله لازم نخواهد بود .

آنالیزهای تاریخیچه زمانی سیستم جانب نیازمند طراحی سیستم ضربه گیر و مستهلک کننده می باشد . این آنالیزها میزان سرعت طبقات درونی را که در آن سرعتها ضربه گیر سیال

نیاز به عملکرد دارد را معین می کند در حال حاضر چندین برنامه کامپیوتری که به سهولت قابل دسترسی می باشند برای اجرای آنالیزهای تاریخیچه زمانی وجود دارد . مثلاً ETABS-6 توسط پروفیسور WILSON در دانشگاه Calbekeley و یا sad sap توسط سازه های آنالیز شده با کامپیوتر .

در صورت استفاده از آنالیز تاریخیچه زمانی می بایستی کمترین مقدار از سه شتاب تاریخیچه زمانی سازه مورد بحث را که توسط مطالعات ژئوتکنیکی مشخص شده باشد را در اختیار آنالیزگر (کامپیوتر) یا فرد قرار داد. برنامه شرکت Guidelines در سال ۱۹۹۳ توسط مهندسين زیر شاخه انرژی در بخش سازه دانشگاه کلیرنیای شمالی تهیه شده بود مهندس را مجبور می ساخت که بدترین مورد از بین این سه مورد را مورد استفاده قرار دهد (بدترین مورد یعنی بالاترین تنش و بالاترین تغییر شکل) زمانی که سرعت درونی طبقات مشخص می گردد مهندس می تواند اندازه دامپر را با استفاده از نیروی جانبی که بین ۳ الی ۵ درصد وزن سازه می باشد تخمین بزند و بعد از آن که مهندس مقادیر سرعت ماکزیمم و نیز مقدار دقیق نیرو را بدست آورد ، اندازه دقیق دامپر حاوی سیال لزج را برآورد کند . استفاده از سطح نیروی اولیه و مشخص کردن مقدار سرعت طبقات

توسط کامپیوتر انجام می گیرد و مهندس می تواند مقدار جدید جابه جایی طبقات داخلی را بفهمد این جابه جایی های طبقات داخلی مشخص کننده میزان ضربه یا جابه جایی مورد نیاز برای عملکرد این دامپر ها می باشد.

در این مرحله مهندس سازه میزان کلی نیرو، سطح سرعت و میزان ضربه وارده به هر سطح از دامپر ها را دارد. و این تمام مواردی است که سازنده برای تخمین ارزش محصول و عرضه دامپر نیاز دارد.

نمونه های تاریخی

این بخش به معرفی تعدادی مثال و موارد استفاده از دامپر های حاوی سیال می پردازیم که بعضی از آنها تازه ساز و بعضی هادر مرحله بازسازی و ترمیم قرار داشته اند. بعضی از این مثالها فقط جنبه مطالعاتی دارد، در حالی که بعضی از آنها نمونه های واقعی هستند که از این نوع دامپر ها در آن نصب شده است.

STOCKTON City hall

یک مطالعه برای بررسی راههای ممکن برای بازسازی STOCKTON City hall که مارابه استفاده از جداسازی پایه های استفاده از دامپر های سیال لزج و سایر تقویت های دیگر مرسوم توصیه می کند.

یکی از اهداف اصلی این مطالعه بر آورد هزینه هریک از این بازسازی ها بوده است که در طی آن مشخص گردید که بهره گیری از تقویت و استفاده از دامپر های سیال لزج تقریباً یک هزینه را در بر دارند در حالی که هزینه روش جداسازی پایه ها ۴۰٪ بیشتر است.

همچنین فهمیده شد که میزان بطول انجامیدن طرح در صورت استفاده از دامپر حاوی سیال لزج ضمن عدم عبور سازه از حد خطی والا ستیک به مراتب کمتر است. که این فناوری نیاز به تعمیرات را پس از زلزله بطور کامل از بین می برد.

STOCKTON City hall یک سازه سه طبقه با ابعاد 102ft*170ft است که از قابهای غیر منعطف بتنی و با آجر توپر در سال ۱۹۶۲ ساخته شده است.

محاسبات بیانگر نیاز به استفاده خطی از دامپر حاوی سیال لزج در جهت شمال به جنوب میباشد.

مقدار	مکان	سرعت	ظرفیت
8	1st to 2nd floor	3 ips	160,000 lb.
4	2nd to 3rd floor	3 ips	100,000 lb
4	3rd floor roof	3 ips	90,000 lb.

مجموع سطح نیروی مورد نیاز برای دمپر ها در جهت شرقی به غربی نیز مشابه است اندازه و تعداد ضربه گیر ها به خاطر همسان سازی خود با محدودیتهای معماری قابل تغییر است.

این اتصال ویژه از شکل بندی نشان داده شده در تصویر ۷ که شامل دامپر های قطری دو قسمتی می باشد ، ساخته شده است .

بیمارستان با قاب خمشی فولادی

یک بیمارستان ۵ طبقه با قابهای خمشی نیاز به بازسازی و ترمیم دارد تا با تکیه بر این تغییرات قابلیت مقاومت مفصلها در برابر حرکات زلزله افزایش می یابد . در این مورد ویژه جداسازی پایه ها به دلیل هزینه های بالای اجرا و کمبود امکانات راه

حل خوبی نبود امکان کوتاه کردن سازه و جاه دادن مهار ها در همه سطوح برای داشتن رفتاری الاستیک به سادگی و به طور اقتصادی میسر نبود .

در این مورد ویژه فهمیده شد که مقاوم سازی سنتی مرسوم هزینه ای حدوداً معادل ۶ تا ۸ میلیون دلار خواهد داشت که در قبال هزینه ۲ میلیون دلاری برای تجهیز سازه به دامپرهای حاوی سیال لزج رقم زیادی است . مضافاً اینکه سازه با این ضربه گیرها در مقابل زلزله نوسان زیادی در مقایسه با روش سنتی نخواهد داشت و کمترین ضرر را به ساکنین سازه و خود زیر ساخت سازه می زند . این نوع نتیجه گیری برای سایر سازه های قاب خمشی فولادی غیر منعطف نیز صادق است . در این پروژه مهندسان به این نکته رسیدند که استفاده از دامپرهای حاوی سیال لزج در دو سطح در هر پنج طبقه سازه تمام ضوابطی را که برای یک راه حل خوب و قابل اجرا به آن نیاز داریم را در اختیار ما قرار می دهد . این سازه پنج طبقه دارای ابعاد ۲۰۰ * ۲۰۰ است . و مالک این بیمارستان قصد اضافه کردن ۲ طبقه دیگر را نیز دارد . در صورت افزودن این طبقه و بنا بر روشهای متداول و مرسوم تمام ۴۸۰ اتصال قاب خمشی می بایستی در برابر زلزله (nort redge) مقاوم سازی می شدند . ولی راه حل جایگزینی آن یعنی استفاده از دامپر حاوی سیال لزج بسیار مفید تر بود . با اضافه کردن ۱۰۰ دامپر با ظرفیت 120000 Lb در ----- امکان پایین نگاه داشتن تنش بال در ۲۰- --- برای زلزله ۴۷۵ ساله و در ۲۵- --- برای زلزله ۹۷۵ ساله وجود دارد . وجود دارد . این سطح پایین تنش بدین معنی است که دیگر نیاز به مقاوم سازی ۴۸۰ اتصال نیرو وجود ندارد . در این نمونه ویژه ۵۰ دامپر در هر جهت نصب شد که در شکل ۹ نشان داده شده است .

ساختمان هتل :

یک هتل در Sacramento به ابعاد ۱۲۰ * ۸۰ مد نظر است . یک سازه ۷ طبقه که دارای قابهای حاوی بادبند های قطری می باشد و به خود قابهای بتن سازه اضافه شده است بازسازی این سازه مد نظر است گر چه با تاخیر . در این بازسازی پیشنهادی ، دامپرهای دور بادبندهای زیر تیر ها در سه طبقه اول نصب شدند . نتیجه آنکه هزینه بازسازی با روش دامپر ها ۶۰ درصد سایر روشهای متداول است و نتیجه بعدی آنکه عملکرد سازه در زلزله های بزرگتر هم بهبود یافته است . ساختمان ۱۷ طبقه MID-RISE (نیمه کاره) با قابهای فولادی خمشی : ابعاد سازه 320 ft * 120 ft است . در سیستم قابهای خمشی سازه ما شاهد تیرهای قوی و ستونهای ضعیف هستیم . ۸۵۲ اتصال نیرو ستون نیاز به مقاوم سازی دارند و این روش مقاوم سازی دقیقاً پنج میلیون دلار هزینه در بر دارد در صورتیکه استفاده از دامپرهای حاوی سیال میرا کننده بصورت خطی و در طبقات ۱۴، ۱۲، ۱۰، ۸، ۶، ۴ و ۱۶ هزینه تغییرات را به نصف کاهش میدهد .

PASIFIC BELL 911 FACILITY

اضافه کردن دامپرهای حاوی سیال میرا کننده به pasific bell 911 facility در شهر Sacramento نمونه بی نظیری است زیرا اضافه کردن دامپرهای طراحی شده بعد از آنکه بهای باربر سازه به کل سازه متصل شده بودند صورت گرفت . صاحبان این سازه برای مقابله با زلزله های بزرگ و خطی نگه داشتن تغییر شکلها در ناحیه الاستیک تصمیم به استفاده از دامپرهایی گرفتند که با بادبند های زیر تیر اصلی همراهی می شدند . افزودن دامپر ها به ساکنان این اجازه را میداد که در طی شرایط اضطراری یک زلزله همچنان در امنیت کامل به فعالیتهای خود ادامه دهند .

۷- نتیجه گیری :

دامپرهای حاوی سیال میرا کننده انرژی قابلیت مقاوم ساز ی ساختمان و عملکرد آنرا در طی زلزله های بزرگ دارا هستند ضمن آنکه توأمأ در سازه های نوساز و یا ساخته شده قابل استفاده می باشند . این دامپر ها جایگزین مناسبی برای روش جداسازی از پایه ها می باشند زیرا هم هزینه کمتری دارد و هم نصب و اجرای آن راحت تر است .

۸- منابع :

Lee, D., Hussain, S., and Retamal, E., *Viscous Damping for Base Isolated Structures*, 1995 ASME/ICPVT Pressure Vessels and Piping Conference, July 1995.

Aiken, I.D. and Whittaker, A.S., *Development and Application of Passive Energy Dissipation Techniques in the U.S.A.*, International Post-SMIRT Conference Seminar, Capri (Napoli), August 1993.

Habibulah, A., ETABS, *Three Dimensional Analysis of Building Systems*, Computer and Structures Inc., Berkeley, CA , July 1992.

Constantinou, M.C., Symans, M.D., Tsopelas, P., and Taylor, D.P., *Fluid Viscous Dampers in Applications of Seismic Energy Dissipation and Seismic Isolation*, ATC 17-1, Applied Technology Council, San Francisco, March 1993.

Wilson, E.L., *An Efficient Computational Method for Base Isolation and Energy Dissipation Analysis of Structural Systems*, ATC-17-1, Applied Technology Council, San Francisco, March 1993.

Whittaker, A. (Chair), Bergman, D., Clark, P., Cohen, S., Kelley, J. and Scholl, R., *1993 Code Requirements for Design and Implementation of Passive Energy Dissipation Systems*, The Energy Dissipation Working Group of the Base Isolation Subcommittee of the Structural Engineers Association of Northern California, ATC-17-1, San Francisco, March 1993.