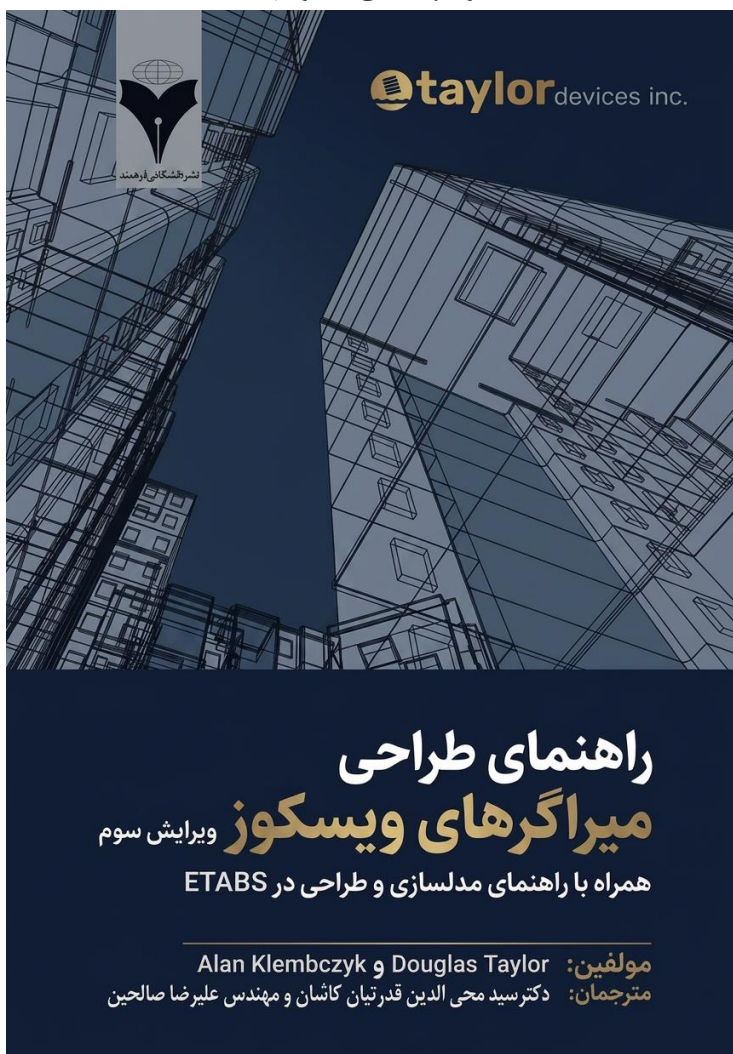


راهنمای طراحی میراگرهای ویسکوز همراه با راهنمای مدلسازی و طراحی در ETABS

ویرایش سوم



مؤلفان: Alan Klembczyk و Douglas Taylor

مترجمان: دکتر سید محی الدین قدرتیان کاشان و مهندس علیرضا صالحین



نشر دانشگاهی تهران

نام کتاب: راهنمای طراحی میراگرهای ویسکوز (ویرایش سوم)

همراه با راهنمای مدلسازی و طراحی در ETABS

مؤلف: Alan Klembczyk و Douglas Taylor

مترجمان: دکتر سید محی الدین قدرتیان کاشان و مهندس علیرضا صالحین

صفحه آرا و ویراستار: علیرضا فرهنگزادگان

سال چاپ: ۱۴۰۵

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰

بها: ۱۷۰۰۰۰۰ تومان (رنگی)، ۱۲۰۰۰۰۰ (سیاه سفید)

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۴۹۸۰-۸۸-۵

حق چاپ برای نشر دانشگاهی تهران محفوظ می‌باشد

نشانی مرکز پخش: تهران، خیابان انقلاب، روبروی در اصلی دانشگاه، پاساژ فروزنده، طبقه اول

واحد ۴۱۹، تلفن: ۶۶۴۱۰۶۸۸ - ۶۶۹۶۸۶۱۴ - ۰۹۱۲۵۰۱۰۰۳۰

فهرست مطالب

مقدمه مترجمان

پیش‌گفتار

فصل ۱ - مقدمه	۱۰
فصل ۲ - تجهیزات میرایی سیال - یک قرن تاریخچه	۱۲
فصل ۳ - شرح طراحی میراگرها	۱۸
فصل ۴ - مشخصات خروجی میراگر و مزایای منحصربه‌فرد	۲۰
فصل ۵ - آثار کلی افزودن میراگرهای سیال به یک سازه	۲۴
فصل ۶ - چیدمان‌های نصب میراگر	۳۰
فصل ۷ - طراحی و تحلیل سازه‌های ساختمانی با میراگرهای ویسکوز سیال	۳۴
فصل ۸ - عملکرد میراگر سیال در مقایسه با سایر فناوری‌ها	۱۲۲
فصل ۹ - ادغام میراگرها در ساختمان‌ها	۱۳۲
فصل ۱۰ - تصاویر	۱۴۰
فصل ۱۱ - سخت‌افزار نصب	۱۶۷
فصل ۱۲ - اندازه‌ها و ابعاد موجود	۱۸۷
فصل ۱۳ - مستندات شرکت تیلور دیوایسز	۱۹۰
فصل ۱۴ - نمونه دفترچه راهنمای فنی	۲۱۶
پیوست - مطالعات موردی	۲۳۰

مقدمه مترجمان

طراحی لرزه‌ای سازه‌ها در دهه‌های اخیر شاهد دگرذیسی بنیادین از رویکردهای سنتی مبتنی بر مقاومت و شکل‌پذیری، به سمت روش‌های نوین کنترل پاسخ و طراحی مبتنی بر عملکرد بوده است. در رویکرد سنتی، استهلاک انرژی ورودی زلزله عمدتاً با پذیرش آسیب در اعضای باربر سازه‌ای و تشکیل مفاصل پلاستیک محقق می‌گردد که پیامد اجتناب‌ناپذیر آن، تمرکز تغییرشکل‌های غیرخطی، ایجاد تغییرمکان‌های ماندگار و تحمیل هزینه‌های گزاف ترمیم پس از رویدادهای لرزه‌ای است. در این راستا، به‌کارگیری سیستم‌های کنترل غیرفعال، به‌ویژه میراگرهای ویسکوز سیال (FVD)، به عنوان یکی از کارآمدترین راهکارهای مهندسی جهت کاهش همزمان تقاضای تغییرمکان نسبی ($Drift$) و شتاب سازه شناخته می‌شود. عملکرد این تجهیزات به گونه‌ای است که با جذب و تبدیل انرژی مکانیکی به حرارت، به سازه اجازه می‌دهند پس از یک رخداد لرزه‌ای شدید به وضعیت اولیه خود بازگردند و نیاز به تخریب سازه یا تعویض اجزای باربر را به حداقل می‌رسانند.

اثر پیش روی شما پیشتر در سالهای قبل تحت همین عنوان و با ویرایش قبلی در همین انتشارات ترجمه گردیده بود. ارزش علمی و کاربردی این کتاب، فراتر از یک راهنمای محصول، در مستندسازی یک قرن تکامل مهندسی نهفته است. تکنولوژی میراگرهای ویسکوز دارای عقبه‌ای تاریخی است که ریشه‌های آن به کنترل پس‌زنی توپخانه‌های نظامی در جنگ جهانی اول بازمی‌گردد. این فناوری پس از تکامل در صنایع خودروسازی و هوافضا، از دهه ۱۹۹۰ میلادی با پیشگامی نهادهای تحقیقاتی و شرکت‌های معتبری نظیر *Taylor Devices* به حوزه مهندسی عمران راه یافت. از منظر مکانیک سیالات و رفتار دینامیکی، نیروی خروجی این تجهیزات کاملاً وابسته به سرعت (بر اساس رابطه $F = C v^{\alpha}$) بوده و با ایجاد اختلاف فاز نود درجه‌ای با پاسخ الاستیک، بدون مشارکت در سختی استاتیکی سازه عمل می‌کنند. علاوه بر این، پایداری عملکردی این سیستم‌ها در شرایط بحرانی، نظیر ارزیابی مقاومت حرارتی آن‌ها در برابر حریق (تحمل دماهای کوتاه‌مدت تا حدود $1900^{\circ}F$ معادل $1020^{\circ}C$ بر اساس نمودارهای *Heisler*)، از جمله ویژگی‌های تحلیلی دقیقی است که در این راهنما با جزئیات به آن پرداخته شده است.

طراحی موفق یک سیستم کنترل لرزه‌ای نیازمند توجه ویژه به جزئیات اجرایی و اتصالات است و این مرجع، با دقت نظر استثنایی، به کالبدشکافی این جزئیات پرداخته است. کتاب حاضر الزامات سخت‌افزاری نظیر طراحی دقیق صفحه بادبند (*Gusset Plate*) و ورق سخت‌کننده (*Stiffener Plate*) جهت انتقال بی‌نقص نیرو میان میراگر و مهاربند (*Brace*) را تشریح کرده و تجهیزات خاصی چون مبدل‌های لرزه‌ای (*LUD*) را برای کاربردهای ویژه معرفی می‌کند. یکی از برجسته‌ترین دستاوردهای ارائه شده در این کتاب که جایگاه آن را به عنوان یک مرجع بی‌بدیل تثبیت می‌کند، معرفی سیستم اختصاصی قاب خمشی میراشده تیلور (*Taylor Damped Moment Frame*TM) یا *TDMF*TM است. این سیستم با دارا بودن تأییدیه معتبر $ICC ESR - 4769$ ، یک روش طراحی تجویزی (*Prescriptive*) و نوین را در اختیار مهندسان قرار می‌دهد. سیستم *TDMF*TM به طراحان اجازه می‌دهد تا با استفاده از تحلیل طیف پاسخ مدی (*MRSA*)، از پیچیدگی‌های تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی (*NLRHA*) عبور کرده و تحت شرایطی مشخص، نیاز به بازبینی مستقل (*Peer Review*) را که همواره یکی از چالش‌های زمان‌بر در پروژه‌های مجهز به میراگر بوده است، برطرف سازند.

در بعد تحلیلی و کاربردی، این مرجع مسیر روشنی را برای پیاده‌سازی تئوری‌ها در پروژه‌های واقعی ترسیم می‌کند. کالبدشکافی روش‌های پیشرفته مدل‌سازی از جمله تحلیل غیرخطی سریع (*FNA*) مبتنی بر بردارهای ریتز، در کنار

ارائه مطالعات موردی گسترده در زمینه مقاوم سازی لرزه‌ای با همکاری شرکت‌های پیشرو نظیر *Miyamoto International*، از نقاط قوت این اثر است. کاربرد این میراگرها در پروژه‌های ارزیابی ریسک بر اساس $FEMA P - 58$ برای ساختمان‌های بتنی میان‌مرتبه با طبقه نرم و سازه‌های تاریخی، اثربخشی این فناوری را در عمل اثبات می‌کند. این دقت مهندسی در سرتاسر کتاب، با تأکید بر الزام انجام آزمون‌های کارخانه‌ای ۱۰۰ درصدی (۱۰۰) و آزمون نمونه اولیه (*Prototype Testing*) مطابق با استانداردهایی نظیر *FEMA 273* تکمیل می‌گردد.

در بستر مهندسی عمران و سازه کشورمان ایران، استفاده از میراگرهای ویسکوز سیال دیگر یک ایده انتزاعی یا محدود به پروژه‌های آکادمیک نیست؛ بلکه به عنوان یک راهکار اجرایی و اثبات‌شده، هم در طراحی سازه‌های نوساز و هم در طرح‌های بهسازی لرزه‌ای سازه‌های موجود با جدیت دنبال می‌شود. در حال حاضر، زیست‌بوم مهندسی کشور شاهد حضور فعال شرکت‌های سازنده داخلی در کنار واردکنندگان این تجهیزات است. این تنوع، ضرورت دسترسی مهندسين طراح به یک مرجع معتبر، بی‌طرف و استاندارد نظیر این کتاب را برای شناخت مکانیزم‌ها، از جمله «مکانیزم افزایش‌دهنده تغییر مکان»، و ارزیابی دقیق قطعات بیش از پیش نمایان می‌سازد.

امید است این اثر که با رویکردی کاربردی تدوین و به یک هندبوک جامع ارتقا یافته، ابزار کارآمدی جهت بهبود کیفی طراحی سازه‌های مجهز به سیستم‌های اتلاف انرژی در اختیار پژوهشگران و جامعه مهندسی سازه کشور قرار دهد و همواره یادآور شود که تجهیزات کنترل لرزه‌ای که مستقیماً با حفظ جان انسان‌ها در ارتباط‌اند، هرگز نباید فارغ از حساسیت‌های سخت‌گیرانه مهندسی تلقی گردند.

دکتر سید محی الدین قدرتیان کاشان، مهندس علیرضا صالحین

تابستان ۱۴۰۵



دکتر سید محی‌الدین قدرتیان کاشان پژوهشگر و متخصص مهندسی عمران در گرایش سازه و زلزله است که مسیر علمی او در دانشگاه تهران و صنعتی شریف شکل گرفته و جهت‌گیری آن در تمام مراحل، بر تحلیل رفتار لرزه‌ای سازه‌ها، به‌ویژه پل‌ها و سازه‌های فولادی، استوار بوده است. پژوهش دکتر ایشان در دانشگاه صنعتی شریف—که شامل بررسی عددی و آزمایشگاهی دیوارهای برشی فولادی با ورق موج‌دار دابل بود—نمونه‌ای از رویکرد چندلایه او در ترکیب روش‌های تحلیلی پیشرفته و آزمایشات تجربی دقیق است.

دستاوردهای علمی او در قالب مجموعه‌ای از مقالات منتشرشده در نشریات معتبر بین‌المللی (ISI) انعکاس یافته‌اند؛ آثاری که حوزه‌هایی مانند رفتار لرزه‌ای سیستم‌های فولادی، دیوارهای برشی فولادی پیچیده، و کاربرد مواد هوشمند نظیر آلیاژهای حافظه‌دار شکلی در بهبود عملکرد لرزه‌ای پل‌ها را پوشش می‌دهند. انتشار این آثار در ژورنال‌های شناخته‌شده، گواهی روشن بر کیفیت پژوهشی و انسجام علمی فعالیت‌های او است.

اما یکی از وجوه متمایز قدرتیان کاشان، حضور عمیق و کم‌نظیر او در عرصه ترجمه و تولید محتوای تخصصی در مهندسی سازه و زلزله است. او تاکنون حدود ۱۰ جلد کتاب مرجع را در حوزه‌های طراحی لرزه‌ای، جداسازی لرزه‌ای، سیستم‌های میرایی مکمل، و طراحی سازه‌های فولادی و پل‌ها ترجمه کرده است؛ آثاری که مجموع آن‌ها به نزدیک ۳۰۰۰ صفحه می‌رسد. گستره، حجم و اهمیت این متون نشان می‌دهد که فعالیت او در نشر، نه صرفاً ترجمه واژگانی، بلکه انتقال دقیق مفاهیم مهندسی، بازآفرینی ساختارهای فنی، و بازتولید محتوای معتبر برای جامعه مهندسی کشور است. این سطح از تولید محتوا، در کنار سابقه همکاری مستمر با انتشارات صالحین و کیفیت علمی آثار منتشرشده، جایگاه او را در فضای نشر تخصصی تثبیت کرده است.

در کنار این فعالیت‌ها، تدریس دانشگاهی دروس طراحی سازه‌های فولادی و بتنی، مشارکت در آموزش طراحی پل‌های فولادی در دانشگاه صنعتی شریف، و تجربه حرفه‌ای در شرکت‌های مهندسی مشاور، مجموعه‌ای منسجم از تخصص، تجربه میدانی و فعالیت‌های علمی ایجاد کرده است. چنین ترکیبی باعث شده است که قدرتیان کاشان در تقاطع پژوهش دانشگاهی، صنعت، و تولید دانش مکتوب، نقشی فعال و مؤثر ایفا کند.



مهندس علیرضا صالحین، متخصص و فعال در حوزه‌های فنی و مهندسی است که تخصص خود را در چند شاخه متمایز شامل مهندسی عمران، معماری، فناوری اطلاعات (IT) و همچنین مکانیک و الکترونیک خودرو توسعه داده است. رویکرد حرفه‌ای ایشان مبتنی بر استفاده از فناوری اطلاعات به عنوان حلقه واسط میان رشته‌های مهندسی است؛ موضوعی که در توانمندی ایشان در ارزیابی نرم‌افزارهای تخصصی عمران و معماری و همچنین سیستم‌های الکترونیکی خودرو نمود پیدا کرده است. ایشان دارای بیش از ۲۰ سال سابقه اجرایی در پروژه‌های عمرانی و ساخت‌وساز هستند. حضور مستمر در محیط‌های کارگاهی و صنعتی باعث شده تا فعالیت ایشان صرفاً به مباحث تئوریک محدود نشود. مهندس صالحین با شناخت چالش‌های اجرایی، به عنوان تحلیلگر و منتقد در صنایع ساخت‌وساز و خودرو فعالیت داشته و هدف اصلی خود را در پروژه‌ها و مستندسازی‌ها، کاهش فاصله میان آموزش‌های آکادمیک دانشگاهی و تقاضاهای واقعی و روزمره بازار کار تعیین کرده‌اند.

در حوزه نشر و ترویج دانش، مهندس صالحین از سال ۱۳۹۲ مسئولیت «مدیریت علمی» نشر دانشگاهی فرهنگ را بر عهده دارند. وظیفه ایشان در این سمت، نیازسنجی بازار مهندسی، انتخاب عناوین کاربردی، ارزیابی صحت علمی متون ترجمه‌شده و نظارت بر کیفیت فنی کتب پیش از چاپ است. در ادامه این مسیر، ایشان با هدف توسعه فعالیت‌های مستقل در زمینه تولید محتوای تخصصی، «انتشارات علمی صالحین» را در سال ۱۴۰۴ تأسیس نمودند تا پلتفرم جدیدی برای نشر منابع میان‌رشته‌ای فراهم کنند. حاصل فعالیت‌های مستمر ایشان در مستندسازی و نشر، مشارکت در تولید بیش از ۹۰ عنوان کتاب مرجع و کاربردی (بیش از ۳۳ هزار صفحه کتاب) است. نقش ایشان در این آثار شامل تألیف، ترجمه، گردآوری و ویراستاری علمی است. عمده این کتب بر آموزش نرم‌افزارهای پیشرفته مهندسی عمران و معماری، راهنماهای اجرایی ساختمان، و همچنین مباحث فنی خودرو متمرکز هستند و به عنوان منابع کمک‌آموزشی مورد استفاده دانشجویان مهندسی و تکنسین‌های اجرایی قرار می‌گیرند.

پیش‌گفتار



طی حدود ۳۶ سال گذشته، این افتخار کم‌نظیر را داشته‌ام که در شرکت تیلور دیوایسز فعالیت کنم. در طول این دوره، ما شاهد تحولات چشمگیری در درون شرکت، محصولات آن، مشتریان و فرهنگ سازمانی بوده‌ایم. از اوایل تا اواسط دهه ۱۹۹۰، این فرصت را یافتیم تا برخی از طراحی‌های جدید و قدیم میراگرهای سیال خود را جهت استفاده در سازه‌ها تطبیق دهیم تا مقاومت بهتری در برابر زلزله فراهم آوریم. بر اساس نتایج آزمایشگاهی، مطالعات تحلیلی و عملکرد میدانی در طول رویدادهای ناشی از باد و زلزله، این فناوری بهبود قابل توجهی را در زمینه کنترل سازه به اثبات رسانده است. در واقع، میراگرهای سیال به طور همزمان تغییر مکان، تنش و شتاب را کاهش می‌دهند، بدون آنکه هزینه را به میزان قابل توجهی افزایش دهند (و در برخی موارد بدون هیچ‌گونه افزایش هزینه‌ای). مشاهده اثر چشمگیری که حتی مقدار اندکی میرایی می‌تواند بر عملکرد یک سازه در طول رویدادهای دینامیکی داشته باشد، می‌تواند بسیار شگفت‌انگیز باشد. با این حال، استفاده از محصولات و فناوری‌های نامرغوب برای بهبود عملکرد (در حالی که طراحی‌های کاملاً اثبات‌شده و معتبری از قبل وجود دارند) نیز مایه تعجب است. هنگام بررسی برای استفاده از یک قطعه که به طور بالقوه نجات‌دهنده جان انسان‌هاست، به افراد یادآوری می‌کنم که آنچه برای استفاده در بخش نظامی و هوافضای ایالات متحده قابل قبول است، قطعاً باید برای نجات جان انسان‌ها نیز مناسب تلقی گردد. ذکر این نکته حائز اهمیت است که میراگرها این امکان را فراهم می‌آورند تا سازه پس از یک رویداد بزرگ، به شرایط اولیه خود بازگردد. تخریب یک سازه یا تعویض المان‌های جاذب انرژی پس از یک رویداد با صرف هزینه‌های گزاف، به هیچ وجه ضرورت ندارد.

از آنجا که مهندسان سازه اکنون از مرحله ابتدایی و نوپای طراحی میراگرها در سازه‌ها جهت کنترل لرزه‌ای عبور کرده‌اند، احساس می‌کنم ما وظیفه داریم این مزایا را با بیشترین تعداد ممکن از افراد تأثیرگذار در این حوزه به اشتراک بگذاریم. ما به عنوان مدیران، مهندسان یا اعضای جامعه دانشگاهی، مسئولیت داریم تا با تکیه بر دانشی که کسب کرده‌ایم،

بشریت را به سوی پیشرفت هدایت کنیم. با این وجود، همواره باید این مسیر را با رعایت بالاترین استانداردهای صداقت و درستی طی کرده و در عین حال، یکدیگر را نیز ملزم به رعایت این استانداردهای عالی بدانیم.

به همین دلیل و دلایل متعدد دیگر، از تمامی خوانندگان خود تقاضا دارم که این دانش را به اشتراک بگذارند و در عین حال بپذیرند که ما واقعاً از مسئولیت خطیری برخورداریم تا از طریق کمک به حفظ جان انسان‌ها در زمان وقوع پدیده‌های طبیعی (که کنترل اندکی بر آن‌ها داریم)، کره زمین را به مکانی بهتر برای زندگی تبدیل کنیم.

تلاش‌های اخیر در زمینه تحقیق و توسعه، این فرصت بزرگ‌تر را برای ما فراهم کرده است تا از طریق استفاده از «قاب خمشی میراشده تیلور» تأثیر مثبتی بر جامعه بگذاریم. این سیستم یک روش ساده و تجویزی برای طراحی سازه‌های مجهز به میراگر ارائه می‌دهد. این روش توسط شورای بین‌المللی کد ارزیابی و تأیید شده و با عنوان [محتوای انگلیسی ۱] منتشر گردیده است. این سیستم یک روش ساده، مستحکم و قابل اعتماد را در اختیار مهندسان قرار می‌دهد و از این طریق، تاب‌آوری سازه‌ها را بدون تحمیل هیچ‌گونه ریسک غیرضروری ارتقا می‌بخشد.

این دفترچه راهنمای میراگر در تلاش است تا اهداف مشترک ما را پوشش دهد و در عین حال اذعان دارد که همه ما با انتخاب‌های مهمی روبرو هستیم. شرکت تیلور دیوایسز همواره جهت کمک به اتخاذ انتخاب‌های صحیح در دسترس است. ما به شایستگی‌های محصولات خود واقف هستیم و محصولات خود و خوشتن را متعهد به رعایت بالاترین استانداردهای کیفی می‌دانیم.

هدف از تدوین این دفترچه راهنما، معرفی میراگرهای سیال به عنوان کالاهای مصرفی و ساده نیست تا از این طریق استفاده از محصولات نامرغوب ترویج یابد. اگرچه این فناوری کارآمدی خود را به اثبات رسانده است، اما فرآیندها و محصولات مرتبط باید همواره در بالاترین سطح استانداردهای ممکن حفظ شوند. شرکت تیلور دیوایسز به این مسئولیت مهم کاملاً آگاه است.

آلن کلم‌بچیک



رئیس شرکت تیلور دیوایسز



فصل ۱ - مقدمه

پایان جنگ سرد در سال ۱۹۹۰، نویدبخش آغاز یک دوره تجدید ساختار برای ارتش و صنایع دفاعی آمریکا بود. یکی از نتایج این عصر جدید آن بود که تغییرات سیاسی و اقتصادی به فناوری‌های پیش‌تر محدود شده اجازه داد تا در دسترس عموم قرار گیرند. این تغییر کاربری فناوری دفاعی، با ظهور ناگهانی محصولات و خدمات بسیار پیشرفته در بازار (که گویی از هیچ پدیدار شده بودند) نمود پیدا می‌کند. شاید شناخته‌شده‌ترین نمونه از این موارد، اینترنت فراگیر امروزی باشد که در واقع از فناوری دفاعی دهه ۱۹۷۰ نشأت گرفته و برای استفاده سازمان‌های دولتی در صورت وقوع جنگ هسته‌ای طراحی شده بود.

در حوزه مهندسی عمران، میراگرهای سیال با ظرفیت بالا از سازه‌های مرتبط با اهداف دفاعی، به کاربردهای تجاری در ساختمان‌ها و پل‌هایی که در معرض ورودی‌های لرزه‌ای و یا طوفان‌های شدید قرار دارند، انتقال یافته‌اند. از آنجا که قابلیت اطمینان و استحکام بالای فناوری میرایی سیال طی دهه‌ها استفاده در دوران جنگ سرد به طور کامل به اثبات رسیده بود، پیاده‌سازی آن در سازه‌های تجاری با سرعت بسیار بالایی انجام پذیرفت.

در واقع، طی ۳۵ سال گذشته، بهره‌گیری از انواع مختلف تجهیزات میراگر الحاقی در سازه‌ها به عنوان ابزاری کارآمد، قابل اطمینان و پیش‌بینی‌پذیر در بهبود چشمگیر تاب‌آوری سازه‌ها در برابر ورودی‌های دینامیکی ظهور کرده است. هزاران سازه (اعم از نوساز و مقاوم‌سازی شده) در سراسر جهان از تجهیزات میراگر الحاقی استفاده کرده‌اند. تلاش‌های پژوهشی و آزمایشگاهی متعددی صورت گرفته است که مزایای ادغام تجهیزات میراگر الحاقی در سازه‌ها را تأیید می‌کنند. میراگرهای ویسکوز سیال خطی و غیرخطی همچنان عملکرد درخشانی را در کاهش تغییر مکان، پاسخ شتاب، تغییر مکان نسبی بین طبقاتی و تنش از خود نشان می‌دهند. طرح‌های تجهیز میراگر که طی دهه‌ها استفاده به خوبی اثبات شده‌اند، در پیکربندی‌هایی در دسترس هستند که نیروهای وابسته به سرعت ورودی، تغییر مکان و یا ترکیبی از هر دو را فراهم می‌آورند.

اگرچه آیین‌نامه‌های ساختمانی گوناگونی در سراسر جهان تدوین شده‌اند که روش‌ها و الزامات پاسخ سازه‌ها در زمان استفاده از تجهیزات میراگر را مورد توجه قرار می‌دهند، اما این آیین‌نامه‌ها مقایسه کلی در خصوص بهبود تاب‌آوری حاصل از به‌کارگیری آن‌ها را ارائه نمی‌دهند.

مفهوم میرایی درون یک سیستم سازه‌ای معانی متفاوتی برای رشته‌های مختلف مهندسی می‌تواند داشته باشد. برای یک مهندس عمران، میرایی ممکن است تنها به معنای یک یادداشت ارجاعی بر روی نمودار طیفی باد یا زلزله باشد (که رایج‌ترین نمادگذاری آن طیف با میرایی ۵ درصد است). برای یک مهندس سازه، میرایی به معنای تغییرات در تنش کلی درون سازه‌ای است که تحت تأثیر شوک و ارتعاش قرار دارد و غالباً بحث‌هایی بر سر این موضوع درمی‌گیرد که آیا سازه دارای ۲، ۳، ۴ درصد و یا نهایتاً ۵ درصد میرایی سازه‌ای خواهد بود. از سوی دیگر، مهندسان مکانیک لزوماً میرایی را به عنوان یک ویژگی سودمند در نظر نمی‌گیرند؛ زیرا ماشین‌آلات بنا به تعریف، باید نیروها و حرکات را به نحو مؤثری و بدون اتلاف انرژی منتقل نمایند. بنابراین، نیاز به میرایی در یک ماشین اغلب نشان‌دهنده وقوع یک خطای طراحی مهندسی است.

در متن کلاسیک مهندسی مکانیک با عنوان «نظریه ارتعاشات و کاربردهای آن»، ویلیام تامسون با ارائه توضیحات زیر از بیان یک تعریف واحد و مستقیم برای میرایی اجتناب می‌ورزد: «سیستم‌های مرتعش همگی کم‌وبیش در معرض میرایی قرار دارند، زیرا انرژی از طریق اصطکاک و سایر مقاومت‌ها تلف می‌گردد. از آنجا که در ارتعاش آزاد هیچ

انرژی‌ای تأمین نمی‌گردد، حرکت در ارتعاش آزاد با گذشت زمان کاهش می‌یابد و اصطلاحاً بیان می‌شود که میرا شده است.»

از این توضیحات استنباط می‌شود که میراگر عنصری است که به یک سیستم می‌تواند اضافه گردد تا نیروهایی مقاوم در برابر حرکت ایجاد نماید و بدین ترتیب وسیله‌ای برای اتلاف انرژی فراهم کند. با فرض اینکه این تعریف کاربردی برای استفاده عمومی کفایت می‌کند، حوزه بعدی مورد توجه، توصیف کلی خروجی عملکردی یک میراگر است. همانند تعریف میرایی، خروجی عملکردی یک میراگر نیز تا حدودی بحث‌برانگیز است، زیرا معادلات خروجی متفاوتی در چارچوب رشته‌های مختلف مهندسی وجود دارد.

از منظر دیگر، میرایی به عنوان آن ویژگی از یک سیستم دینامیکی می‌تواند تعریف شود که منجر به کاهش دامنه نوسان می‌گردد. این امر به حذف مقدار مشخصی از انرژی در آن سیستم می‌انجامد. در انطباق با قانون بقای انرژی، این انرژی در واقع به شکل دیگری تبدیل می‌شود. در نتیجه، اصطلاح «میراگر» را به عنوان آن مکانیزم یا ویژگی داخلی می‌توان تعریف کرد که این انتقال انرژی را فراهم می‌آورد. معمولاً میرایی انرژی مکانیکی را به گرما تبدیل می‌کند. سپس این گرما از طریق هر یک از ۳ حالت انتقال حرارت که به عنوان هدایت، همرفت و تشعشع شناخته می‌شوند، به محیط اطراف پراکنده می‌گردد.

میراگرهای ویسکوز سیال با اعمال نیروی مقاوم تنها در هنگام حرکت عمل می‌کنند. آن‌ها سختی به سازه اضافه نمی‌کنند و هیچ بار استاتیکی را حمل نمی‌نمایند.

مانند اتومبیل‌هایی که در جاده‌های ناهموار رانده می‌شوند، ساختمان‌های واقع در مناطق لرزه‌خیز نیز یک مسئله دینامیکی محسوب می‌شوند. چه کسی تاکنون خودرویی بدون کمک‌فنر خریده یا تولید کرده است؟ قوانین دینامیکی فیزیک برای هر دو مورد یکسان است.

شرکت تیلور دیوایسز با کمال مسرت این دفترچه راهنمای میراگر را به عنوان راهنمایی برای مهندسان با سطوح مختلف تجربه ارائه می‌دهد تا با بهره‌گیری از این فناوری (که با موفقیت از کاربردهای پیشین به منظور بهبود عملکرد دینامیکی سازه‌های کنونی انتقال یافته است) بتوانند به نجات جان انسان‌ها در سراسر جهان کمک کنند.

فصل ۲ - تجهیزات میراگر سیال - یک قرن تاریخ

بدیهی است که در زمان جنگ، فناوری‌های جدید به شدت و با سرعت بالا توسعه می‌یابند، زیرا سرنوشت ملت‌ها ممکن است به این بستگی داشته باشد که کدام طرف متخاصم بتواند تسلیحات بهبودیافته را با سرعت بیشتری به تولید انبوه برساند. در مورد میراگرهای سیال، تکامل توپخانه با کالیبر بزرگ و توپ‌های نیروی دریایی در اواخر دهه ۱۸۰۰ میلادی نیاز به این محصول را ایجاد کرد و دولت‌های بزرگ مختلف نیز اشتیاق فراوانی برای تأمین بودجه توسعه آن نشان دادند.

توپ‌های جنگ، ۱۸۹۷-۱۹۱۸ - ضرورت، مادر اختراع است.

تکامل میراگرهای بزرگ با پیدایش توپ‌های بزرگ بارگذاری‌شونده از انتهای لوله (ته‌پر) در دهه ۱۸۶۰ میلادی آغاز شد. پیش از آن، توپ‌های بزرگ از دهانه لوله و به روشی بسیار زمان‌بر بارگذاری می‌شدند. دسترسی آسان به دهانه توپ برای بارگذاری کار ساده‌ای بود؛ به سادگی اجازه داده می‌شد که سلاح پس از شلیک بین یک تا بیست فوت به سمت عقب حرکت کند. در سلاح‌های مستقر در خشکی، حرکت با استفاده از یک وسیله بیل‌مانند که عملاً در زمین فرو می‌رفت، کند می‌شد. توپ‌های مستقر بر روی کشتی از لغزنده‌های اصطکاکی یا سطوح شیب‌دار برای متوقف کردن حرکت ناشی از شلیک استفاده می‌کردند که اغلب از مکانیزم‌های قرقه و طناب نیز کمک گرفته می‌شد. پس از بارگذاری، خدمه توپخانه توپ را به موقعیت «آتشبار» یا موقعیت آماده برای شلیک به عقب هل می‌دادند. ظهور تکنیک بارگذاری از انتهای لوله امکان بارگذاری بسیار سریع‌تر (و ایمن‌تر) سلاح و دستیابی به نرخ مطلوب‌تر شلیک را فراهم کرد. متأسفانه، نرخ بالای شلیک ایجاب می‌کرد که خدمه توپخانه برای تغییر موقعیت توپ بسیار سریع‌تر کار کنند که این امر به سرعت باعث خستگی مفرط خدمه می‌شد.

چندین طرح ناموفق برای متوقف کردن پس‌زنی (لگد زنی) توپ مورد آزمایش قرار گرفت که شامل فنرهای مارپیچ و بلوک‌های لاستیکی بود. در همین حال، مخترعان آن زمان در حال بررسی حوزه جدید قطعات هیدرولیک بودند و در اواخر دهه ۱۸۶۰ میلادی، آزمایشاتی با استفاده از میراگرهای هیدرولیک برای متوقف کردن پس‌زنی توپ در حال انجام بود. به گزارش هاگ، ارتش بریتانیا اولین ارگانی بود که در سال ۱۸۶۲ میلادی از میراگرهای پس‌زنی هیدرولیک بر روی اربابه‌های توپ استفاده کرد. اولین میراگر پس‌زنی هیدرولیک که به تولید انبوه رسید، در توپ صحرایی ۷۵ میلی‌متری فرانسوی مدل M۱۸۹۷ مورد استفاده قرار گرفت. این سلاح به عنوان یک شاهکار واقعی فناوری مورد تحسین قرار گرفت و نخستین قطعه توپخانه مدرن محسوب می‌شود. اربابه این سلاح شامل یک مسیر لغزنده برای پشتیبانی از خود توپ و یک میراگر سیال با کورس ۴۸ اینچ بود که با یک فنر سبک ترکیب شده بود تا انرژی پس‌زنی را کاهش داده و توپ را به موقعیت آتشبار بازگرداند. توپ فرانسوی M۱۸۹۷ در هر دو جنگ جهانی اول و دوم مورد استفاده قرار گرفت. نسخ متفاوتی از این سلاح وجود دارد، زیرا بسیاری از کشورها پس از به غنیمت گرفتن یک یا چند نمونه در طول جنگ جهانی اول، طرح آن را «اقتباس» کردند. یکی از موارد استفاده غیرمعمول‌تر از توپ فرانسوی M۱۸۹۷ با پس‌زنی کم، توسط سپاه هوایی ارتش ایالات متحده در طول جنگ جهانی دوم صورت گرفت. سپاه هوایی به یک هواپیمای تهاجمی زمینی با بیشترین قدرت آتش ممکن نیاز داشت. راه‌حل این مشکل شامل نصب یک توپ کامل M۱۸۹۷ با میراگرهای پس‌زنی در دماغه بمب‌افکن آمریکایی مدل B-۲۵ «میشل» بود که به سمت جلو شلیک می‌کرد. این هواپیمای اصلاح‌شده موفقیت‌آمیز بود و استفاده از میراگرهای هیدرولیک از آسیب رسیدن به هواپیما جلوگیری نمود.

تا پایان جنگ جهانی اول، ده‌ها هزار میراگر سیال در قطعات توپخانه صحرایی، توپ‌های دریایی، توپ‌های ساحلی و توپ‌های ریلی مورد استفاده قرار می‌گرفت. برخی از میراگرهای این دوره حتی از نوع تطبیقی بودند؛ به گونه‌ای که تغییر زاویه ارتفاع توپ، نیروی میرایی حاصل را تغییر می‌داد. این کار با استفاده از یک رشته چرخ‌دنده بین اربابه توپ و میراگر

انجام می‌شد. این رشته چرخ‌دنده یک میله یا پیچ تنظیم را که از سیلندر میراگر بیرون زده بود، می‌چرخاند. هرچه توپ بالاتر می‌رفت، میراگر «سخت‌تر» می‌شد و از تغییر مکان کمتری استفاده می‌کرد. این ویژگی اجازه می‌داد تا اندازه و وزن ارابه توپ کاهش یابد، زیرا در زوایای ارتفاع بالا، دیگر نیازی نبود ارابه برای کل کورس پس‌زنی، فاصله خود را با زمین حفظ کند.

در اواخر جنگ جهانی اول، مزیت دیگری از میراگرهای سیال کشف شد. این مزیت آن بود که کاهش پس‌زنی به سلاح‌ها اجازه می‌داد تا پرتابه‌های بزرگ‌تری را با خرج‌های محرک بزرگ‌تر به راحتی شلیک کنند تا به برد بیشتری یابند. در واقع، از ماه مارس تا ژوئیه سال ۱۹۱۸ میلادی، شهر پاریس توسط ارتش آلمان با سلاحی با ابعاد یک «ابر توپ» مورد حمله قرار گرفت. جزئیات این سلاح تا پس از پایان جنگ در دسترس قرار نگرفت و آن هم تنها پس از تلاش‌های بی‌وقفه متفقین محقق شد. این سلاح، «توپ پاریس» نام گرفت و دارای یک لوله ۱۳۰ فوتی بود که یک گلوله به قطر ۲۱۰ میلی‌متر را تا برد ۸۵ مایل شلیک می‌کرد. وزن خود توپ به همراه میراگرهای سیال بیش از ۱۴۰ تن بود که این عدد شامل وزن ارابه عظیمی که سلاح را حمل می‌کرد نمی‌شد. سه عراده از توپ‌های پاریس ساخته شد، اما با نزدیک شدن ارتش متفقین به محل استقرار آن‌ها، تمامی آن‌ها از خدمت خارج شدند. به طرز مرموزی، هیچ‌یک از این سلاح‌ها پس از پایان جنگ توسط نیروهای متفقین کشف نشد.

میراگر خودرو - بهینه‌سازی از طریق تکامل

دهه‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ میلادی دورانی بود که خودرو به یکی از المان‌های غالب در فرهنگ آمریکا تبدیل شد. از آنجا که خودرو محصولی نسبتاً جدید با بازار بالقوه بزرگی بود، تولیدکنندگان خودرو تحت فشارهای رقابتی مجبور به تولید محصولی بودند که برای مصرف‌کننده جذاب باشد. یکی از جذاب‌ترین ویژگی‌هایی که یک خودرو می‌توانست داشته باشد، حرکت نرم و روان در تمامی سطوح ممکن جاده بود؛ این امر ثابت کرد که چالشی واقعی برای مهندسان خودرو در آن دوره محسوب می‌شد.

سیستم‌های تعلیق اولیه خودروها صرفاً از کالسکه‌های اسبی کپی‌برداری شده بودند. این سیستم تعلیق شامل چندین فنر بیضوی یا نیمه‌بیضوی شمش و وزیردار بود. میرایی محدود به اصطکاک بین شمش‌ها بود که هنگام تغییر شکل فنر و ساییده شدن شمش‌های فنر (ورقه‌های مسطیلی شکل دراز فنری فولادی - مترجم) روی یکدیگر رخ می‌داد. بدیهی است که میرایی بر اساس اینکه فنر خشک، مرطوب، گرم، سرد، زنگ‌زده، کثیف یا به تازگی تمیز و روغن‌کاری شده باشد، تنوع بسیار بالایی در روزهای مختلف داشت.

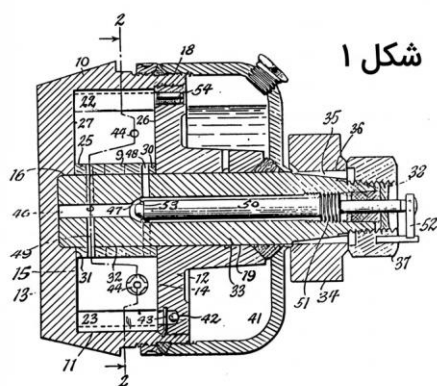
این تغییر روزمره در میزان میرایی برای مصرف‌کننده غیرقابل قبول بود و لنت‌های اصطکاکی خارجی یا میراگرهای لاستیکی به سیستم تعلیق اضافه شدند. این موارد در مقایسه با استفاده از خود فنر به عنوان میراگر، بهبود کوچک اما محسوسی را ایجاد می‌کردند؛ به علاوه امکان تنظیم میراگر برای جبران استهلاک نیز وجود داشت. مواد میرایی «ایده‌آل» معمولاً واشرها یا لنت‌های آزبست خالص بودند که بین دو صفحه آهنی فشرده می‌شدند. یک صفحه توسط یک پیچ به شاسی خودرو محکم می‌شد و صفحه دیگر به یک بازوی محرک متصل بود. یک پیچ کششی بزرگ از مرکز مجموعه میراگر عبور می‌کرد و سفت یا شل کردن این پیچ برای تنظیم نیروی میرایی به کار می‌رفت.

نیاز به نگهداری بالا و بهبود حاشیه‌ای به‌دست‌آمده با میراگرهای اصطکاکی و لاستیکی سبب شد تا تأمین‌کنندگان قطعات خودرو به دنبال سیستم‌های میرایی بهبودیافته باشند و میراگرهای سیال به سرعت وارد صحنه شدند. بزرگ‌ترین مشکل در انطباق میراگر سیال برای استفاده در خودرو، کیفیت پایین درزگیرها (سیل‌ها) بود. توپ‌های جنگ جهانی اول معمولاً به دلیل سایش لوله، پس از هر ۵۰۰ شلیک به یک تعمیر اساسی نیاز داشتند و این زمان مناسبی برای تعویض

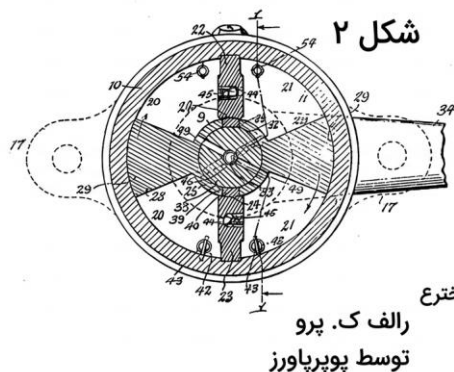
درزگیرهای (آبندها) میراگر بود که معمولاً پس از ۵۰۰ چرخه کاری به شدت نشت می‌کردند. با در نظر گرفتن اینکه درزگیرهای آن زمان از تکه‌های طناب کفی تشکیل می‌شدند که با چکش به درون یک محفظه کوبیده می‌شدند، این موضوع جای تعجبی نداشت! درزگیرهای «بهبودیافته» در دهه ۱۹۲۰ میلادی شامل مجموعه‌ای از واشرهای چرمی گرد بود که با استفاده از یک مهره آب‌بند در جای خود فشرده می‌شدند. این واشرها نسبت به رشته‌های کفی یک پیشرفت به شمار می‌آمدند، اما همچنان عمر چرخه‌ای لازم برای استفاده در خودرو را نمی‌توانستند تأمین کنند.

در سال ۱۹۲۵ میلادی، رالف پیو از شرکت هودایل در بوفالوی نیویورک، راه‌حلی برای مشکل درزگیرها ابداع کرد. وی به جای بهبود درزگیر، میراگر را به گونه‌ای از نو طراحی کرد که از یک مجموعه میله پیستون و پره دورانی استفاده کند؛ در نتیجه، حرکت رفت و برگشتی طولانی درزگیر لغزشی با یک حرکت دورانی کوتاه ۶۰ تا ۱۲۰ درجه‌ای جایگزین شد. میراگر دورانی هودایل توسط بازوهای لنگی متصل به اجزای متحرک سیستم تعلیق به حرکت درمی‌آمد. حرکت دورانی کوتاه درزگیر پیش از آنکه نیاز به تعویض داشته باشد، مسافتی در حدود ۱۰,۰۰۰ مایل را در جاده امکان‌پذیر می‌ساخت. در مدت کوتاهی، اکثر خودروها از میراگر دورانی هودایل استفاده می‌کردند. شکل ۲.۱ یکی از برگه‌های ثبت اختراع اصلی است که اختراع پیو در سال ۱۹۲۵ را به تصویر می‌کشد.

در سال ۱۹۴۹ میلادی، بخش دلكو از شرکت جنرال موتورز سرانجام یک میراگر با درزگیر لغزشی طراحی کرد که دارای عمر کافی برای استفاده در خودرو بود و به این ترتیب، به عصر میراگرهای دورانی پایان داد. کمک‌فترهای خودروی امروزی دارای ساختار داخلی بسیار مشابهی با ضربه‌گیرهای پس‌زنی توپ در جنگ جهانی اول هستند، با این تفاوت که درزگیرهای مدرن طول عمر بسیار بیشتری را فراهم می‌آورند.



شکل ۱



شکل ۲

مخترع
رالف ک. پیو
توسط پوپرپاورز

جنگ سرد - میراگرها به زیر زمین می‌روند

روایات تاریخی گوناگون دربردارنده حجم عظیمی از اطلاعات درباره دوران جنگ سرد هستند؛ دورانی که از پایان جنگ جهانی دوم تا حدود سال ۱۹۹۰ میلادی به طول انجامید. در همان اوایل جنگ سرد، هم ایالات متحده آمریکا و هم اتحاد جماهیر شوروی توسعه موشک‌های بالستیک قاره‌پیما مجهز به کلاهک‌های هسته‌ای را آغاز کردند. اگرچه هنوز هم جای بحث وجود دارد، اما اکثر تحلیل‌گران دفاعی بیان می‌کنند که دکتترین جنگ استراتژیک ایالات متحده بر این اساس استوار بود که موشک‌های ما تا زمانی که کلاهک‌های دشمن عملاً بر روی خاک ایالات متحده یا بر فراز آن منفجر نشده باشند، پرتاب نخواهند شد. پایبندی به این دکتترین با این فرض همراه بود که اهداف اولیه دشمن، پرتابگرهای موشکی ایالات متحده خواهند بود تا در یک حمله نخستین، بیشترین تعداد ممکن از آن‌ها را مورد اصابت قرار دهند.

برای آنکه ایالات متحده در چنین شرایطی یک حمله متقابل را بتواند آغاز کند، موشک‌های ما باید به گونه‌ای طراحی و یا مستقر می‌شدند که بدون آسیب از یک حمله هسته‌ای بتوانند جان سالم به در ببرند. در ابتدا، موشک‌های مستقر در خشکی به سادگی در سیلوهای پرتاب به شدت تقویت‌شده در زیر زمین قرار می‌گرفتند که معمولاً ساختمان‌های تأسیسات پرتاب زیرزمینی نیز آن‌ها را همراهی می‌کردند. با این حال، با تکامل سیستم‌های هدایت موشکی، دقت موشک‌های دشمن بهبود یافت و نیاز به تجهیزات جداساز شوک (لرزه‌گیر) آشکار گردید. جداسازهای موشکی اولیه شامل فنرهای مارپیچ ساده به همراه میراگرهای سیال بودند. در برخی موارد، واحدهای فتر-میراگر برای جداسازی خود موشک‌ها و اقلام حیاتی گوناگون در داخل مجتمع پرتاب مورد استفاده قرار می‌گرفتند. در موارد دیگر، کل سازه‌ها در صفحات عمودی و افقی به صورت جداسازی شده در پایه (Base Isolated) طراحی می‌شدند.

در طول دهه ۱۹۶۰ میلادی، تأمین فنرهای مکانیکی با ابعاد به اندازه کافی بزرگ برای فراهم آوردن جداسازی بهینه غیرممکن شد؛ در نتیجه، میراگرهای سیال به میراگرهای فتر-مایع تبدیل شدند که یک جزء جداساز بسیار قدرتمند و در عین حال فشرده به شمار می‌رفتند. در یک میراگر فتر-مایع، سیال عامل به طور همزمان فشرده شده و از روزه (اوریفیس) عبور می‌کند. با انتخاب سیالات ویژه با قابلیت تراکم‌پذیری بالا، امکان تولید همزمان نیروهای فتری و میرایی بالا در یک پکیج بسیار کوچک فراهم گردید. بدون پرداختن به جزئیات بیش از حد (به دلایل امنیتی)، برخی از میراگرهای فتر-مایع در اواخر دهه ۱۹۸۰ به طور همزمان می‌توانستند نیروهای فتری ۵۰ تنی و نیروهای میرایی ۱۵۰ تنی را از یک محفظه با قطر تنها هفت اینچ تأمین کنند! فشارهای سیال عامل تا ۵۰,۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (psi) نسبتاً رایج بود. در مقام مقایسه، یک تفنگ شکاری پر قدرت دارای حداکثر فشار شلیک در محدوده ۴۰,۰۰۰ پوند بر اینچ مربع است. برخی از این محصولات که برای موشک‌های بزرگ مستقر در خشکی به کار می‌رفتند، دارای بیش از چهار فوت تغییر مکان بوده و نیروهای خروجی تا ۵۰۰ تن را تولید می‌کردند.

استفاده موفقیت‌آمیز از میراگرهای سیال با ظرفیت بالا و میراگرهای فتر-مایع در تأسیسات موشکی مستقر در خشکی، به کاربردهای مضاعفی در موشک‌های مستقر بر روی کشتی‌ها و زیردریایی‌ها و تجهیزات مرتبط با آن‌ها منجر شد. تا پایان جنگ سرد، یک کشتی جنگی معمولی نیروی دریایی ایالات متحده دارای بیش از ۱۰۰۰ تجهیز میراگر سیال بود که بر روی موشک‌ها و سیستم‌های الکترونیکی اصلی آن نصب شده بود. این تجهیزات دارای نیروی خروجی متغیر از ۱ تن تا ۵۰ تن بودند.

در طول دهه ۱۹۹۰ میلادی، پایان جنگ سرد در ترکیب با شرایط سیاسی و اقتصادی، موجب کاهش چشمگیر و چشم‌پوشی از برخی ظرفیت‌های دفاعی ایالات متحده گردید. همزمان، محدودیت‌های امنیتی در زمینه فروش و استفاده تجاری از فناوری‌های دوران جنگ سرد به میزان قابل توجهی کاهش یافته بود.

پس از جنگ سرد - انتقال فناوری دفاعی به بخش خصوصی

شرکت‌های دفاعی پس از پایان جنگ سرد، فرصت‌های جدید بسیار اندکی را در بازارهای سنتی خود یافتند. برخی از شرکت‌ها کوچک‌تر شدند یا سطح فروش خود را غالباً از طریق ادغام‌ها یا یکپارچه‌سازی‌های درون‌ناک حفظ کردند. شرکت‌های نسبتاً معدودی قادر به انتقال فناوری خود به بازار تجاری بودند. در سال ۱۹۸۷ میلادی، شرکت تیلور دیوایسز جستجو برای یافتن بازارهای تجاری جهت عرضه محصولات دفاعی خود را آغاز نمود.

تخصص دفاعی شرکت تیلور دیوایسز شامل طراحی و ساخت تجهیزات میراگر سیال بزرگ برای محافظت از موشک‌ها، سیستم‌های الکترونیکی و سازه‌های عظیم در برابر آثار ناشی از انفجار تسلیحات بود. کادر این شرکت تصمیم گرفتند تا کاربردهای تجاری مرتبط با محافظت لرزه‌ای و مقاومت در برابر بادهای شدید در سازه‌ها را پیگیری نمایند. سبک میراگر

انتخاب شده به دهه ۱۹۷۰ بازمی گشت و بر پایه یک منبع انحصاری توسط این شرکت برای استفاده در موشک بالستیک MX نیروی هوایی ایالات متحده و موشک کروز تاماهاک نیروی دریایی ایالات متحده توسعه یافته بود. در برنامه دوم، این شرکت بیش از ۲۹۰۰۰ تجهیز میراگر سیال را برای استفاده در موشک های تاماهاک پرتاب شونده از کشتی تولید کرده است.

در همان اوایل، تصمیم بر آن شد تا تحقیقات مشترکی در زمینه ساختمان ها و سازه های پل مجهز به میراگر سیال با همکاری مرکز ملی تحقیقات مهندسی زلزله (NCEER) انجام پذیرد. (این موسسه بعدها به MCEER تغییر نام داد- مترجم) این مرکز به شکلی مناسب در پردیس دانشگاه ایالتی نیویورک در بوفالو واقع شده بود که فاصله اندکی با تأسیسات شرکت تیلور دیوایسز داشت. این پژوهش شامل برداشتن تجهیزات میراگر سیال موجود در تولیدات نظامی و نصب ساده آن ها به عنوان اجزای الحاقی بر روی مدل های مقیاس شده از سازه های مهندسی عمران بود. سپس این سازه ها تحت آزمایشات گذار لرزه ای بر روی میز لرزان بزرگ دانشگاه قرار گرفتند. نتایج آزمایشات بسیار عالی بود و با افزودن میرایی سیال در محدوده ۱۵ تا ۴۰ درصد میرایی بحرانی، کاهش چشمگیری در تنش و تغییر شکل رخ داد. به طور کلی، مشخص گردید که افزودن ۲۰ درصد میرایی بحرانی به یک سازه، مقاومت آن در برابر زلزله را بدون افزایش تنش یا تغییر شکل، سه برابر می کند. گزارشات متعددی توسط مرکز ملی تحقیقات مهندسی زلزله و دانشگاه منتشر گردید که بهبودهای قابل حصول با استفاده از میراگرهای سیال را مستند می ساخت. وزارت دفاع ایالات متحده در صدور مجوز برای شرکت تیلور دیوایسز جهت افشای منشأ و مفاهیم طراحی کاربردی میراگرهای استفاده شده در این تحقیقات، همکاری بسیار خوبی از خود نشان داد. به عنوان نمونه، سازه های ساختمانی فولادی با میراگرهای سیالی که در آن زمان برای بمبافکن پنهان کار B-۲ تولید می شدند، مورد آزمایش قرار گرفتند. سازه های ساختمانی بتنی با استفاده از میراگرهای موشک تاماهاک آزمایش شدند. سازه های پل با میراگرهایی از کشتی تحقیقاتی مشهور گلوبار اکسپلورر متعلق به سازمان سیا تحت آزمایش قرار گرفتند. سایر سازه های پل نیز به واحدهای فنر-میراگر مربوط به اژدرهای مبتنی بر زیردریایی مجهز شدند.

آشکار شد که هیچ مانعی در مسیر پیاده سازی تجاری محصولات میرایی تیلور وجود ندارد و تا سال ۱۹۹۳، سفارشی برای ۱۸۶ میراگر به منظور استفاده در تمامی پنج ساختمان مرکز پزشکی منطقه ای جدید اروهد در کولتون کالیفرنیا دریافت گردید. مشخصات این میراگرها در جدول ۲.۱ ارائه شده است و تصویری از یک میراگر تکمیل شده در شکل ۲.۲ در ادامه می آید.

طی ۳۰ سال پس از آن، بیش از ۸۰۰ پروژه ساختمان و پل دیگر در پی سفارش مرکز پزشکی اروهد انجام پذیرفت. انتقال میراگرهای سیال از کاربردهای نظامی به غیرنظامی ثابت کرده است که مصداق بارز و بی نظیر مفهوم «تبدیل شمشیرها به گاوآهن» (کنایه از تبدیل ابزار جنگی به ابزار صلح آمیز و سازنده) می باشد.

مشخصات میراگر - مرکز پزشکی کانتی سن برناردینو

جدول ۲.۱: مشخصات میراگر مرکز پزشکی کانتی سن برناردینو

پارامتر	مقدار
تغییر مکان	۴۸ اینچ
حداکثر نیروی میرایی	۳۲۰,۰۰۰ پوند
حداکثر سرعت عملیاتی	۶۰ اینچ بر ثانیه
اتلاف توان	۲,۱۷۰,۰۰۰ وات
طول	۱۴.۵ فوت در حالت باز شده
قطر	۱۴ اینچ
وزن	۳,۰۰۰ پوند
تعداد مورد نیاز	۱۸۶ تجهیز



شکل ۲.۲ تصویری از میراگر تکمیل شده

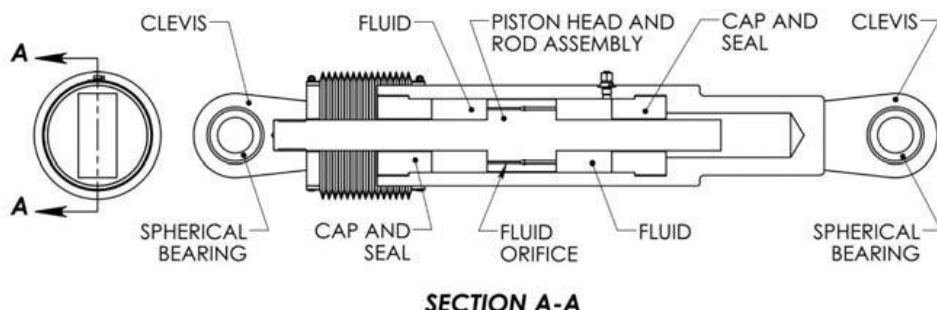
References

۱. Hogg, I.V., ۱۹۷۱, The Guns ۱۹۱۴-۱۹۱۸, Ballantine Books Inc., New York, New York.

فصل ۳ - شرح طراحی میراگرها

شرح طراحی پایه

المان های طراحی اساسی یک میراگر سیال نسبتاً معدود هستند. با این وجود، جزئیات این المان های بسیار متنوع بوده و در برخی موارد می توانند هم دشوار و هم پیچیده باشند. شکل ۳.۱ یک میراگر سیال نمونه و قطعات آن را به تصویر می کشد.



شکل ۳.۱. میراگر سیال نمونه و قطعات

میراگر نشان داده شده در شکل ۳.۱ در موقعیت میانی کورس حرکتی خود قرار دارد. محفظه فشار اصلی تحت عنوان سیلندر (که در شکل برچسب نخورده است) نامیده می شود. این محفظه، از جمله حجم های موجود در دو سوی سر پیستون، کاملاً از سیال پر شده است. میله پیستون به سر پیستون متصل می باشد. در انتهای سمت چپ میله پیستون یک کلویس (چنگال اتصال) برای اتصال به سازه تعبیه شده است. هنگامی که میراگر در طول یک رویداد دینامیکی به صورت رفت و برگشتی حرکت می کند، این کلویس، میله پیستون و سر پیستون به عنوان یک جزء یکپارچه حرکت می نمایند. تمامی قطعات دیگر ثابت باقی می مانند.

با حرکت سر پیستون، سیال موجود در دو سوی آن با فشار از میان روزنه های (اوریفیس های) تعبیه شده در سر پیستون عبور داده می شود. در سمت چپ سیلندر، یک درپوش و درزگیر برای محصور کردن سیال در برابر فشارهای استاتیکی و دینامیکی قرار دارد. در سمت راست سیلندر نیز درپوش و درزگیر دیگری تعبیه شده است. همان طور که یک انتهای میله پیستون به داخل سیلندر حرکت می کند، انتهای دیگر از آن خارج می شود؛ بنابراین، بقای حجم سیال بدون ایجاد فشار استاتیکی اضافی حفظ می گردد. هر دو کلویس معمولاً به تکیه گاه های کروی مجهز می شوند تا امکان مقداری ناهماهنگی (ناهم راستایی) با سازه پیرامونی را فراهم آورند.

پیکربندی های دیگری از میراگرها نیز در دسترس می باشند، اما عملکرد اساسی هر یک از این انواع با توجه به توضیحات ارائه شده در بالا مشابه است. برای کسب اطلاعات بیشتر به فصول ۱۰، ۱۲ و ۱۳ مراجعه نمایید.

رتبه بندی نیرو و خستگی

میراگرهای شرکت تیلور دیوایزر در رده های نیرویی تا ۱۸۰۰ کیپ (۸۰۰۰ کیلو نیوتن) در دسترس هستند. طراحی اجزای سازه ای این میراگرها حاشیه ایمنی در برابر تسلیم تقریباً ۲ به ۱ را در نیروی اسمی آن ها فراهم می آورد. تمامی اجزای میراگرها، از جمله مخزن تحت فشار، با استفاده از روش های مدرن تحلیل المان محدود از نظر مقاومت مورد ارزیابی قرار گرفته اند. گزارشات واقعی تنش میراگر بر اساس الزامات عملی پروژه ها در صورت درخواست قابل ارائه می باشند.

میراگرهای لرزه‌ای رایج نیازمند یک توان سرعت (نما) کمتر از ۱۰۰ هستند (به معادله ۴.۱ مراجعه نمایید). این بدان معناست که اگرچه حاشیه ایمنی بر اساس نیروی اسمی ۲ به ۱ است، اما حاشیه ایمنی واقعی بر مبنای سرعت (بسته به توان سرعت مورد استفاده) بسیار بالاتر خواهد بود.

میراگرها از منظر مقاومت در برابر خستگی، متناسب با کاربردهای اختصاصی هر میراگر مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

ظرفیت توان

در موارد مقتضی، طرح‌های میراگر از نظر قابلیت‌های انتقال توان ارزیابی می‌شوند. غالباً این موضوع در کاربردهای میراگر باد (جایی که توان قابل توجهی برای دوره‌های زمانی طولانی توسط میراگر جذب می‌شود، نظیر آنچه در طول طوفان‌های بادی تجربه می‌گردد) به یک عامل تعیین‌کننده در طراحی تبدیل می‌شود. قابلیت توان کوتاه‌مدت میراگرها (در طول زلزله) معمولاً چندین برابر بیشتر است.

از آنجا که میراگرهای سیال انرژی مکانیکی را به گرما تبدیل می‌کنند، در طول حرکت دینامیکی شاهد افزایش دما در سیال میرایی خواهیم بود که این حرارت در نهایت به سطوح خارجی منتقل شده و در آنجا به طور ایمن در محیط اطراف پراکنده (تلف) می‌گردد. انرژی در واحد زمان، تعریف‌کننده توان است. بنابراین، ظرفیت یک میراگر برای پذیرش افزایش دما و سپس انتقال حرارت به محیط در یک بازه زمانی مشخص، ظرفیت توان آن را تعیین می‌نماید.

شرکت تیلور دیوایسز از یک ابزار نرم‌افزاری اختصاصی تحلیل توان استفاده می‌کند که به طور دقیق دمای سطوح داخلی و خارجی را در برابر زمان برای سناریوهای مختلف ورودی توان پیش‌بینی می‌نماید. برای هر کاربرد، توان ارزیابی می‌شود تا اطمینان حاصل گردد که میراگر قادر به جذب کامل ورودی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت (پیوسته) بدون تجربه هیچ‌گونه افت عملکرد ناشی از افزایش دما خواهد بود.

رتبه‌بندی مقاومت در برابر آتش

میراگرهای شرکت تیلور دیوایسز برای رتبه‌بندی مقاومت در برابر آتش بر پایه زمان ارزیابی شده‌اند تا اطمینان حاصل شود که در طول قرارگیری موقت در معرض حریق، کارکرد خود را حفظ می‌کنند. این میراگرها تجهیزات هیدرولیکی مستحکمی هستند که دارای سیلندرهای فولادی آلیاژی با دیواره ضخیم می‌باشند. اجزایی که عملکرد میرایی مورد نیاز را تأمین می‌کنند، نسبت به قرارگیری کوتاه‌مدت در معرض حرارت بالا حساس نیستند. تنها بخش‌هایی مانند دمه‌های (بلورهای) الاستومری و رنگ ممکن است در اثر قرارگیری کوتاه‌مدت در معرض حرارت آسیب ببینند.

رتبه‌بندی‌های آتش با استفاده از اطلاعات نمودار هیس‌لر برای تاریخچه دما-زمان سیلندرهای قرارگرفته در معرض آتش در دمای تقریبی ۱۹۰۰ درجه فارنهایت (۱۰۲۰ درجه سانتی‌گراد) تعیین شده است. از یک رویکرد محافظه‌کارانه استفاده شد که آثار عایق‌بندی سیال عامل میراگر را نادیده گرفته و بنابراین فرض بر این بود که میراگر یک میله فولادی توپر است. حالت خرابی یک میراگر در زمان قرارگیری در معرض آتش، ذوب شدن درزگیرها خواهد بود که این امر منجر به آزاد شدن سیال غیرسمی و غیرقابل اشتعال به محیط اطراف می‌گردد. هیچ‌گونه خطر انفجار وجود ندارد، زیرا ذوب شدن درزگیرها باعث آزاد شدن هرگونه فشار انباشته‌شده پیش از بروز تنش بالا در مخزن تحت فشار خواهد شد.

نتایج تحلیل رتبه‌بندی مقاومت در برابر آتش میراگرهای شرکت تیلور دیوایسز، رتبه آتش معمولی بسیار فراتر از نیم ساعت را برای تمامی مدل‌ها و حتی بیشتر از ۱ ساعت را برای میراگرهای استاندارد سایز متوسط تا بزرگ ارائه می‌دهد. این بدان معناست که حتی در صورت قرارگیری در معرض شعله مستقیم در دمای ۱۹۰۰ درجه فارنهایت، میراگرهای تیلور دیوایسز حداقل برای مدت نیم ساعت عمل خواهند کرد. پیش‌بینی می‌شود در صورتی که هر بخشی از سازه برای این مدت زمان در معرض حریق قرار گیرد، سازه متحمل آسیب‌های فاجعه‌باری خواهد شد. بنابراین، آسیب رسیدن به میراگرها ناشی از قرارگیری در معرض آتش نباید به عنوان یک نگرانی اصلی تلقی گردد.

فصل ۴ - مشخصات خروجی میراگر و مزایای منحصر به فرد

میراگرهای سیال با اعمال نیروی مقاوم تنها در هنگام حرکت عمل می‌کنند. آن‌ها سختی به سازه اضافه نمی‌کنند و هیچ‌گونه بار استاتیکی را تحمل نمی‌نمایند. با این حال، در صورت درخواست، می‌توان سختی را به یک میراگر اضافه کرد که این تجهیز تحت عنوان میراگر ویسکوالاستیک سیال (FVED) شناخته می‌شود و در آن، فنر به صورت موازی با میراگر عمل می‌کند. این مورد نباید با عملکرد فنری که به صورت سری با میراگر قرار دارد (سختی ماکسول) اشتباه گرفته شود. برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص سختی ماکسول به فصل ۷ مراجعه نمایید. یک میراگر سیال از پیستونی تشکیل شده است که به صورت رفت و برگشتی درون یک سیال ویسکوز حرکت کرده و بدین ترتیب فشار بالایی تولید می‌نماید. این پیستون دارای روزنه‌های (اوریفیس‌های) طراحی شده به صورت سفارشی است که یک رابطه بهینه‌شده را ایجاد می‌کنند که این فشار (نیرو) را متغیر با سرعت تولید می‌نماید. هرچه سرعت بیشتر باشد، نیروی مقاوم تولیدشده نیز بیشتر خواهد بود. این رابطه معمولاً با معادله زیر مشخص می‌گردد:

$$F = C \times V^\alpha \quad \text{[فرمول ۴.۱]}$$

که در آن α توان میرایی، C ثابت میرایی و V سرعت و F نیرو میرایی است. توجه داشته باشید که این معادله بخش سختی ماکسول میراگر را نشان نمی‌دهد. بسته به کاربرد خاص، توان میرایی بین ۰.۲ تا ۲.۰ می‌تواند تنظیم گردد. مقادیر α در محدوده ۰.۳ تا ۰.۵ برای کاربردهای لرزه‌ای در ساختمان‌ها بسیار متداول هستند. کاربردهای پل در مناطق لرزه‌خیز ۳ و ۴ ایالات متحده نیز از مقادیر توان میرایی مشابهی استفاده می‌کنند. کاربردهای میراگر باد تأمیل دارند از توان‌هایی در محدوده ۰.۵ تا ۱.۰ استفاده کنند، در حالی که مقادیر پایین‌تر در سازه‌هایی که تحت تأثیر هر دو ورودی باد و زلزله قرار دارند به کار می‌روند. میراگرهای سیال مورد استفاده در میراگرهای جرمی تنظیم‌شونده از توان‌هایی تا ۲.۰ بهره می‌برند.

از آنجا که میراگر سیال تنها در حین حرکت رفت و برگشتی نیروی مقاوم تولید می‌کند و نیروی بازگرداننده (فنری) ارائه نمی‌دهد، انرژی توسط سیال میراگر جذب شده و به گرما تبدیل می‌گردد. این انرژی جذب‌شده به سادگی از مجموع نیروی میرایی ضربدر تغییر مکان به دست می‌آید. از آنجایی که میراگرها به گونه‌ای می‌توانند طراحی شوند که بیش از ۱۰,۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۶۹ مگاپاسکال) فشار میرایی تولید کنند، نیرو و در نتیجه انرژی جذب‌شده برای مدت کوتاهی می‌تواند نسبتاً بالا باشد. سپس این گرما به طور ایمن در هوای اطراف میراگر پراکنده می‌شود.

همین انرژی جذب‌شده است که نیاز اعضای سازه‌ای به جذب انرژی از طریق تسلیم را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد. اگرچه این یک مفهوم ساده به نظر می‌رسد، اما مزایای آن غالباً به طور کامل درک نمی‌شوند. دلیل این امر آن است که نه تنها نحوه جذب انرژی توسط میراگرهای سیال حائز اهمیت است، بلکه زمان جذب انرژی توسط آن‌ها نیز اهمیت دارد.

سازه‌ای را تصور کنید که در اثر یک ورودی گذرا در حال حرکت است. پاسخ قابل‌توجهی از آن سازه در امتداد فرکانس طبیعی غالب آن به شکل یک موج سینوسی خواهد بود. هنگامی که سازه از موقعیت اولیه خود عبور می‌کند، تغییر شکل در این لحظه از زمان و در نتیجه کرنش، برابر با صفر است. در همین لحظه از زمان است که سازه با بیشترین سرعت در حال حرکت می‌باشد و بنابراین میراگر با بیشترین نیروی خود واکنش نشان می‌دهد. برعکس، هنگامی که سازه به حداکثر تغییر مکان خود و تنش در دورترین نقطه از موقعیت اولیه می‌رسد، سرعت به صفر کاهش یافته و میراگر با نیروی صفر واکنش نشان می‌دهد. به همین دلیل، استفاده از میراگرهای سیال در واقع مقاومت و سختی مورد نیاز سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی سازه را به منظور مقاومت در برابر تقاضاهای باد یا زلزله کاهش می‌دهد. این امر همچنین برش