

فهرست مطالب

چکیده	۱
۱ مقدمه	۱
۲ معرفی و طبقه‌بندی انواع TLD	۳
۱-۲ میراگرهای مایع با عملکرد تشکیل امواج	۳
۲-۲ میراگرهای مایع با عملکرد تغییر ارتفاع ستون مایع	۵
۳ روش‌های مدل‌سازی و تحلیل TLD	۷
۱-۳ مدل SUN	۸
۲-۳ مدل YU	۱۱
۴ بررسی‌های آزمایشگاهی TLD	۱۴
۱-۴ ارزیابی مدل SUN با نتایج آزمایشگاهی	۱۵
۲-۴ ارزیابی اندرکنش سازه-TLD	۱۷
۵ مراجع	۱۹

چکیده

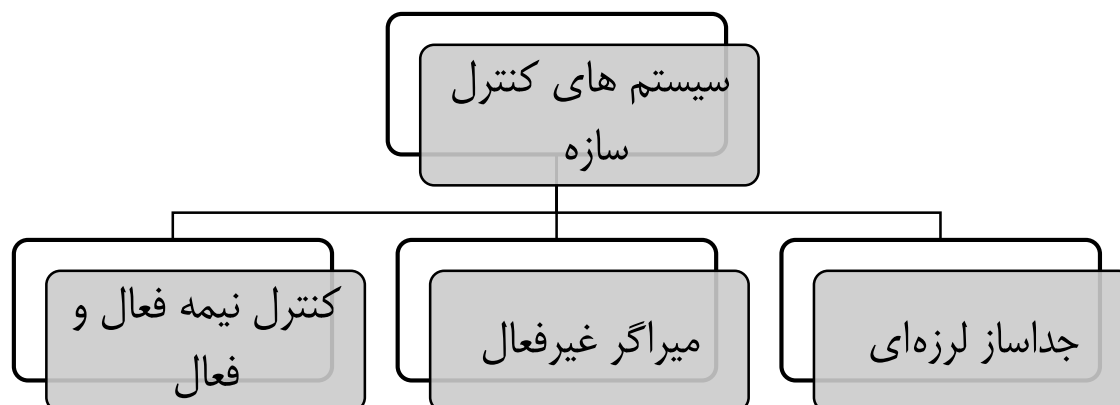
میراگرهای مایع تنظیم شده گروهی از سیستم‌های کنترل غیرفعال سازه هستند که از یک مخزن نیمه‌پر با نوعی مایع (در اکثر مواقع آب) تشکیل شده اند و در طبقات انتهایی سازه نصب می‌شود. در بخش ۱ مقدمه‌ای از انواع سیستم‌های کنترل سازه آورده شده و بخش ۲ نیز شامل معرفی میراگرهای مایع تنظیم شده و انواع مختلف آن می‌باشد. برای مدل‌سازی و تحلیل این میراگرها روش‌های گوناگونی توسط محققین مختلف ارائه شده که عمدتاً از دو دیدگاه کلی حل معادلات مربوط به حرکت امواج و معادل‌سازی با میراگر جرمی تنظیم شده تشکیل شده اند. در بخش ۳ دو روش برای تحلیل میراگرهای مایع تنظیم شده، به طور خلاصه شرح داده شده است که در روش اول از حل معادلات مربوط به حرکت امواج استفاده شده و روش دوم نیز میراگر مایع تنظیم شده با میراگر جرمی تنظیم شده معادل‌سازی می‌شود. در نهایت در بخش ۴ ارزیابی مدل‌های ارائه شده برای تحلیل و بررسی آزمایشگاهی میزان تاثیر میراگر مایع تنظیم شده بر پاسخ سازه اصلی که با انجام آزمایش‌های میز لرزان انجام می‌شود، آورده شده است.

۱ مقدمه

امروزه با پیشرفت صنعت و تکنولوژی، گسترش شهرها و افزایش جمعیت، در مناطق پرتراکم نیاز به ساخت ساختمان‌های بلند مرتبه و همچنین پل‌های طولانی به منظور کاهش مسافت و زمان مورد نیاز برای جابجایی بین نقاط مختلف، ایجاد شده است. با افزایش روزافزون این نیازها شاهد ساخته شدن ساختمان‌هایی با ارتفاع تا حدود یک کیلومتر و پل‌های با طول چندین کیلومتر و ستون‌های با ارتفاع بیش از ۲۵۰ متر هستیم. این ساختمان‌ها و به طور کلی همه انواع سازه‌ها، در طول عمر سرویس‌دهی خود باید توانایی تحمل انواع بارهای وارده مثل بارهای ثقیلی که مقدار ثابت و قابل پیش‌بینی دارند و نسبت به زمان تغییر نمی‌کنند و همچنین بارهای جانبی که اکثراً جهت و شدت آن‌ها غیر قابل پیش‌بینی بوده و نسبت به زمان تغییرات شدید دارند، را داشته باشند. امروزه با در نظر گرفتن گرایش جوامع مختلف به ساخت سازه‌های بلند در نقاط مختلف دنیا، سازه‌های بلند و لاغر دارای وزن سبک و میرایی کم هستند که در نتیجه این عوامل، تحت اثر بارهای دینامیکی مختلف مثل بارهای جانبی ناشی از باد و زلزله، بارهای ترافیکی ناشی از حرکت خودروها روی پل و یا حتی در مواردی بار ناشی از طوفان‌های سهمگین و بار امواج آب، مستعد ایجاد حرکت جانبی^۱ نوسانی یا ارتعاشات جانبی هستند که با افزایش ارتفاع ساختمان دامنه این ارتعاشات جانبی نیز افزایش یافته و صدمات احتمالی وارده به ساختمان را بیشتر می‌کند. برای محدود کردن ارتعاشات و اثرات ناشی از آن‌ها بر روی اعضای سازه‌ای مانند تیرها و ستون‌ها باید روش‌های مناسبی به منظور کنترل انرژی ورودی به سازه مورد استفاده گیرد. برای دستیابی به این امر می‌توان از روش‌هایی مثل اضافه کردن میرایی سازه و یا از سیستم‌های استهلاک انرژی استفاده کرد که با جذب، استهلاک و منعکس کردن قسمتی از انرژی ورودی، میزان انرژی انتقال یافته به سازه را کاهش داده و در نتیجه میزان قابلیت استهلاک انرژی مورد نیاز در اعضای سازه‌ای ساختمان را کاهش داده و ساختمان با شکل‌پذیری کمتری ساخته می‌شود.

^۱ Drift

از جمله سیستم‌های کنترل سازه مورد استفاده در ساختمان، می‌توان به سیستم‌های جداساز لرزه‌ای^۲ و میراگر^۳ اشاره کرد که دارای انواع و طبقه‌بندی‌های مختلف هستند. T. Soong [۱] سیستم‌های کنترل سازه را همانطور که در شکل ۱ نیز قابل مشاهده است، به سه دسته اصلی طبقه‌بندی می‌کند.



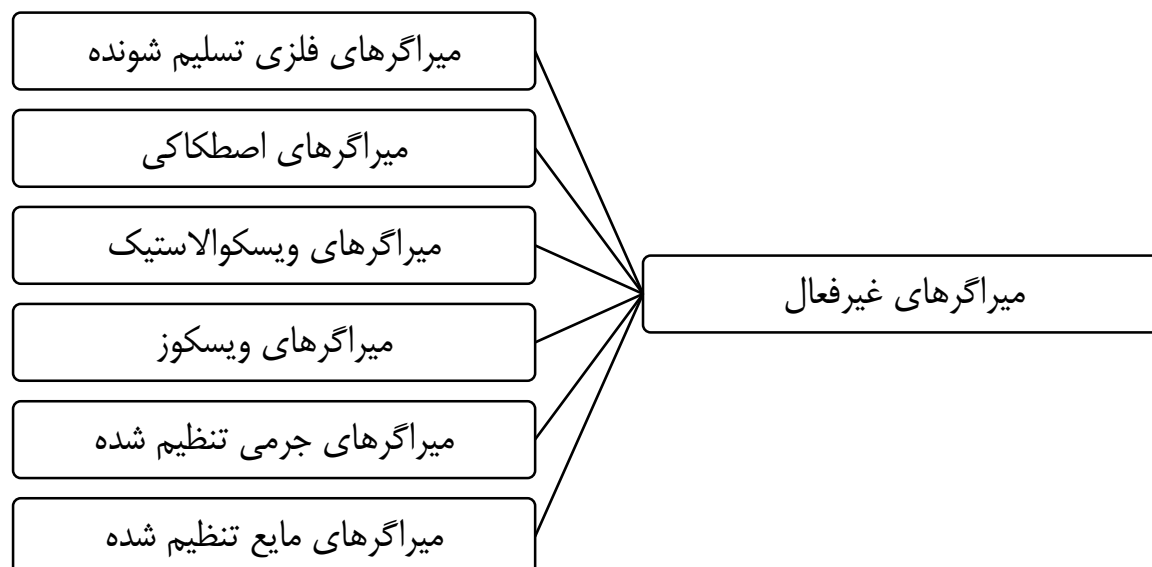
شکل ۱: طبقه‌بندی سیستم‌های کنترل سازه توسط T. T. Soong

دسته اول که شامل سیستم‌های جداساز لرزه‌ای می‌باشد، بر خلاف دو دسته دیگر سیستم‌های کنترل سازه که اصل اساسی برای کنترل رفتار سازه در آن‌ها انتقال انرژی از سازه به سیستم کنترل و یا وارد کردن انرژی به سازه می‌باشد، بر روی پی قرار گرفته و با جذب و منعکس کردن قسمت زیادی از انرژی ورودی قبل از انتقال به سازه مانع انتقال کل انرژی زلزله به سازه می‌شود. از معایب استفاده از جداسازهای لرزه‌ای، ناکارآمدی این سیستم در برابر تحریکات ناشی از بار باد خواهد بود. سیستم‌های کنترل فعال با اتصال به یک منبع انرژی خارجی حرکت‌های سازه را با وارد کردن انرژی مکانیکی به سازه اصلی کنترل و اصلاح می‌کنند در حالیکه سیستم‌های کنترل نیمه‌فعال قابلیت وارد کردن انرژی به سازه اصلی را ندارند بلکه متشکل از یک سیستم غیرفعال هستند که فقط به مقدار کمی انرژی جهت تنظیم و مطابقت دادن خواص مکانیکی خود برای کاهش پاسخ سازه نیاز دارند [۱]. در گروه آخر میراگرهای غیرفعال هستند که به اشکال گوناگون و عملکردها و ساختارهای متفاوت هر یک به نوعی با افزایش دادن میرایی سازه و یا مستهلک کردن انرژی وارد شده بدون نیاز به منبع انرژی خارجی به کنترل و محدود کردن حرکات سازه کمک می‌کنند. میراگرهای غیر فعال مطابق با شکل ۲، توسط T. Soong به شش گروه تقسیم می‌شوند که از جمله روش‌های مورد استفاده برای کنترل پاسخ سازه به وسیله میراگرهای غیر فعال، می‌توان به استفاده از عملکرد اصطکاکی یا خاصیت اتلاف انرژی صورت گرفته طی مرحله تسلیم شدن فولاد اشاره کرد که به ترتیب در میراگرهای اصطکاکی و میراگرهای فلزی تسلیم شونده به کار می‌رود. علاوه بر موارد ذکر شده می‌توان به روش انتقال انرژی ورودی به یک سیستم جرم و فنر الحاقی به سازه اصلی و استهلاک انرژی توسط مکانیزم‌های تعبیه شده در آن نیز اشاره کرد. سیستم جرم و فنر الحاقی می‌تواند به وسیله یک وزنه صلب که توسط پیستون‌ها و کابل‌هایی در محل خود نگه داشته می‌شود، تامین شود که این روش در میراگرهای جرمی تنظیم

^۲ Seismic Isolation

^۳ Damper

شده^۴ (TMD) استفاده می‌شود و یا این که توسط مخازن حاوی نوعی سیال که در اکثر موارد آب به عنوان این سیال به کار می‌رود، تامین شود که همان روش مورد استفاده در میراگرهای مایع تنظیم شده^۵ (TLD) است [۱].



شکل ۲: طبقه‌بندی میراگرهای غیرفعال توسط T. T. Soong

۲ معرفی و طبقه‌بندی انواع TLD

راه‌کار کلی مورد استفاده برای استهلاک انرژی ورودی به سازه توسط میراگرهای مایع تنظیم شده، استفاده از رفتار و خواص مایعی می‌باشد که تحت اثر تحریکات خارجی که به سازه اصلی اعمال شده و از طریق آن به میراگر منتقل می‌شود، از حالت سکون خارج شده و در درون مخزن میراگر در حال حرکت است. برای دست یافتن به این هدف مدل‌های مختلفی برای میراگر مایع تنظیم شده ارائه شده است که این میراگرها بسته به شکل مخازن، نسبت‌های ابعادی و نحوه عملکرد دارای دسته بندی‌های گوناگونی هستند که هر دسته خواص و ویژگی‌های متفاوتی نیز دارند. در این قسمت انواع مختلف میراگرهای مایع تنظیم شده توصیف می‌شود.

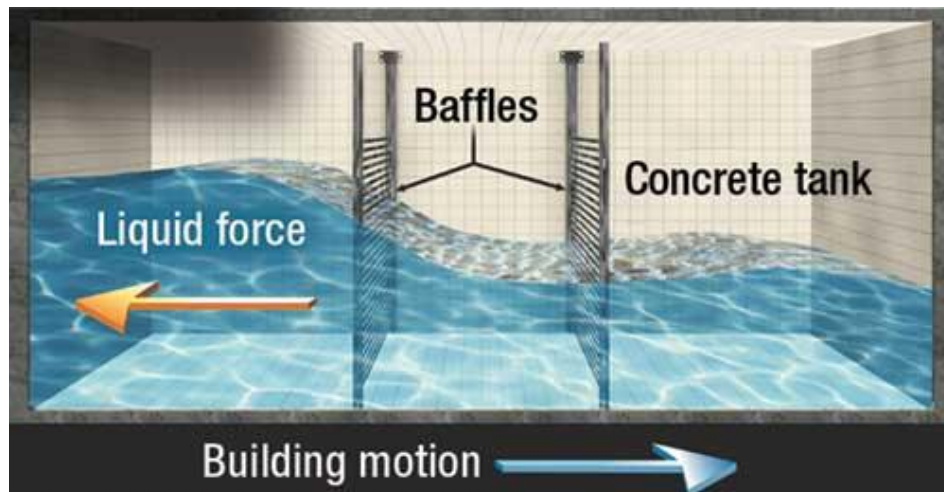
۱-۲ میراگرهای مایع با عملکرد تشکیل امواج

متعارف‌ترین شکل میراگر مایع تنظیم شده، میراگرهای TLD متشکل از یک مخزن آب نیمه‌پر می‌باشد که در طبقات انتهایی ساختمان و معمولاً طبقه آخر ساختمان به طور مستقیم و به صورت صلب بر روی سازه اصلی نصب می‌شود. مخازن میراگرهای TLD دارای اشکال گوناگونی هستند که از جمله آن می‌توان به مخازن مستطیلی و مخازن مدور اشاره کرد که مخازن مستطیلی تا حدودی دارای وزن بیشتری نسبت به مخازن مدور هستند. از عوامل استهلاک انرژی در میراگرهای TLD می‌توان به ویسکوزیته آب درون مخزن در حالت آرام و آشفته اشاره کرد که می‌توان این عامل را به صورت مکانیکی و با قرار دادن صفحات مجوف در درون مخزن مطابق شکل ۳ تشدید کرد. از عوامل استهلاک انرژی،

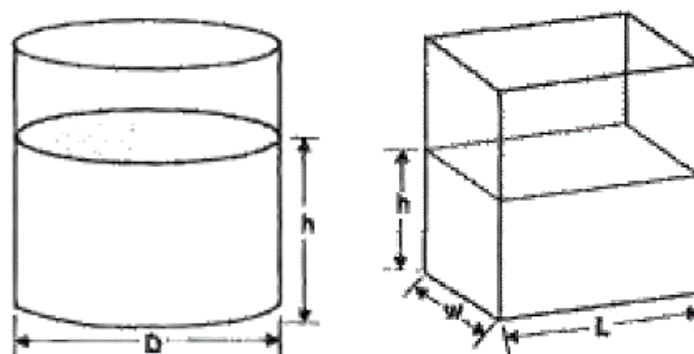
^۴ Tuned Mass Damper

^۵ Tuned Liquid Damper

علاوه بر ویسکوزیته آب می‌توان به نیروی برش پایه مخزن اشاره کرد که در نتیجه اختلاف نیروی هیدرواستاتیکی وارده بر دیواره‌ها در ابتدا و انتهای مخزن، با اختلاف فاز نسبت به تحریک خارجی اعمال شده، در محل نصب میراگر به سازه اصلی وارد می‌شود. در مورد میراگرهای TLD تاثیر نیروی برش پایه در کنترل رفتار سازه بیشتر از نقش ویسکوزیته آب می‌باشد که نحوه اثر نیروی هیدرواستاتیکی ناشی از اختلاف فشار آب در دیواره‌ها نسبت به تحریک خارجی اعمال شده به سازه، در شکل ۳ قابل مشاهده است. برای تحلیل میراگرهای TLD فقط جرم آب موجود در درون مخزن در نظر گرفته می‌شود که عامل بازگرداننده آب به حالت اولیه و ساکن خود نیز نیروی گرانشی وارد شده به آب مخزن می‌باشد. مخازن را بسته به ارتفاع آب درون مخزن می‌توان به دو گروه مخازن عمیق و سطحی تقسیم کرد. در صورتی که نسبت ارتفاع آب به طول مخزن کمتر از $0/15$ باشد مخزن آب سطحی و اگر بیشتر از $0/15$ باشد مخزن عمیق خواهد بود. مزیت مخازن سطحی این است که این نوع مخازن دارای اثر میرایی بیشتری هستند ولی به دلیل اینکه آب درون آن رفتار غیر خطی دارد، روش‌های تحلیل مشکل‌تری دارند. در مقابل مخازن عمیق دارای میرایی کمتر ولی روش‌های تحلیل ساده‌تر به دلیل رفتار خطی آب درون مخزن، هستند [۲]. در شکل ۴ مخازن متداول TLD به صورت شماتیک همراه با پارامترهای مورد نیاز برای تعیین ابعاد قابل مشاهده می‌باشند.



شکل ۳: نحوه عملکرد میراگر TLD [۳]



شکل ۴: اشکال هندسی متفاوت مخازن میراگر TLD