



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

دمپره‌های مغناطیس رئولوژیکی - یک الگوی جدید در تکنیک های جداسازی پایه

در مهندسی زلزله

چکیده

در طول سه دهه گذشته، میزان زیادی از علاقه در مورد استفاده از سیستم های حفاظتی ساختاری برای کاهش اثرات خطرات زیست محیطی پویا، مانند زلزله و باد قوی، بر روی سازه های مهندسی عمران تولید شده است. این سیستم ها معمولاً از دستگاه های میرایی مکمل برای افزایش قابلیت اتلاف انرژی ساختار محافظت شده استفاده می کنند. یکی از امیدوار کننده ترین دستگاه های جدید پیشنهادی برای حفاظت ساختار، دمپره‌های سیال مغناطیس رئولوژیکی (MR) به دلیل سادگی مکانیکی آنها، محدوده دینامیکی بالا، نیاز فشار کم، ظرفیت نیروی بزرگ و نیرومندی است. نشان داده شده است که این کلاس از دستگاه ها به خوبی در درون الزامات و محدودیت های نرم افزاری برای ارائه یک ابزار جذاب حفاظت از سیستم های زیرساخت مدنی در برابر بارگذاری پویا مش بندی می شوند.

تمرکز این مقاله بر روی توسعه یک درک اساسی از دمپره‌های MR مقیاس بزرگ به منظور طراحی و پیاده سازی این دستگاه های میرایی "هوشمند" در سازه ها در مقیاس بزرگ برای کاهش خطرات طبیعی است.

واژه های کلیدی: دمپره‌های MR، سیالات MR، دستگاه جداسازی پایه، دمپره‌های ER.

مقدمه

یکی از موفق ترین ابزارهای حفاظت از سازه ها در برابر حوادث لرزه ای "ایزولاسیون پایه" است. ایزولاسیون زلزله ها می شود [Carlson J.D (1994)]. در سیستم های ایزولاسیون پایه، ادوات غیرخطی مانند یاتاقان های سرب-لاستیک، یاتاقان های پاندول اصطکاک یا یاتاقان های لاستیکی میراکننده بالا اغلب استفاده می شوند. مزیت این انواع یاتاقان ها اینست که بازیابی نیرو و ظرفیت میرایی مناسب را می توان در یک وسیله به دست آورد. هرچند، چون

مشخصات دینامیکی این ادوات به شدت غیرخطی هستند، کاهش ارتعاش برای یک گستره وسیع از شدت های حرکت ورودی زمین بهینه نیست.

چون عملکرد تجهیزات با حساسیت بالا در بیمارستان، مراکز ارتباطی و تسهیلات کامپیوتری به اسانی توسط سطوح شتاب متوسط مغشوش می شود و حتی به طور دائمی از تحریکات بالاتر آسیب می بیند [Spencer Jr., et.al., 1997], تلاش هایی برای استفاده از ایزولاسیون برای حفاظت از محتویات ساختمان ها تعلیم داده شده است. مثلاً: سیستم های ایزولاسیون پایه در یک تسهیلات نیمه هادی در ژاپن به منظور کاهش ارتعاشات ریز از یک ریل قطار سرعت بالا در نزدیک ها به کار گرفته شده است [Kyle C, et.al., 2001].

بازنگری های اخیر در مورد کد ساختمان متحد (ICBO -1997), در نظر گرفتن جابجایی های بزرگ پایه و ملاحظه یک زلزله معتبر ماکزیمم (MCE, Maximum Credible Earthquake) قوی تر را اجبار نموده است که به طور مستقیم نیاز به ادوات میراکننده مکمل را نشان می دهد. هرچند، اضافه نمودن میرایی برای مینیمم نمودن جابجایی های پایه می تواند هر دوی شتاب های مطلق و تغییر شکل بهره هایی که برای آن ایزولاسیون پایه در نظر گرفته شده است را افزایش دهد (yke SJ, et.al., 1996a & Dyke SJ, et.al., 1996c). به طور کلی، حفاظت از محتویات یک سازه، از طریق مینیمم سازی شتاب ساختاری به دست می آید.

جستجوی توسعه سیستم های ایزولاسیون که می توانند برای گستره وسیعی از تحریک زمین، راهبردهای کنترل هیبرید، شامل یک سیستم ایزولاسیون منفعل در ترکیب با محرک های کنترل شده فعال موثر باشند، توسط تعدادی از محققان بررسی شده است. مزیت های سیستم های ایزولاسیون پایه هیبرید، عملکرد بالا در کاهش ارتعاش، قابلیت سازگاری با شرایط مختلف بارگذاری، کنترل چندین حالت ارتعاش سازه و غیره هستند.

به عنوان یک الگو، تغییر در میان سیستم های ایزولاسیون پایه، استفاده از ادوات کنترل نیمه فعال است که اغلب دمپرهای هوشمند نامیده می شوند، شامل Magneto Rheological (MR) Fluids (MR Dampers) and Electro Rheological (ER) Fluids (ER Dampers) می شوند.

ادوات و سیال های MR

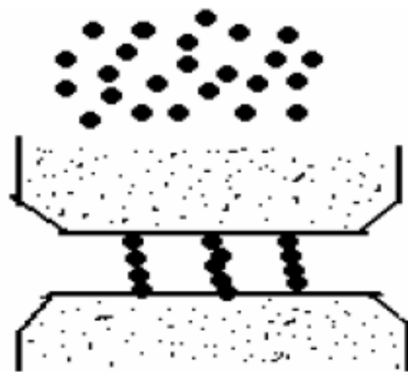
سیال های رئولوژیکی مغناطیسی (یا به سادگی سیال های MR) متعلق به کلاس سیال های قابل کنترل هستند. مشخصه ضروری سیال های MR، قابلیت آنها برای تغییر معکوس از جریان آزاد، مایعات چسبنده خطی به نیمه جامدات دارای استحکام تسلیمی قابل کنترل در عرض چند میلی ثانیه است زمانی که در معرض یک میدان مغناطیسی قرار می گیرند.

این ویژگی، واسطه های پاسخ ساده، آرام و سریع را بین کنترل های الکترونیکی و سیستم های مکانیکی فراهم می کند. دمپره های سیال MR نسبتاً نیمه فعال جدید هستند که از ادوات سیالات MR برای فراهم نمودن نیروهای میرایی قابل کنترل استفاده می کنند.

در این مقاله، پس از معرفی مشخصات اساسی سیالات MR، مدل های ویسکو-پلاستیسیته توصیف می شوند و مدل های وابسته به میدان MR در کنار مشخصات مهندسی عمران و اثرات ضخیم شدن/نازک شدن برشی معرفی می شوند. مزایای سیالات و ادوات MR در کاربردها مورد بحث قرار می گیرند و مقایسه هایی از دمپره های سیال MR برای کاربردهای مهندسی عمران معرفی می شوند.

سیالات رئولوژیکی مغناطیسی (MR)

کشف و توسعه اولیه سیالات MR را می توان به Jacob Rabinow (1948,1951) در US National Bureau of Standards در اواخر دهه ۱۹۴۰ نسبت داد. این سیالات، ذرات معلق با اندازه میکرون و قابل مغناطیسی شده در یک مایع حامل مناسب هستند. به طور نرمال، سیالات MR، مایعات در حال جریان آزاد دارای یک سازگاری مشابه با سازگاری روغن موتور هستند. هرچند، در حضور یک میدان مغناطیسی کاربردی، ذرات آهن، یک ممان دوقطبی همراستا با میدان خارجی به دست می آورند که موجب می شود تا ذرات به شکل زنجیره های خطی موازی با میدان درآیند که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. سیالات MR

این پدیده می تواند ذرات آهن معلق را جامد نماید و حرکت سیال را محدود نماید. در نتیجه، استحکام تسلیمی درون سیال توسعه می یابد. درجه تغییر به دامنه میدان مغناطیسی کاربرد مرتبط می شود و می تواند تنها در عرض چند میلی ثانیه رخ دهد.

یک سیال MR معمولی شامل ۲۰-۴۰٪ حجم نسبتاً خالص، ذرات آهن نرم، به عنوان مثال، آهن کربونیل می شود؛ این ذرات در روغن های معدنی، روغن، آب یا گلیکول به حالت تعلیق در می آیند. انواع مواد افزودنی اختصاصی شبیه به مواد در گریس تجاری معمولاً برای سست نمودن محیط گرانشی و ارتقای تعلیق ذرات، افزایش روان بودن، اصلاح ویسکوزیته، و مهار سایش اضافه می شوند. استحکام نهایی سیال MR وابسته به مربع مغناطیسی شدن اشباع ذرات معلق است. کلید یک سیال MR قوی، انتخاب یک ذره با یک مغناطیسی شدن اشباع بزرگ است [Carlson (1994)]. بهترین ذرات موجود، آلیاژهای آهن و کبالت هستند که مغناطش اشباع آنها در حدود ۲,۴ تسلا است. متأسفانه، این آلیاژها برای کاربردهای عملی گران هستند. بهترین ذرات به سادگی آهن خالص با یک مغناطش اشباع ۲,۱۵ tesla هستند. تقریباً تمام فلزات دیگر، آلیاژ و اکسیدها دارای یک مغناطش اشباع به طور قابل توجهی پایین تر از آهن هستند و در نتیجه به طور قابل ملاحظه ای ضعیف تر از سیالات MR هستند.

معمولاً قطر ذرات قابل مغناطیسی شده، ۳ تا ۵ میکرون است. سیالات وظیفه ای MR می توانند با ذرات بزرگتر ساخته شوند؛ هرچند، تعلیق ذرات به طور فزاینده با افزایش اندازه، مشکل تر می شود [Carlson (1994)]. ذرات کوچکتر که تعلیق آنها آسانتر است می توانند استفاده شوند، اما ساخت چنین ذراتی مشکل است. کمیت های

تجاری آهن کربونیل نسبتاً ارزان به طور کلی به اندازه های بزرگتر از ۱ یا ۲ میکرون محدود می شود. ذرات فرومغناطیس با اندازه کوچکتر به طور کلی به صورت اکسیدها در دسترس هستند، مانند رنگدانه هایی که به طور رایج در محیط های ثبت مغناطیسی یافت می شود. سیالات MR ساخته شده از چنین ذرات رنگدانه ای نسبتاً پایدار هستند زیرا این ذرات به طور کلی تنها ۳۰ نانومتر قطر دارند. هرچند، به دلیل مغناطیسی شدن اشباع پایین تر خود، سیالات ساخته شده از این ذرات به طور کلی از نظر استحکام به حدود ۵ کیلوپاسکال محدود می شوند و دارای ویسکوزیته پلاستیک ناشی از مساحت سطح ذره بزرگتر هستند.

سه نوع سیالات MR تولید شده توسط شرکت LORD به طور تجاری در دسترس هستند. جدول ۱، ویژگی های اصلی این سه نوع سیال MR را نشان می دهد: MRF-132LD (مبتنی بر روغن)، MRF-240BS (مبتنی بر آب)، و MRF-336AG (مبتنی بر روغن سیلیکون). سیالات MR یک اثر نازک شدن برشی چشمگیر را به دلیل اضافه نمودن عوامل تعلیق و تغییرات در ریزساختار ذره مغناطیسی را از خود به نمایش می گذارند در طی زمانی که سیالات MR برشی دارای ویژگی مغناطیسی تقریباً خطی هستند، در زمانی که میدان مغناطیسی کاربردی کوچک است. زمانی که میدان مغناطیسی افزایش می یابد، یک اشباع مغناطیسی تدریجی مشاهده می شود؛ در نتیجه، تنش تسلیمی سیال MR به دلیل رابطه مستقیم آن با میدان مغناطیسی اشباع می شود.

مدل های مایع MR

مدل ویسکو-پلاستیسیته ساده Bingham، در توصیف ویژگی های اساسی سیال وابسته به میدان موثر است. در این مدل، کل تنش برشی T برابر است با

$$T = T_0 + (H) \sin y = n y \quad (1)$$

جایی که

T_0 = تنش ناشی از میدان اعمال شده؛

H = بزرگی میدان مغناطیسی اعمال شده؛

γ = نرخ کرنش برشی

n - میدان - ویسکوزیته پلاستیک مستقل

توجه داشته باشید که فرض می شود ویسکوزیته مایع پس از تسلیم در مدل Bingham ثابت باشد. زیرا سیالات MR, اثر نازک شدن برشی را به نمایش می گذارند. در این مدل، ویسکوزیته پلاستیک ثابت پس از تسلیم در مدل Bingham با یک مدل قانون توان وابسته به نرخ کرنش برشی جایگزین شده است.

$$T = T_0 (H) + k (y)^{1/m} \text{Sin}(y) \quad (2)$$

که در آن

$$k > 0, m, H, k = \text{پارامترهای سیال}$$

با مقایسه معادلات بالا، ویسکوزیته پلاستیکی معادل مدل Herschel - Bulkley برابرست با

$$\bar{n} = k (\bar{\gamma})^{1/m-1}$$

توجه داشته باشید که ویسکوزیته پلاستیکی معادل به افزایش نرخ کرنش برشی افزایش می یابد، زمانی که $m > 1$ (نازک شدن برشی). علاوه بر این، این مدل را می توان برای توصیف اثر ضخیم شدن برشی سیال استفاده نمود زمانی که

$$m < 1 \text{ [S. Sureshbabu, 2003]}$$

مزایای استفاده از سیالات MR و ادوات در کاربردهای عملی:

اساساً دو نوع سیال قابل کنترل وجود دارند- سیالات MR و سیالات ER. مزیت اولیه سیالات MR از استحکام تسلیمی دینامیک بالای آنها نشات می گیرد که به دلیل چگالی انرژی مغناطیسی بالایی است که می تواند در سیال ایجاد شود. چگالی انرژی در سیال MR توسط اشباع مغناطیسی ذرات آهن محدود می شود. برای یک سیال MR مبتنی بر آهن نوعی، ماکزیمم چگالی انرژی، 0.1 Joule/cm^3 است. سیالات ER, از سوی دیگر توسط شکست دی الکتریکی محدود می شوند و چگالی انرژی ماکزیمم تنها در حدود 0.001 Joule/cm^3 است. این دلیل اصلی است که استحکام تسلیمی سیالات MR یک مرتبه دامنه بزرگتر از سیالات ER است: هرچند، ویسکوزیته آنها تقریباً یکسان است. یک تنش تسلیمی نزدیک به 100 کیلوپاسکال را می توان برای سیالات MR با تعلیقات مغناطیسی

حاوی قدرت آهن کربوکسیل به دست آورد [Dyke S J et al., 1996], در حالیکه ۲-۵ کیلوپاسکال، ماکزیمم تنش تسلیمی برای یک سیال ER به نظر می رسد. یک تنش تسلیمی دینامیک بالا، اندازه کوچکتر وسیله و گستره دینامیک بالا را موجب می شود. Spencer و Carlson نشان دادند که مینیمم مقدار سیال فعال در یک وسیله سیال قابل کنترل متناسب با ویسکوزیته پلاستیکی و به طور معکوس متناسب با مربع حداکثر تنش تسلیمی است. برای عملکرد مکانیکی قابل مقایسه، میزان سیال فعال مورد نیاز در دستگاه های MR، دومرتبه از دامنه کمتر از مقدار نیاز در دستگاه های ER، و در نتیجه دستگاه های بسیار کوچکتر خواهد بود [Housner G W و همکاران، ۱۹۹۴].

سیالات MR می توانند در درجه حرارت ها از ۴۰- تا ۱۵۰ درجه با تغییراتی اندک در تنش تسلیمی به کار گرفته شوند. این ناشی از این واقعیت است که قطبش مغناطیسی به شدت تحت تاثیر دما قرار نمی گیرد. علاوه بر این، سیالات MR حساس به ناخالصی های معمول در طی ساخت و استفاده نیستند. علاوه بر این، به دلیل اینکه سورفاکتانت ها و مواد افزودنی بر این مکانیسم قطبیت ذرات مغناطیسی تاثیر نمی گذارند، ثبات سیالات MR در برابر جداسازی ذرات / حامل آسان تر است، حتی اگر ذرات و مایع حامل دارای یک عدم تطابق چگالی بزرگ باشد. مواد افزودنی ضد سایش و چربی به طور کلی می توانند در سیالات MR به منظور افزایش ثبات، عمر مهر و موم و تحمل عمر گنجانده شوند، زیرا ویژگی های الکتروشیمیایی بر سازوکار قطبیت- مغناطیس تاثیر نمی گذارند.

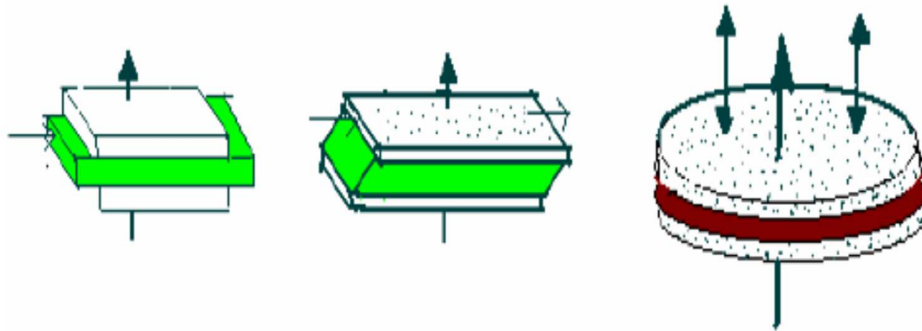
از دیدگاه پیاده سازی عملی، اگر چه انرژی مورد نیاز کلی برای دستگاه های ER و MR تقریباً برابر هستند، تنها دستگاه های MR را به راحتی می توان با ولتاژ پایین، منبع تغذیه جریان-محور با خروجی تنها ~ ۱،۲ آمپر هدایت نمود. دستگاه های ER، از سوی دیگر، به یک منبع توان با ولتاژ بالا (~ ۲۰۰۰-۵۰۰۰ ولت) نیاز دارند که نمی توانند به راحتی در دسترس باشند، به خصوص در خطر زلزله قوی. علاوه بر این، این ولتاژ بالا، یک خطر ایمنی را در برخواهد داشت. جدول ۲ خلاصه ای از خواص مهم هر سیالات ER و MR [J R Spencer و همکاران، ۱۹۹۷] را ارائه نموده است.

دستگاه های MR و دمپره های سیال MR

حداکثر نیرویی که دمپر MR می تواند ارائه دهد به خواص سیالات MR، الگوی جریان آن، و به اندازه دمپر بستگی دارد. در واقع تمام دستگاه هایی که از سیالات MR استفاده می کنند، می توانند از نظر عملیات به صورت زیر طبقه بندی شوند: (الف) یک حالت دريچه، (ب) یک حالت مستقیم، (ج) یک حالت فشار، و یا ترکیبی از این حالات. نمودارهای این حالات پایه عملیات در شکل ۲ نشان داده شده است. نمونه هایی از دستگاه های حالت دريچه شامل دريچه ها-سروو، دمپرها، کمک فنرها و محرک ها می شوند. دستگاه های حالت برشی شامل کلاچ ها، ترمز، ادوات تراشکاری و آثا قفل کردن دستگاه، دمپرها و کامپوزیت های ساختاری می شوند. در حالی که حالت فشرده کمتر از حالت های دیگر شناخته شده است، در برخی دمپره های لرزش دامنه-کوچک [J R Spencer و همکاران، ۱۹۹۷] استفاده می شود.

تا به امروز، چندین دستگاه سیال MR برای استفاده تجاری توسط شرکت LORD توسعه یافته اند. دمپره های سیال خطی MR برای استفاده به عنوان عناصر سیستم تعلیق ثانویه در وسایل نقلیه طراحی شده اند. ترمزهای دوار سیال MR، ترمز های تناسبی عامل-یکنواخت هستند که فشرده تر هستند و به توان قابل ملاحظه ای کمتر از سیستم های رقیب نیاز دارند. دمپره های ارتعاش سیال MR برای کنترل زمان-واقعی و فعال میرایی در برنامه های کاربردی متعدد صنعتی استفاده شده اند.

در برنامه های کاربردی مهندسی عمران، نیروها و جابجایی میرایی مورد انتظار از نظر دامنه نسبتاً بزرگ هستند. بنابراین، دمپره های MR در درجه اول تحت حالت برش مستقیم و یا حالت فشار به کار گرفته می شوند. برخی از نمونه های دمپر MR به تازگی توسعه یافته ارائه شده اند. این دمپرها قادر به برآورده سازی الزامات دنیای واقعی هستند و در حال حاضر هم در تولید تجاری یا مسیرهای تولید نمونه اولیه قرار دارند.



شکل ۲. حالات عملیاتی پایه برای ادوات سیال قابل کنترل .. (الف) مدل درپچه (ب). مدل برش مستقیم (ج). مدل فشار

نتیجه گیری

سیالات مغناطیس رئولوژیکی (MR)، مواد "هوشمند" با خواص رئولوژیکی هستند که می توانند به طور قابل توجهی، اما به صورت برگشت پذیر، در عرض چند میلی ثانیه تغییر نمایند هنگامی که در معرض یک میدان مغناطیسی قرار می گیرند. نشان داده شده است که مدل ویسکو-پلاستیسیته Bulkley- Herschel در توصیف ویژگی های وابسته به میدان سیال MR و اثرات نازک شدن / ضخیم شدن برشی موثر است. توجه داشته باشید که زمانی که پارامتر سیال $m=1$ ، مدل Bulkley- Herschel به مدل شناخته شده بینگهام کاهش می یابد. در مقایسه با سیالات الکترورئولوژیکی، سیالات MR، یک تنش تسلیم بالاتر دارند و غیر حساس به ناخالصی و درجه حرارت می باشند. علاوه بر این، دستگاه های MR به راحتی توسط برق ولتاژ پایین مشترک هدایت می شوند. این مزایا موجب شده است که سیالات MR در کاربردهای عملی جذاب تر شوند.

تا به امروز، انواع مختلفی از دمپره های سیال MR برای استفاده تجاری توسعه یافته اند یا در مراحل مختلف توسعه هستند. مطالعات آزمایشگاهی قبلا گزارش شده با استفاده از دمپره های مقیاس کوچک MR تجاری، وعده استفاده از فن آوری MR برای کاهش لرزش را نشان داده اند. با این حال، هنوز چالش های بسیاری قبل از اینکه دمپره های MR بتوانند در برنامه های کاربردی کنترل ارتعاش سازه مقیاس بزرگ پیاده سازی شوند وجود دارند که باید رفع

شوند. در فصل های بعدی، مباحث مربوط به مدل سازی دمپر MR در مقیاس بزرگ، تست و کنترل با هدف ارائه بینش اساسی به رفتار دمپرهای سیال MR بررسی شده اند.

جدول ۱. ویژگی های سه سیال MR مختلف

سیال MR	MRF –	MRF-	MRF-
	132LD	240BS	336AG
پایه سیال	روغن مصنوعی	آب	روغن سیلیکون
دمای عملیاتی (°C)	-40--150	0-70	-40 –150
چگالی (g/cc)	3.05	3.818	3.446
درصد وزن جامدات	80.74%	83.54%	82.02%
ضریب بسط حرارتی (حجم، 1/C)	0.55- 0.67*10 ⁻³	0.223*10 ⁻³	0.58*10 ⁻³
ویژه heat@25 c(j/g.c)	0.80	0.98	0.68
رسانایی (هدایت) حرارتی (w/m.c)	0.25-1.06	0.83-3.68	0.20-1.88
نقطه اشتعال (c)	>150	>93	>200
viscosity@10s⁻¹ /50s ⁻¹ (pa. sec)	0.94/0.33	13.6/5.0	8.5/-

جدول ۲. خلاصه ویژگی های سیال های ER & MR

ویژگی	سیال های MR	سیال های ER
ماکزیمم تنش بازده	50-100kPa	2-5Kpa
میدان ماکزیمم ویسکوزیته پلاستیکی مشخص	~250 kA/m	~4 KV/mm
گستره دمای قابل بهره برداری	0.1-10Pa-s	0.1-1.0Pa-s
پایداری	-40-50 c	10-90 c
نامتأثر از بیشتر ناخالصی ها	نامی تواند ناخالصی ها را تحمل کند	
چگالی	3-4g/cm ³	1-2g/cm ³
ماکزیمم چگالی انرژی	10 -10 s/Pa	10 -10 s/Pa
تامین توان (نوعی)	0.1 joules/cm ³	0.001 joules/cm ³
	2-50v,1-2A	2000-5000V,1-10mA

REFERENCES

- Carlson, J.D., (1994), "The Promise of controllable Fluids", Proc. Of Actuator 94 (H. Borgmann and K. Lenz, Eds), AXON Technologie Consult GmbH, pp. 266–270.
- Dyke, S.J., Spencer, Jr., B.F. (1996), "Seismic Response Control using Multiple MR Dampers". Proc. of the 2nd International Workshop on Struc. Control, Hong Kong, December.
- Dyke, S.J., Spencer, Jr., B.F., Quast, P., Sain, M.K. Kaspari Jr., D.C. and Soong, T.T. (1996 a). Acceleration Feedback Control of MDOF structures." *J. of Engineering Mech.*, ASCE, Vol. 122, No. 9, pp. 907-918.
- Dyke, S.J., Spencer, Jr., B.F., Sain, M.K. and Carlson, J.D., (1996 c). "Experimental verification of Semi-Active Structural Control Strategies using Acceleration Feedback", Proc. of the 3rd International Conf. on Motion and Vibr. Control, Cibra, Japan, September, 1996, Vol. 3, pp.291-296.
- Dyke, S.J., Spencer, Jr., B.F., Sain, M.K. and Carlson, J.D., (1998). "An Experimental study of MR Dampers for Seismic Protection", *Smart Materials and Structures: Special Issue on Large Civil Structures* (in press).
- Housner, G.W., Masri, S.F., and Chassiakos, A.G., Eds. (1994). Proc. of the First World Conf. on Struc. Control, International Association for Structural Control, Los Angeles.
- Kyle C. Schurter and Paul N. Roschke (2001) "Neuro-Fuzzy Control of Structures using Magnetorheological Dampers" Proc. of the Americal Control Conference, Arlington, VA June 25-27, 2001.
- Spencer Jr., B.F., Carlson., J.D., Sain, M.K., and Yang, G. (1997b). "On the Current Status of Magnetorheological Dampers: Seismic Protection of Full – Scale Structures", Proc. of the Amer. Control Conf., pp. 458-62.
- Spencer Jr., B.F. and Sain, M.K., (1997). "Controlling Buildings: Anew Frontier in Feedback", *IEEE Control Systems Magazine : Special Issue on Emerging Technologies* (Traiq Samad Guest Ed.), Vol. 17, No. 6, pp.19-35.
- Sureshbabu .S (2003) "MR-Dampers – Few design concepts" Proc. of the International Conference on "Recent Trends in Structures", Coimbatore, September 2003.

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی