

بررسی تاثیر استفاده از میراگر TADAS در سازه‌های آبی هیدرولیکی تحت بارگذاری‌های پیوسته

محمود محمدی

دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد قشم، دانشگاه آزاد اسلامی، قشم، ایران

محمد اسدیان*

استادیار، دانشکده مهندسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

محمد امیری

استادیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

m.asadian@iaugeshm.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۲/۱۹

چکیده:

میراگرهای الحاقی TADAS²⁴ یک نوع سیستم کنترل غیرفعال می‌باشند که می‌توان در طراحی لرزه ای یا مقاوم سازی سازه‌های دریایی از آن‌ها استفاده نمود. متداولترین نوع سازه های فراساحلی دریایی ثابت که مورد استفاده قرار می‌گیرند، سکوه‌های جکت یا شابلونی هستند. این میراگرها در حالت ترکیبی با سازه های دریایی با استهلاک بخش زیادی از انرژی ورودی زلزله، تقاضای اتلاف انرژی توسط اعضای اصلی قاب در این نوع سازه ها را به شدت کاهش می دهند و از این جهت موجب افزایش ایمنی سازه‌ها می‌گردند. در این مطالعه، رفتار میراگر TADAS در تغییرمکان های بزرگ در سکوی SPD21 که از سکوه‌های دریایی فاز یک پارس جنوبی می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته و بعضی از جزئیات نادرست محتمل در طراحی آن، که در صورت عدم توجه می‌تواند خساراتی را برای سازه در پی داشته باشد، بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تحقیق پیرامون این موضوع، میراگر TADAS با تمام جزئیات در سازه دریایی SPD21 در نرم افزار اجزا محدود ABAQUS شبیه سازی شد و تحت بارگذاری زلزله پیوسته منتج به تغییرمکان های بزرگ قرار گرفت. مشخص گردید که سختی میراگر در یک تغییرمکان بزرگ به شدت و به صورت ناگهانی افزایش می‌یابد که این افزایش ناگهانی می‌تواند منجر به پاسخ های نامطلوب و حتی کمک به تخریب سازه دریایی گردد و لقی پین ها سبب تاخیر در عملکرد میراگر شده و احتمال آن که میراگر در زلزله ها نقش کمتری ایفا کند را افزایش می‌دهد. در این پژوهش مشخص گردید که اگر ارتفاع شکاف میراگر TADAS تا ۹ سانتیمتر افزایش داده شود و پین ها نیز در هنگام نصب میراگر در پایین ترین نقطه درون شکاف قرار گیرند، میراگرهای TADAS نصب شده بر سکوی شابلونی توانایی مقاومت در برابر نیروهای وارده زلزله و تغییر مکان‌های بزرگ ناشی از آن‌ها تا ۱۷/۹ سانتیمتر را دارا می‌باشند که نقش بسزایی در پایداری سازه‌های سکوه‌های شابلونی نظیر SPD21 را در هنگام وقوع زلزله و تغییر مکان های بزرگ خواهند داشت.

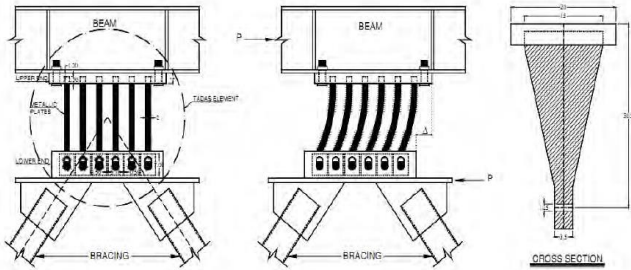
کلید واژگان: میراگر هیسترتیک TADAS، تغییرشکل، خطای طراحی، سکوی شابلونی SPD21

²⁴ Triangular added damping and stiffness

از انرژی زلزله با کارهای آزمایشگاهی استیمر کلی و همکاران آغاز شد [۴].

۱- مقدمه

از مهمترین و پرکاربردترین سکوه‌های هیدرولیکی آبی ثابت می‌توان به سکوی شابلونی اشاره نمود. زیرسازه این سکوها، قاب‌های فضاکار بوده و از اتصال اعضایی با مقاطع میانقابی ساخته شده‌اند. سیستم میراگر TADAS به عنوان یک ابزار کنترل غیر فعال، از اثرات نیروهای جانبی و زلزله جلوگیری کرده و جهت کنترل ارتعاش سازه استفاده می‌شود. یکی از انواع مهم میراگرهای الحاقی، دمپرهای هیسترتیک فلزی می‌باشد. اساس کار این میراگرها بر مبنای تحمل تغییرشکل‌های غیر خطی استوار است که موجب اتلاف بخش بزرگی از انرژی ورودی زلزله به سازه هیدرولیکی می‌شود. به طور کلی هدف استفاده از این نوع میراگرها آن است که جذب انرژی زلزله در محل از پیش تعیین شده برای میراگر اتفاق افتد تا اعضای اصلی سازه نظیر تیرها، ستون‌ها و مهاربندها حتی الامکان به ناحیه غیرخطی وارد نشوند و یا در صورت ورود، خسارت زیادی به آنها تحمیل نگردد. یکی از انواع این میراگرها به دو شکل کلی میراگرهای^۲ ADAS و TADAS معرفی شده‌اند که علاوه بر تامین میرایی مناسب، سختی قابل قبولی را نیز برای سازه فراهم می‌نمایند. این میراگرها از چند صفحه فولادی تشکیل شده‌اند که به صورت موازی در کنار هم قرار می‌گیرند (شکل ۱). قسمت پایینی میراگر به مهاربند های شورون متصل می‌شود و قسمت بالایی آن به تیر طبقه وصل می‌گردد. با وقوع زلزله، قسمت بالایی میراگر نسبت به قسمت پایینی آن به صورت افقی حرکت می‌کند و بر اثر این حرکت، ورق‌های میراگر تسلیم می‌شود و مقدار زیادی از انرژی زلزله مستهلک می‌گردد [۱]. در شکل (۱) رفتار میراگر TADAS در حین اعمال تغییرشکل مشاهده می‌شود. از آنجا که میراگرهای TADAS جزو میراگرهای الحاقی وابسته به تغییرمکان می‌باشند، برای ایفای نقش در زلزله لازم است که تغییرمکان نسبی وارده به آن‌ها از تغییرمکان آستانه تسلیم این میراگرها بیش تر باشد. پس اگر زلزله ضعیفی رخ دهد که نتواند تغییرمکان لازم برای تسلیم میراگر را فراهم کند، میراگر اصولاً فعال نمی‌شود و هیچ مقداری از انرژی را تلف نمی‌کند [۲]. ظرفیت دورانی سیستم TADAS جوش شده بیش از ۰/۲۵ رادیان می‌باشد. پاسخ لرزه ای قاب دارای سیستم بخوبی می‌تواند کنترل شود و به وسیله آنالیز غیر خطی سازه اصلی، با دقت می‌توان پیش بینی کرد [۳] ایده به کارگیری میراگرهای فلزی تسلیم شونده در داخل سازه به منظور جذب بخش عمده ای

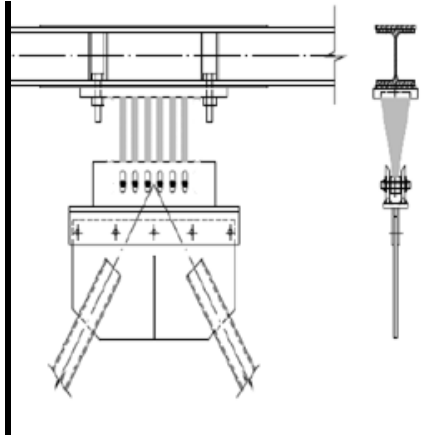


شکل ۱- رفتار میراگر TADAS حین وقوع زلزله

ویتاکر و همکاران آزمایشات و تحقیقات مختلفی را بر روی میراگرهای ورقی شکل X-ADAS انجام دادند و بر مبنای این آزمایشات و تحقیقات متوجه شدند که میراگرهای ضربه‌داری شکل ADAS رفتار هیسترتیک کاملاً پایدار بدون هیچ گونه کاهش سختی و مقاومت تحت اثر بارهای رفت و برگشتی زیاد دارند [۵]. زا و همکارانش اثر پارامترهای مختلف میراگر ADAS را بر روی پاسخ‌های لرزه ای ساختمان مطالعه کردند [۶]. تسای و همکاران آزمایشات و شبیه‌سازی‌های عددی را بر روی میراگر TADAS انجام دادند آن‌ها متوجه شدند که سختی میراگر در تغییرمکان‌های بزرگ در سیکل‌های پایانی به ناگهان افزایش یافته است. این تغییر ناگهانی در سختی میراگر به دلیل برخورد ورق‌های مجاور در تغییرشکل‌های بزرگ گزارش گردید [۷]. محمودی و همکاران در پژوهشی به بررسی تاثیر میراگر بر ضریب رفتار قاب خمشی ویژه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین عامل در ضریب رفتار میزان شکل‌پذیری است که با میراگر می‌توان مقدار آن را افزایش داد و همچنین دریافتند که میراگر فلزی نسبت به سایر سیستم‌های کنترلی مزایا و معایبی دارند. از مزایای آن می‌توان به عدم نیاز به تکنولوژی پیشرفته برای ساخت، عدم حساسیت به شرایط محیطی نظیر دما و رطوبت، هزینه کم برای ساخت و نصب راحت در سازه، قابلیت اعتماد در زمان‌های طولانی، رفتار هیسترتیک پایدار، عدم تاثیرگذاری بر ظرفیت بارگذاری ثقلی سازه و همچنین امکان تعویض راحت آن بعد از وقوع زلزله اشاره کرد. اما از معایب آن می‌توان به لزوم استفاده از تحلیل وقت‌گیر غیرخطی برای سازه به دلیل غیرخطی شدن میراگر و همچنین لزوم تعویض میراگر بعد از وقوع زلزله با یک میراگر سالم اشاره کرد [۸]. ساهو و همکاران به بررسی رفتار چرخه ای برشی و خمشی میراگرهای فلزی پرداختند در بررسی‌های

² Added damping and stiffness

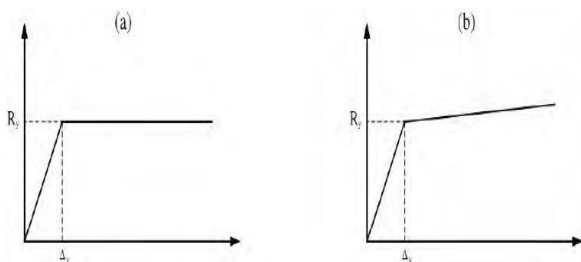
در سازه‌های دریایی در مطالعات گذشته بسیار حائز اهمیت می‌باشد. با بررسی ایرادات طراحی میراگر TADAS در سازه سکوی شابلونی و رفع این ایرادات میتوان کارایی این سکوها در زمان اعمال نیروهای سنگین زلزله و تغییر مکان های بزرگ را ارتقاء بخشید.



شکل ۲- نحوه اتصال و محل قرارگیری میراگر TADAS در قاب مدلسازی سکوی شابلونی هیدرولیکی در نرم افزار

۲- سختی و مقاومت میراگر TADAS

برای نشان دادن رفتار نیرو - جابجایی میراگرهای TADAS در حالت ایده آل معمولاً از یک نمودار دو خطی استفاده می‌شود (شکل ۳). قسمت اول معرف ناحیه الاستیک و قسمت دوم معرف رفتار در ناحیه پلاستیک میراگر می باشد. شیب قسمت دوم نمودار می‌تواند صفر یا یک عدد مثبتی باشد [۷].



شکل ۳- منحنی های ایده آل میراگر TADAS

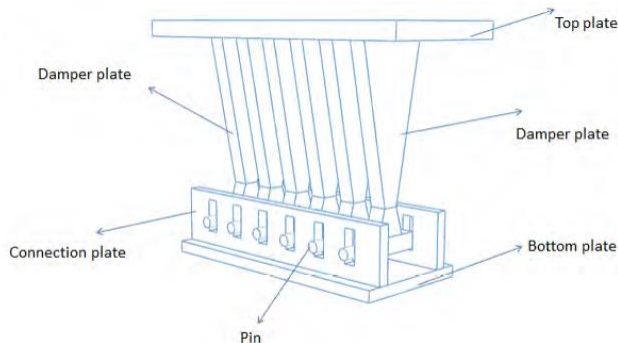
معادلات زیر که توسط تسای ارائه شده‌اند، به ترتیب معرف سختی الاستیک، نیروی تسلیم (مقاومت) و تغییر مکان تسلیم میراگر می‌باشد [۷]. در فرمول های زیر N ، h ، B و t به ترتیب معادل با تعداد، ارتفاع، عرض پایه و ضخامت ورق های میراگر می‌باشد که این پارامترها در شکل (۴) مشاهده می‌شوند.

ایشان مشخص گردید که رفتارهای چرخه ای میراگرهای فلزی دارای نوسان های بسیار کمی می‌باشد [۹]. لی و همکاران در پژوهشی در زمینه میراگرهای نواری فولادی غیر یکنواخت تحت بارهای چرخه ای را مورد مطالعه قرار دادند. در مطالعه ایشان عملکرد چرخه‌ای دمپرهای نواری فولادی غیر یکنواخت را توصیف می‌کند. اشکال پیشنهادی شامل نواری به شکل دمبل، نواری به شکل مخروط و نواری به شکل ساعت شنی بود. هر یک از این اشکال نواری برای کاهش تمرکز تنش هنگام قرار گرفتن در معرض بارهای چرخه‌ای طراحی شده است. به منظور ارزیابی عملکرد میراگرها، شش نمونه از نظر چرخه‌ای مورد آزمایش قرار گرفتند. آسیب تجمعی ناشی از حرکت هیستریزس به طور موثر در کل ارتفاع نوارها توزیع شد [۱۰]. مالکی و همکاران به مطالعه در باره عملکرد میراگر های ترکیبی منحنی و میراگر های مثلثی افزایشده میرایی و سختی در قاب خمشی فولادی با استفاده از روش اجزاء محدود پرداختند [۱۱]. در تحقیق آزمایشگاهی لی و همکاران، میراگرهای برشی، خمشی و ترکیبی مورد بررسی قرار گرفت برای صحت سنجی از نتایج نمونه آزمایشگاهی میراگر شش ضلعی که بصورت نمودار هیستریزس گزارش شده بود استفاده گردید [۱۲]. در مطالعه حاضر، رفتار میراگر تحت تغییر شکل های بزرگ در سازه در یابی SPD21 پارس جنوبی که از بزرگترین سکوهای شابلونی می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته است و بعضی دیگر از خطاهای محتمل در طراحی این نوع میراگر که می‌تواند موجب بروز آسیب در سازه گردد، نشان داده شده اند. پارامترهای مهمی که بر رفتار میراگر تاثیر دارند، شامل ارتفاع شکاف میراگر، فاصله بین تا جداره بالایی شکاف میراگر و لقی موجود بین بین های میراگر و شکاف میراگر می‌باشد. برای بررسی تاثیر این پارامترها بر رفتار میراگر، میراگر TADAS در نرم افزار ABAQUS شبیه سازی شده و رفتار آن تحت تغییر مکان های بزرگ در سازه دریایی مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل (۲) طریقه نصب میراگر TADAS در قاب زیرین سازه سکوی SPD21 و نحوه شبیه سازی شده مشخص می‌باشد و پارامترهای مربوطه در نرم افزار ABAQUS در قسمت های مختلف پیش بینی و اعمال گردیده است تا بتواند بهترین خروجی و دقیق ترین نتایج را حاصل نماید. نوآوری این پژوهش، بررسی ایرادات طراحی میراگرها در سازه های سکوهای شابلونی بوسیله شبیه سازی میراگر TADAS در سکوی شابلونی SPD21 پارس جنوبی می‌باشد تا بتوان خطاهای بسیار زیاد در طراحی این گونه از میراگرها در سکوهای شابلونی را به حداقل رساند که این موضوع بدلیل عدم بررسی ایرادات طراحی میراگرها

می‌کند. قطر پین برابر با ۲ سانتی متر و طول آن برابر با ۲۰ سانتی متر لحاظ گردید.

۴- پلیت پایینی به طول ۴۸ سانتی متر، عرض ۱۱ سانتی متر و ضخامت ۲ سانتی متر که در کف دمپر قرار می‌گیرد.

۵- دو عدد پلیت اتصال، که این پلیت‌ها به صورت عمود در دو طرف پلیت پایینی قرار گرفته و به آن جوش می‌شوند. در این پلیت‌ها در فواصل مشخص، شکاف‌هایی برای عبور دادن پین‌ها ایجاد می‌شود. ارتفاع شکاف‌ها برابر با ۶ سانتی متر و عرض آنها برابر با ۲/۲ سانتی متر در نظر گرفته شده است. با توجه به قطر ۲ سانتی متری پین‌ها، ۲ میلی متر لقی درون شکاف ایجاد می‌شود. در شرایط اولیه، مرکز پین‌ها در فاصله ۲ سانتی متری از پایین شکاف قرار داده می‌شود.



شکل ۵ - میراگر شبیه‌سازی شده TADAS در نرم افزار ABAQUS

برای همه اجزای میراگر از فولاد با مشخصات ST37 استفاده شد به غیر از پین‌ها که برای ساخت آن از ST52 استفاده گردید. تمامی ۶ درجه آزادی برای پلیت پایینی دمپر بسته شد و برای پلیت بالایی، تنها انتقال در جهت بارگذاری آزاد گردید. بارگذاری با اعمال تغییر مکان تدریجی تا ۱۶ سانتی متر به پلیت بالایی دمپر اعمال شد. در شکل (۶) میزان جابجایی قاب با میراگر TADAS نشان داده شده است.

(۱)

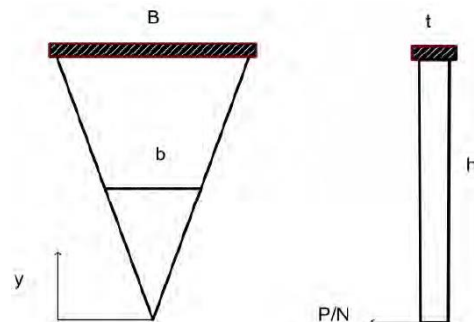
$$K = \frac{NEBt^3}{6h^3}$$

(۲)

$$Ry = \frac{NfyBt^2}{6h}$$

(۳)

$$\Delta y = \frac{fyh^2}{Et}$$



شکل ۴ - مقطع صفحات میراگر TADAS

۳- هندسه میراگر TADAS

میراگر شبیه‌سازی شده در نرم افزار ABAQUS در شکل (۵) نشان داده شده است که شامل اجزای زیر می‌باشد:

- ۱- پلیت بالایی به طول ۶۰ سانتی متر، عرض ۲۵ سانتی متر و ضخامت ۳ سانتی متر. شایان ذکر است که تمامی صفحات مثلی دمپر TADAS به این پلیت جوش می‌شوند.
- ۲- صفحات دمپر که از اصلی‌ترین اجزا میراگر به حساب می‌آیند. در حالت تئوری این صفحات مثلی فرض می‌شوند، اما در واقعیت به دلیل محدودیت‌های اجرایی هیچ‌گاه نمی‌توان از اشکال مثلی استفاده نمود. عملاً همان‌گونه که در شکل (۵) ملاحظه می‌شود، این صفحات از یک قسمت دوزنقه‌ای در بالا و یک قسمت مستطیلی در پایین تشکیل شده‌اند. برای عبور دادن میله‌های غلتکی (پین‌ها) از درون قسمت مستطیلی، داخل این قسمت‌ها سوراخی با قطر ۲ سانتی متر ایجاد می‌شود. در این مطالعه تعداد ورق‌های دمپر برابر با ۶ عدد در نظر گرفته شده است.
- ۳ - میله‌های غلتکی یا همان پین‌ها که برای ایجاد اتصال مفصلی در پایین دمپر استفاده می‌شود. همانطور که در قسمت بالا ذکر شد، این پین‌ها از درون سوراخ قسمت مستطیلی ورقه‌ای دمپر عبور

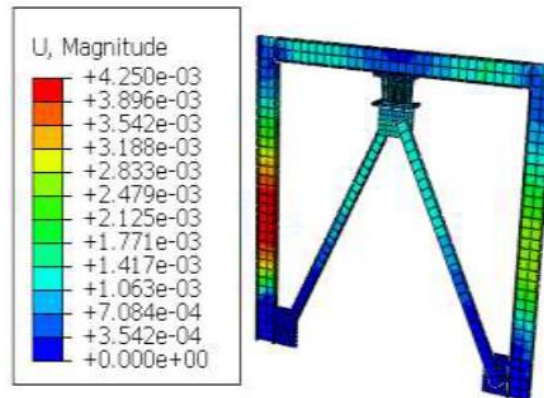
است. مقدار a برای سکوی شابلونی برابر طول سکوی هیدرولیکی است.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\pi g}{a} \tanh\left(\frac{\pi h_0}{a}\right)} \quad (4)$$

$$f_w = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi g}{a} \tanh\left(\frac{\pi h_0}{a}\right)}$$

۵- نتایج شبیه‌سازی میراگر TADAS

جدول (۱) مقایسه نتایج آنالیز در این پژوهش نسبت به نتایج مقادیر حاصل از روابط تئوری مذکور می‌باشد. بر اساس تحلیل این نتایج مشخص گردید که تغییر مکان تسلیم میراگر TADAS نصب شده در سکوی SPD21 در حالت شبیه سازی ۵/۵۸ میلیمتر بوده در حالی که بر اساس روابط تئوری این مقدار ۴/۵۳ میلیمتر می‌باشد. میزان اختلاف این پارامتر در دو حالت آنالیز شبیه‌سازی شده و تئوری ۱/۰۵ میلیمتر بوده که بسیار ناچیز می‌باشد. میزان نیروی تسلیم در حالت شبیه‌سازی و آنالیز نرم افزاری ۱۰۲/۳ کیلونیوتن بدست آمد. بر اساس روابط تئوری نیروی تسلیم ۸۸/۹ کیلونیوتن محاسبه گردید که نشان می‌دهد در حالت شبیه سازی میزان نیروی تسلیم میراگر TADAS، ۱۳/۴ کیلونیوتن بیشتر از حالت محاسبات روابط تئوری می‌باشد. سختی الاستیک در حالت شبیه سازی نرم افزاری ۱۸۳۳۳/۳۳ کیلونیوتن بر متر بدست آمد و این پارامتر در حالت تئوری ۱۹۶۲۴/۷۲ کیلونیوتن بر متر محاسبه گردید که بر اساس تحلیل نتایج، سختی الاستیک حاصل از آنالیز و شبیه‌سازی ۶/۵۸ درصد کمتر از حالت محاسبات تئوری می‌باشد. منحنی نیرو - تغییر مکان میراگر در شکل (۷) مشاهده می‌شود. این منحنی از چهار ناحیه تشکیل شده است. ناحیه اول که سختی بسیار ناچیزی را نشان می‌دهد، به لقی بین های میراگر مرتبط می‌شود. ناحیه دوم محدوده الاستیک میراگر و ناحیه سوم شروع محدوده رفتار غیرخطی میراگر را نشان می‌دهد. در انتهای ناحیه سوم، ناحیه چهارم قرار دارد که در آن افزایش ناگهانی سختی رخ داده است. این افزایش ناگهانی در شیب نمودار به علت برخورد صورت گرفته بین بین ها و جداره بالایی شکاف ها در تغییر مکان مذکور می‌باشد.

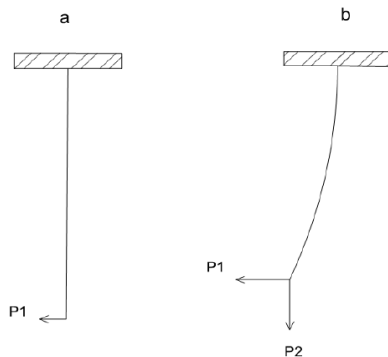


شکل ۶- میزان جابجایی قاب با میراگر TADAS در نرم افزار ABAQUS

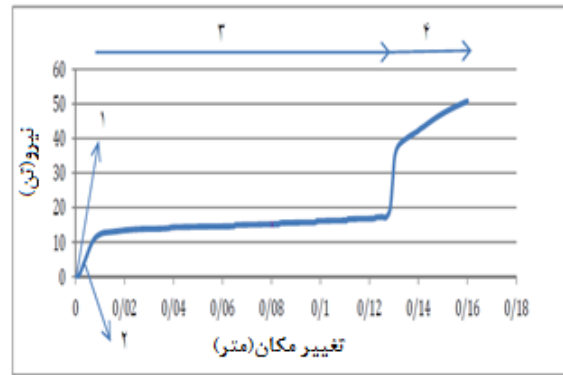
۴- مشخصات مطالعه موردی

سکوی سرچاهی SPD21 که برای مطالعه موردی در این پژوهش انتخاب شده یکی از سکوهای دریایی فاز یک پارس جنوبی و تنها سکوی نصب شده در فاز ۲۱ می‌باشد. سکوی استخراج ۴ پایه و سکوی پل و مشعل به صورت ۳ پایه طراحی شده اند. قطر پایه‌های سکوی سرچاهی ۶۰ اینچ و شامل ۱۵ رایزر ۲۶ اینچ جهت اتصال به چاه حفاری شده است. اسکوی ۲ هزار و ۷۰۰ تنی فاز ۲۱ پارس جنوبی که با هدف برداشت یک میلیارد فوت مکعب گاز از این میدان گازی طراحی شده است، در سال ۱۳۹۵ (۲۰۱۶) مورد بهره برداری قرار گرفت که هم اکنون تغییرات زیاد سازه در نتیجه اعمال شدید نیروی امواج و باد و زلزله، لزوم استفاده و اضافه کردن و مدلسازی سیستم‌های میراگر کنترل کننده تغییرات سازه سکو را توجیه پذیر ساخته است. محل سرویس دهی این سکو که در آب به عمق ۷۹ متر نصب شده است، در عرض جغرافیایی ۳۶°۵۴'N و طول جغرافیایی ۱۱°۲۹'E قرار دارد. سکوی SPD21 از سه بخش اصلی جکت، شمع‌ها و عرشه تشکیل شده است. عرشه این سکو با ابعاد ۳۰*۱۸ متر شامل سه طبقه LOWER DECK با ارتفاع ۱۴ متر از سطح آرام آب، Mezzanine Deck با ارتفاع ۱۸ متر و TOP DECK با ارتفاع ۲۰ متر از سطح آرام آب قرار دارد. این عرشه روی یک جکت شش پایه قرار دارد که توسط شش شمع که از داخل پایه‌ها کوبیده شده‌اند به بستر دریا متصل شده است. ابعاد پلان سکو در تراز بستر دریا ۳۹*۲۵ متر می‌باشد. حداکثر قطر پایه های سکو ۱/۸ متر و کل جرم آن ۴۴۰۰ تن است. معادلات اصلی حاکم در پروژه نیز به شرح رابطه (۴) است. در رابطه (۴) h_0 ، ارتفاع سیال، g شتاب گرانش، w فرکانس زاویه ای بر حسب rad/s و f فرکانس بر حسب Hz

همانطور که از شکل (۷) مشاهده می‌شود، شیب منحنی نیرو - تغییرمکان میراگر TADAS در تغییرمکانی معادل ۱۲/۸ سانتی‌متر به طور ناگهانی افزایش یافته است. این افزایش ناگهانی در شیب نمودار به علت برخورد صورت گرفته بین پین‌ها و جداره بالایی شکاف‌ها در تغییرمکان مذکور می‌باشد. مشاهده می‌گردد زمانی که تغییرمکان به پلایت بالایی دمپر TADAS اعمال می‌شود، در ابتدا فضای خالی ما بین پین‌ها و جداره داخلی شکاف‌ها پر می‌شود (ناحیه یک در شکل ۷). تا این لحظه هیچ نیرویی به صفحات اصلی دمپر وارد نشده و دمپر فعال نشده است. بعد از برقراری تماس بین پین‌ها و جداره داخلی شکاف‌ها، نیرویی به صفحات دمپر وارد می‌شود (نیروی P1 در شکل ۸). هر چه میزان بارگذاری بیشتر می‌شود، مقدار این نیرو هم افزایش پیدا می‌کند. بعد از مدتی و تحت یک تغییرمکان مشخص، صفحات دمپر در سرتاسر ارتفاعشان و به صورت همزمان به مقدار تنش تسلیم خود می‌رسند. از این مرحله به بعد صفحات وارد فاز غیرخطی می‌شوند و سختی آن‌ها به شدت افت پیدا می‌کند. با افزایش بارگذاری اعمالی، پین‌ها آرام آرام درون شکاف به سمت بالا حرکت می‌کنند تا این که بین آن‌ها و جدار بالایی شکاف‌ها برخورد رخ می‌دهد. در این زمان، ناگهان یک نیروی محوری به صفحات دمپر وارد می‌شود که تاکنون حضور نداشت (نیروی P2 در شکل ۸). شکل (۹) لحظه برخورد پین‌ها و جداره بالایی شکاف‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۸- رفتار میراگر (a) قبل از برخورد پین با جداره بالایی شکاف (b) بعد از برخورد پین با جداره بالایی شکاف



شکل ۷- منحنی نیرو - تغییرمکان میراگر TADAS (ton-m)

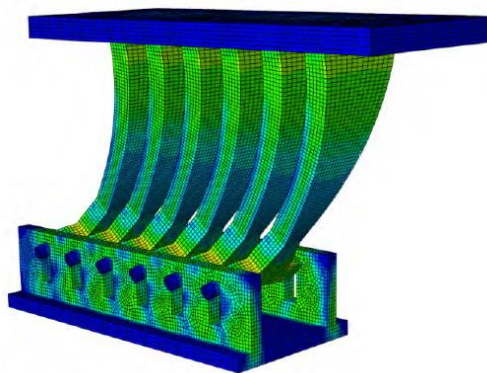
در جدول (۱) مقایسه نتایج آنالیز شامل تغییرمکان تسلیم میراگر، نیروی تسلیم میراگر، سختی الاستیک میراگر با مقادیر حاصل از روابط ۱-۳ نشان داده شده است. همچنین در این جدول، تغییرمکان و نیروی متناظر با زمان برخورد ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، میزان اختلاف جزئی می‌باشد. یکی از علت‌های مهم وقوع اختلاف در مثلی فرض کردن ورق‌های میراگر در حالت تئوری می‌باشد، در حالی که در واقعیت ورق‌ها دوزنقه ای شکل هستند.

جدول ۱ - نتایج حاصل از آنالیز میراگر TADAS

	تغییرمکان تسلیم	نیروی تسلیم	سختی الاستیک	تغییرمکان برخورد	نیروی متناظر با زمان برخورد
آنالیز	5.58 mm	102.31 KN	18333.33 KN/m	12.81 cm	172.52 KN
تئوری	4.53 mm	88.91 KN	19624.72 KN/m
میزان اختلاف	1.05 mm	13.42 KN	6.58 %

۶- نتیجه گیری

در این مطالعه یک میراگر TADAS با جزئیات کامل آن در سازه دریایی در نرم افزار ABAQUS شبیه سازی گردید و تحت تغییر مکان های بزرگ قرار گرفت. نشان داده شد در حین بارگذاری ابتدا ورق های میراگر در یک تغییر مکان کوچک تسلیم می شوند سپس، بین ها درون شکاف های میراگر آرام آرام به سمت بالا حرکت می کنند و در نهایت در تغییر مکان های بزرگ به جداره بالایی شکاف میراگر برخورد می کنند. این برخورد سبب افزایش ناگهانی سختی در حد صلبیت میراگر و تخریب سازه می گردد. برای جلوگیری از برخورد رخ داده، در این پژوهش مشخص گردید که اگر ارتفاع شکاف میراگر تا ۹ سانتیمتر افزایش داده شود و بین ها نیز در هنگام نصب میراگر در پایین ترین نقطه درون شکاف قرار گیرند، میراگرهای TADAS نصب شده بر سکوی شابلونی توانایی مقاومت در برابر نیروهای وارده زلزله و تغییر مکان های بزرگ ناشی از آن ها تا ۱۷/۹ سانتیمتر را دارا می باشند که نقش بسزایی در پایداری سازه های سکوهایی شابلونی نظیر SPD21 را خواهند داشت. در شبیه سازی میراگر TADAS در سازه سکوی SPD21 در این پژوهش نشان داده شد که با افزایش ارتفاع شکاف از ۴ سانتیمتر به ۹ سانتیمتر می توان تغییر مکان متناظر با زمان برخورد بین جداره بالایی شکاف میراگر، تغییر مکان متناظر با زمان برخورد بین افزایش ارتفاع شکاف مهم ترین تاثیر در ایفای نقش سازه ای میراگر TADAS در سکوهایی شابلونی نظیر SPD21 پارس جنوبی خواهد داشت. نکته مهم دیگر این است که لقی مابین بین ها و شکاف های میراگر سبب به وجود آمدن تاخیر در شروع عملکرد میراگر می شود که امری نامطلوب است. بدین منظور مشخص گردید که برای عبور راحت بین ها از درون شکاف ها، عرض شکاف حداکثر ۲ میلی متر بزرگ تر از قطر بین ها باشد تا ظرفیت اتلاف انرژی میراگر تضعیف نگردد.



شکل ۹ - برخورد بین ها با جداره بالایی شکاف ها

روشن است با وقوع برخورد بین ها با جداره بالایی شکاف، سختی میراگر به شدت افزایش می یابد (شروع ناحیه ۴ در شکل ۷). این افزایش سختی می تواند سبب جذب نیروی بسیار زیاد به سازه و تخریب آن در محل میراگر گردد. برای جلوگیری از این مساله، دو پیشنهاد ارائه می شود:

- ۱- افزایش ارتفاع شکاف : طبیعی است که هرچه ارتفاع شکاف بیشتر شود، برخورد دیرتر رخ می دهد.
- ۲- قرار دادن بین ها در پایین ترین نقطه نسبت به کف شکاف در هنگام نصب میراگر : این عمل سبب می شود، بین فضای بیشتری برای حرکت در محدوده شکاف داشته باشد و برخورد دیرتر رخ دهد. در این مطالعه، ارتفاع شکاف از مقدار ۴ سانتی متر تا ۹ سانتی متر تغییر داده شد و مقدار تغییر مکان متناظر با زمان برخورد در هر حالت به دست آورده شد. مطابق نتایج حاصله که خلاصه آن در جدول (۲) مشاهده می شود، با افزایش ارتفاع شکاف، برخورد در تغییر مکان های بزرگتری رخ می دهد و این می تواند عدم وقوع برخورد را در زلزله های شدیدتر که تغییر مکان های بزرگی به سازه وارد می شود، تضمین کند.

جدول ۲ - تغییر مکان متناظر با حالت برخورد در ارتفاع مختلف شکاف

ارتفاع شکاف	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	9 cm
تغییر مکان متناظر با زمان برخورد	7.7 cm	10.7 cm	12.8 cm	14.6 cm	16.4 cm	17.9 cm

منابع

- [1] Symans MD, Charney FA, Whittaker AS, Constantinou MC, Kircher CA, Johnson MW, McNamara RJ. "Energy dissipation systems for seismic applications: current practice and recent developments." *Journal of Structural Engineering*. 2008; 134(1):3-21.
- [2] Dareini Javad, Shamshiri Hessam, Hosseini Hashemi Behrokh. "Use of Dual Systems in Tadas Dampers to Improve Seismic Behavior of Buildings in Different Levels." *Procedia Engineering*. 2011; 14:2788-2795.
- [3] Tsai KC, Chen HW, Hong CP, Su YF. Design of steel triangular plate energy absorbers for seismic resistance construction. *Earthquake Spectra*; 1993; Beijing; China
- [4] Stiemer SF, Godden WG, Kelly JM. Experimental with Steel Energy Behavior of Spatial Piping System Absorbers Subjected to a Simulated Differential Seismic Input, Report No. UCB/EERC-81/09 Earthquake Engineering Research Center, 1981; University of California, Berkeley, CA.
- [5] Whittaker, Andrew S, Vitelmo Victorio Bertero, Thompson Christopher. Earthquake simulator testing steel plate added damping and stiffness elements. of Vol. 89, No. 2, Earthquake Engineering Research University of California, Berkeley, Center, 1989; CA.
- [6] Xia Chuan, Robert DH. "Influence of ADAS element parameters on building seismic response." *Journal of Structural Engineering*. 1992; 118(7):1903-1918.
- [7] Tsai CS, Tisan KC. "TPEA device as seismic damper for high-rise buildings." *Journal of mechanics*. 1995; 121(10):1075-1081.
- [8] Mahmoudi Mussa, Ghasem Abdi Mohammad. The Effect Of Ductility On Response Modification Factors Of Tadas Frames, *Research in Civil and Environmental Engineering*. 2014; 2 (3): 80-95.
- [9] Sahoo DR, Singhal T, Taraitia SS, Saini A. Cyclic behavior of shear-and-flexural yielding metallic dampers. *Journal of Constructional Steel Research*. 2015; 4(11): 247-257.
- [10] Lee C, HJu YK, Min JK, Lho SH, Kim SD. Nonuniform steel strip dampers subjected to cyclic loadings. *Engineering Structures*. 2015; 8(9): 192-204.
- [11] Maleki S, Mahjoubi S. Infilled-pipe damper *Journal of Constructional Steel Research*. 2014; 9(8):45-58.
- [12] Li HN, Li G. Experimental study of structure with dual function metallic dampers. *Engineering Structures*. 2007; 2(9):1917-1928.

Investigation of the Effect of Using TADAS Dampers in Hydraulic Structures under Continuous Loads

* Mahmood Mohammadi

PhD Student, Department of Civil Engineering, Qeshm Branch, Islamic Azad University, Qeshm, Iran

Mohammad Asadiyan

Assistant Professor, Faculty of Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Mohammad Amiri

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Hormozgan University, Bandar Abbas, Iran

m.mohammadi@iauqeshm.ac.ir

Abstract:

TADAS additional dampers are a type of passive control system that can be used in seismic design or retrofitting of offshore structures. The most common type of fixed offshore structures that are used include jacket or template platforms. These dampers in combination with offshore structures through the consumption of a large part of the input energy of the earthquake, greatly reduce the demand for energy loss by the main members of the frame in this type of structures and therefore increase the safety of structures. In the present study, the behavior of TADAS dampers in large displacements in SPD21 platform, which is one of the offshore platforms of South Pars phase 1, was investigated and some possible incorrect details in its design, which if not paid attention can cause damage to the structure, were reviewed and analyzed. To investigate this issue, the TADAS damper was simulated in full detail in the SPD21 offshore structure in ABAQUS finite element software and was subjected to continuous earthquake loading resulting in the large displacements. It was found out that the stiffness of the damper increases sharply and abruptly in a large displacement, which can lead to undesirable responses and even help to destroy the marine structure, and the looseness of the pins delays damper performance and increases the likelihood that dampers will play a lesser role in the earthquakes. In this research, it was deduced that if the height of the TADAS damper gap is increased up to 9 cm and the pins are at the lowest point inside the gap when installing the damper, the TADAS dampers installed on the template platform will be able to withstand the forces of earthquake and large displacements caused by them up to 17.9 cm which will play an important role in the stability of template platform structures such as SPD21 in the event of an earthquake and large displacements.

Keywords: TADAS hysterical damper, deformation, design error, SPD21 template platform



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license: (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)