



ارزیابی سکوهای ثابت دریایی موجود و مقاوم سازی آنها به وسیله میراگرهای الحاقی

علی اکبر گل افشانی، محمدرضا تابش پور، یونس کماچی

دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شریف

Tabesh_mreza@yahoo.com

چکیده

سکوهای ثابت دریایی بسیار مستعد خوردگی و خستگی هستند و همچنین به خاطر عللی مانند نشست سازه و دلایل دیگر انتظار می رود که این سازه ها بعد از چند سال بهره برداری، نیاز به بهسازی داشته باشند. یکی از گزینه هایی که برای این منظور مفید به نظر می رسد استفاده از سیستم های اتلاف گر انرژی می باشد. در این مطالعه سعی بر آن است که ضمن بیان روش های ارزیابی و بهسازی سکوهای ثابت دریایی موجود، مروری بر چگونگی مقاوم سازی این سازه ها به وسیله اتلاف گرهای انرژی و به طور اخص میراگر اصطکاکی، صورت گیرد.

کلمات کلیدی: سازه دریایی-سکوی ثابت دریایی-میراگر اصطکاکی-اتلاف گر انرژی-مقاوم سازی

۱- مقدمه

سکوهای ثابت فلزی دور از ساحل در دهه های گذشته برای فعالیت های مختلف مانند استخراج و تولید گاز یا نفت، حفاری و غیره مورد استفاده قرار گرفته اند. استفاده از این سازه ها در عمق های کم و متوسط (150 m) بسیار مناسب و اقتصادی است. این سازه ها به طور معمول به صورت سازه های قابی با لوله های فولادی هستند که به بستر دریا مهار می شوند. سکوهای ثابت فلزی شامل یک قاب زیری هستند که تجهیزات تولید و ملحقات عرشه را نگه می دارند. محدوده پربود زمانی این نوع سازه ها در



حدود ۲ تا ۸ ثانیه است. بارهای وارد بر این نوع سازه ها شامل بارهای هنگام ساخت و بارهای بعد از ساخت مانند باد، موج و زلزله می باشند. طول عمر متوسط این سکوها در حدود ۲۵ سال است.

این نوع سازه ها ممکن است به دلایل مختلف مانند نشست، خوردگی، خستگی و تغییرات دیگر دچار ضعف در مقاومت شوند. از طرفی عدم دسترسی به مشخصات طراحی (مثل نقشه ها، نوع فولاد، روش های جوشکاری، نتایج بازرسی و جزئیات تعمیرات قدیمی تر و غیره) باعث عدم آگاهی از توانایی سازه برای مقاومت در مقابل بارهای موجود است. در نتیجه احتمال دارد که این نوع سازه ها بعد از چند سال بهره برداری نیاز به تقویت داشته باشند.

برای مقاوم سازی روش های مختلفی مانند کاهش وزن، افزایش سختی و مقاومت، تغییر کاربری، حذف نامنظمی ها و غیره وجود دارد. یک روش مقاوم سازی، استفاده عضوهای تقویتی اضافی یا تعویض اعضای ضعیف است. این روش دارای اشکالاتی می باشد از جمله این که تقویت یک قسمت باعث ایجاد تغییر در سختی آن و به وجود آمدن نوعی عدم تقارن می شود که این امر ما را به تقویت قسمت های دیگر مجبور می کند و ممکن است کار مقاوم سازی را سخت و پرهزینه کند. همچنین ممکن است با تقویت اعضای موجود به علت افزایش نیروی محوری ستون ها، پی نیاز به تقویت داشته باشد که تقویت پی امری بسیار دشوار و گاهی ناممکن است.

روش دیگر استفاده از سیستم های اتلاف انرژی است. برای اتلاف انرژی از سیستم های مختلفی مانند میراگرهای ویسکو الاستیک، میراگرهای ویسکوز و میراگرهای اصطکاکی استفاده می شود. در سال های اخیر تحقیقات گسترده ای بر روی عملکرد سکوهایی ثابت مجهز به سیستم های اتلاف انرژی صورت گرفته است. عبدالرحمن (۱۹۹۶) بر روی استفاده از چند نوع کنترل کننده فعال و غیر فعال نوسان برای کاهش پاسخ های دینامیکی مطالعه انجام داده است [۱]. وانگ و لیو از میراگر های ویسکوز در طرح عملی یک سکو در خلیج هانگژو استفاده کرده و با تحلیل تاریخچه زمانی نشان دادند که استفاده از سیستم میراگر می تواند تغییر مکان، سرعت و شتاب حداکثر در قسمت فوقانی سازه را به ترتیب به میزان ۱۱ تا ۳۰ درصد، ۱۳ تا ۴۴ درصد و ۲۷ تا ۶۲ درصد (بسته به ارتفاع آب) کاهش دهد [۲]. با توجه تحقیقات انجام شده می توان گفت که استفاده از سیستم های اتلاف انرژی، گزینه ای مناسب برای بهسازی سکوهایی ثابت می باشد.



۲- ارزیابی و بهسازی

۲-۱- ارزیابی

قبل از اقدام به هر گونه بهسازی لازم است که سازه مورد نظر مورد ارزیابی قرار گیرد. به طور کلی هدف از ارزیابی سازه اطمینان از یک امنیت قابل قبول است، به طوری که سازه موجود قابل مقایسه با سازه تازه طراحی شده باشد. مراحل ارزیابی را می توان به صورت زیر بیان کرد:

۱. ملاحظه اینکه ارزیابی لازم است یا خیر
 ۲. بازبینی اطلاعات (طراحی، ساخت، نصب و ...)
 ۳. تفکیک حالت های سازه (خرابی های اصلی، تغییرات اصلی، انحراف از طراحی)
 ۴. آنالیز سازه (آنالیز طراحی، آنالیز مقاومت نهایی، آنالیز احتمالاتی)
 ۵. تصمیم گیری (قابل پذیرش، اصلاح نیاز است، واگذاری یا ترک)
- در مورد مرحله اول ارزیابی باید گفت که طبق توصیه API اگر یک یا چند مورد از حالت های زیر پیش آید ارزیابی سکو لازم می شود:

- ۱- اضافه شدن پرسنل: اگر سطح ایمنی جانی به سطح محدودکننده تری تغییر یابد.
 - ۲- اضافه شدن تجهیزات: اگر بار عملیاتی سازه با افزودن تجهیزات جدید افزایش یابد.
 - ۳- افزایش بارگذاری روی سازه: اگر بارهای عملیاتی و محیطی وارده بر سازه نسبت به مقادیر استفاده شده در طراحی تغییرات زیاد داشته باشد.
 - ۴- ارتفاع ناکافی عرشه: در این حالت نباید برای بار موج روی عرشه طراحی صورت گیرد.
 - ۵- پیدا شدن خرابی: اگر در طول بازرسی سازه آسیب های کلی یا جزئی دیده شود.
 - ۶- تغییرات کارآمد: اگر کل کاهش ظرفیت در اثر خرابی جمع شونده و یا افزایش بارگذاری در اثر تغییرات جمع شونده بزرگ تر از ۱۰ درصد باشد.
- در ضمن پیشنهاد شده است که برای سازه های کهنه ارزیابی خطر نیز یکی از بخش های ارزیابی باشد.



۲-۱-۱- ارزیابی خطر

ارزیابی خطر شامل تعیین خطرهایی است که ممکن است مجموعه سازه دریایی و تاسیسات را تهدید کند. هر خطر می تواند منجر به ایجاد یک رشته از عوامل نامطلوب، که به مود خرابی شهرت دارند، شود. به طور مثال یک مود خرابی با عمل یک موج غیر منتظره بر سازه، که منجر به بارگذاری بیش از حد سازه می شود، آغاز می شود که ممکن است منجر به واژگونی سازه شود. با بررسی خطرهای می توان به مود های خرابی سازه پی برد. در شکل ۱ نمونه ای از یک مود خرابی (سقوط عرشه)، همچنین در شکل ۲ خرابی به علت بار محیطی بیش از اندازه و در شکل ۳ مود خرابی عضو ضعیف شده و علل ایجاد ضعف نشان داده شده است.

در اینجا یک نمونه از آنالیز واژگونی (آنالیز Pushover) انجام شده برای سکوها را بیان می کنیم. این ارزیابی بر روی چهار سکوی موجود در نروژ انجام شد. هندسه این سکوها در شکل ۴ نشان داده شده است. برای آنالیز از برنامه USFOS2005 استفاده شد. حالت های غیرخطی منظور شد اما اثرات دینامیکی و دوره ای منظور نشد. موج به وسیله تئوری پنجم استوکس مدل شد. در این آنالیز بعد از اعمال بارهای دائمی، بارهای محیطی (موج، باد و...) تا واژگونی سازه به طور مرتب اضافه شد. یک فاکتور مهم در ارزیابی، فاکتور نسبت برش پایه واژگونی به برش پایه طراحی (RSR) است. تغییرات این پارامتر با ارتفاع موج در شکل ۵ نشان داده شده است. با افزایش ارتفاع موج برش پایه طراحی افزایش و فاکتور RSR کاهش می یابد و سازه به واژگونی نزدیک تر می شود. از روی توزیع تغییر شکل ها و تنش ها می توان در مورد مود خرابی تخمین هایی به دست آورد. به عنوان مثال شکل ۶ توزیع این پارامترها را برای دو ارتفاع موج برای سکوی ۲ نشان می دهد. در ارتفاع موج ۳۷ متر مهاربند های دهانه های ۴۲ و در ارتفاع موج ۴۰ متر المان پایه بحرانی به نظر می رسد.

۲-۲- بهسازی

بعد از این که ارزیابی صورت گرفت و لزوم بهسازی سازه به اثبات رسید لازم است که این کار طبق استاندارد های مربوطه صورت پذیرد. در این راه، روش ذکر شده در استاندارد FEMA356 و یا دستورالعمل بهسازی لرزه ای ایران گزینه مناسبی به نظر می رسد، که شرح آن به صورت زیر است:



۱. بازبینی ملاحظات اولیه: شامل بررسی ویژگی های ساختمان، نتایج اولیه و غیره
۲. انتخاب هدف بهسازی: محدود، مبنا، مطلوب، ویژه و موضعی و بر مبنای سطح عملکرد هدف (شکل ۷) و سطح خطر زلزله مورد نظر
۳. جمع آوری اطلاعات ساختمان: شامل نقشه های حین ساخت و سایر مدارک فنی
۴. انتخاب روش بهسازی: ساده شده یا سیستماتیک
۵. طراحی بهسازی: با توجه به نوع سیستم سازه ای
۶. اصلاح طرح بهسازی و بازطراحی: در صورت برآورده نشدن هدف بهسازی
۷. اجرای بهسازی: پس از تایید طرح بهسازی

در ارزیابی سازه ها از روش های آنالیز مختلفی استفاده می شود. یکی از بهترین روش ها در این زمینه روش استاتیکی غیر خطی یا روش Pushover می باشد که طبق آن، ابتدا سازه به صورت یک سیستم یک درجه آزادی معادل (SDOF) مدل می شود، منحنی نیرو-تغییر مکان (منحنی Pushover) آن تا نقطه واژگونی و سپس منحنی دو خطی معادل آن به دست می آید (شکل ۸) و بر اساس این منحنی، جابجایی هدف محاسبه می شود. از روی مقدار جابجایی، می توان بقیه پارامترها مانند نیروهای داخلی و غیره را حساب کرد. در شکل ۹ این روش به صورت شماتیک نشان داده شده است. یک حالت ساده شده از این روش، روش ضریب FEMA356 است که طبق آن جابجایی هدف از رابطه زیر به دست می آید:

$$\delta_i = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (1)$$

ضرایب C_i بر حسب منحنی Pushover و سطح عملکرد سازه و سیستم سازه به دست می آیند. S_a شتاب طیفی و T_e پریود موثر سازه است که با اصلاح پریود سازه بر اساس منحنی Pushover، به دست می آید. شکل ۱۰ فرآیند روش FEMA356 را نشان می دهد.

۳- نیروی زلزله و موج

در ارزیابی سازه های دریایی در مناطق از نظر لرزه ای فعال لازم است که سازه را تحت دو بار مهم موج و زلزله مورد بررسی قرار دهیم. معادله دینامیکی حرکت سازه ای که تحت بار زلزله و اثرات اندر کنشی آب-سازه قرار گرفته است به صورت زیر است:



$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{f\} \quad (2)$$

$[M]$ و $[C]$ و $[K]$ به ترتیب ماتریس های جرم، میرایی و سختی، $\{x\}$ بردار جابجایی جسم و $\{f\}$ بردار شامل نیروی دینامیکی حاصل از اندرکنش آب با سازه و نیروی موج می باشد. نیروی وارده از طرف سیال به اعضای استوانه ای، با توجه به حرکت نسبی جسم در سیال و بر اساس روش موریسون، از معادله زیر به دست می آید:

$$\{f\} = 0.5C_d [A_p] \{|\dot{u} - \dot{x}|(u - \dot{x})\} + \rho C_m [V] \{\ddot{u}\} - \rho(C_m - 1)[V] \{\ddot{x}\} \quad (3)$$

که ρ چگالی آب، $\{\dot{u}\} = \{\ddot{u}(x, t)\}$ بردار جریان سرعت وابسته به زمان، $[A_p]$ ماتریس سطح جسم، $[V]$ ماتریس حجم جسم، C_d ضریب نیروی درگ، C_m ضریب نیروی اینرسی می باشد. ترم اول سمت راست معادله فوق معرف نیروی درگ، ترم دوم معرف نیروی اینرسی در نتیجه شتاب مایع و ترم سوم معرف نیروی اینرسی حاصل از شتاب جسم است. با حل این معادله می توان به مقادیر پاسخ ها دسترسی پیدا کرد.

در ارزیابی نیروی زلزله مشخص شده است که نیروهای درگ و اینرسی می توانند نقش مهمی در ارزیابی ها داشته باشند و به طور کلی آب اطراف سازه، یک میرایی هیدرودینامیک غیر خطی ایجاد می کند. البته در این میان باید به تفاوت های بین حالت سازه در آب و سازه در هوا توجه شود. از نتایج قابل توجه تحقیقات صورت گرفته این که با افزایش پیوند سازه اثرات نیروی درگ افزایش می یابد و همچنین اینکه با افزایش شدت زلزله اثر کاهندگی آب بیشتر می شود.

۴-۱- کلیات و مدل سازی سیستم های اتلاف انرژی

سیستم های کنترل غیرفعال، عملکرد مناسبی در کاهش پاسخ دینامیکی سازه هایی که در معرض بارهای زلزله یا به طور کلی تناوبی هستند، دارند. سیستم های اتلاف انرژی به سازه میرایی (و گاهی سختی) القاء می کنند و هدف اصلی استفاده از این سیستم ها کاهش میزان جابجایی های ساختمان است، منتها این تجهیزات می توانند در کاهش نیروها و دیگر پاسخ های سازه نیز موثر باشند. برای بهسازی ساختمان های با سطح عملکرد هدف ایمنی جانی و یا شاید سطح عملکرد هدف قابلیت استفاده بی وقفه این سیستم ها یکی از بهترین گزینه ها است ولی برای ساختمان های با سطح عملکرد هدف



آستانه فروریزش و خدمت رسانی بی وقفه کاربرد محدودی دارند. همچنین برای کنترل پاسخ سازه در مقابل بارهای کوچک مناسب هستند. در شکل های ۱۱ و ۱۲ نمونه هایی از میراگرها نشان داده شده است.

طبق توصیه های FEMA356 وسایل اتلاف انرژی با در نظر گرفتن شرایط محیطی شامل باد، اثرات گذشت زمان، خزش، خستگی، دمای محیط، دمای حین بهره برداری و مجاورت با رطوبت یا مواد مضر طراحی می شوند. عمر خستگی وسایل اتلاف انرژی و تجهیزات وابسته باید تعیین شود و این مقدار باید حداقل به اندازه عمر طراحی وسایل باشد. این وسایل در معرض خستگی ناشی از حرکات با فرکانس کم مثل باد، باید در محدوده رفتار خطی باقی بمانند. در مدلسازی باید اثر تمام اعضای که در مسیر انتقال بار از میراگر به زمین قرار دارند و همچنین زمین، فونداسیون، اتصالات و تمام اعضای که به صورت سری با میراگر عمل می کنند در نظر گرفته شود. در مدل ریاضی ساختمان بهسازی شده باید توزیع وسایل اتلاف انرژی در پلان و ارتفاع را در نظر گرفت.

این سیستم ها به طور کلی به گروه های وابسته به جابجایی، وابسته به سرعت و سایر تقسیم می شوند. وسایل وابسته به جابجایی باید شامل وسایلی باشند که رفتار سخت-پلاستیک (وسایل اصطکاکی)، دو خطی (وسایل فلزی جاری شونده)، یا پس ماند سه خطی داشته باشد. رابطه نیرو-تغییر مکان یک وسیله وابسته به جابجایی مستقل از سرعت و فرکانس ارتعاش است.

وسایل وابسته به سرعت شامل وسایل ویسکو الاستیک مایع، ویسکو الاستیک جامد و وسایل ویسکوز مایع می باشد. وسایل ویسکو الاستیک مایع، به صورت فنر و کمک فنر سری (مدل ماکسول) وسایل ویسکو الاستیک جامد، به صورت فنر و کمک فنر موازی (مدل کلویین) و وسایل ویسکوز مایع، بسته به این که از خود سختی نشان بدهند یا ندهند، به ترتیب به صورت های ویسکو الاستیک مایع یا ویسکوز مدل می شوند. تجهیزات اتلاف انرژی که در این دو مورد قرار نمی گیرند باید با روش های تایید شده مدل شوند. این مدل ها باید پاسخ نیرو-سرعت-جابجایی وسیله، تحت تمام بارها (ثقلی، زلزله و حرارتی) را توصیف کنند.



۴-۲- ارزیابی سازه بهسازی شده با وسیله اتلاف انرژی

برای آنالیز سازه بهسازی شده با وسیله اتلاف انرژی از چهار روش استاتیکی خطی و غیرخطی و دینامیکی خطی و غیرخطی می توان استفاده کرد. در روش استاتیکی خطی برش پایه به دست آمده از فومول، توسط ضریب اصلاحی که بر اساس میرایی القایی توسط میراگر به دست می آید، اصلاح می شود. در روش آنالیز طیف پاسخ که یک روش دینامیکی خطی است، مقادیر مختصات طیف پاسخ اولیه سازه با توجه به ضرایب کاهش به دست آمده بر اساس مقدار میرایی افزوده شده، کاهش داده می شود. در روش استاتیکی غیرخطی، جابجایی هدف از رابطه ۱ منتها با تغییرات در نتیجه میرایی القایی به دست می آید:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a(T_e, \beta_{eff}) \frac{T_e^2}{4\pi^2} \left\{ \begin{array}{l} \text{Velocity-dependent} \\ \text{dampers only} \\ \text{Displacement and velocity-} \\ \text{dependent dampers} \end{array} \right. \quad (4)$$

در روش دینامیکی غیرخطی باید از تحلیل تاریخچه زمانی استفاده شود و در مدل مربوطه باید توزیع وسایل اتلاف انرژی آمده باشد و حالت های غیرخطی این وسایل مد نظر باشد. در شکل ۱۳ طریقه عمل میراگرها در کاهش مقدار جابجایی هدف نشان داده شده است.

۴-۳- میراگر اصطکاکی

میراگرهای اصطکاکی تجهیزاتی هستند که جزو وسایل کنترل غیرفعال طبقه بندی می شوند و می توانند بر روی انواع مهاربند مانند مهاربند ضربدری، مهاربند قطری تک و مهاربند V (معکوس یا غیر معکوس) به کار روند. یک میراگر اصطکاکی یک سختی اضافی به سازه القاء می کند و به صورت موازی با سیستم سازه ای عمل می کند.

عملکرد میراگرهای اصطکاکی برخلاف میراگرهای ویسکوز و ویسکوالاستیک مستقل از تغییرات دما و سرعت است. انرژی تلف شده به ازای یک نیرو و جابجایی مشخص در میراگر اصطکاکی از بقیه تجهیزات بیشتر است (شکل ۱۴). پس برای یک اتلاف انرژی معین به تعداد میراگر کمتری نیاز است. از سوی دیگر در مقایسه با اتلاف کننده های انرژی به وسیله جاری شدن فلز، نیروی قابل حمل این وسایل در طول زلزله ثابت می ماند. اینها در اثر بار باد و بارهای خدمت فعال نیستند و در اثر این بارها و بارهای خستگی



آسیب نمی بینند و قبل و بعد از زلزله نیاز به بازرسی منظم، نگهداری و تعمیر یا جایگزینی ندارند. علاوه بر مزایای گفته شده، هزینه آنها به طور نسبی کم و نصب و نگهداری آنها آسان است. در شکل ۱۲ دو مدل قرارگیری این نوع میراگر بر روی یک سکو نشان داده شده است. بر روی این نوع میراگرها آزمایشات زیادی انجام شده است از آن جمله می توان به پال و مارش [۳]، آکین و کلی [۴]، اشاره کرد. بسیاری از این نوع میراگر در ساختمان های سراسر جهان به کار رفته است.

۴-۴- مطالعه عددی

در اینجا به یک مورد مطالعه صورت گرفته بر روی تاثیر میراگر بر روی پاسخ سکوهای فلزی می پردازیم. در این مطالعه از سه نوع مختلف میراگر (ویسکوالاستیک، ویسکوز و اصطکاکی) بر روی چهار نوع سکو با خصوصیات سازه ای متفاوت استفاده شد. مدل سکوهای مسلح به میراگرها در شکل ۱۵ نشان داده شده است. در این مطالعه اثرات نیروی موج مد نظر قرار گرفت و بحث نیروی زلزله به میان نیامد.

در شکل ۱۶ تغییرات PSDF جابجایی بالاترین نقطه سکو بر حسب فرکانس، برای چهار سکوی مجهز به میراگر اصطکاکی نشان داده شده است. منحنی های با خط پر مربوط به سازه بدون میراگر و منحنی های با نقطه خط مربوط به سازه مسلح به میراگر می باشند. دیده می شود که میراگر اصطکاکی نقش قابل ملاحظه ای در کاهش دامنه جابجایی ها داشته است. بر طبق مطالعات انجام شده میزان کاهش پاسخ در مورد میراگر اصطکاکی کمتر از میراگرهای دیگر به دست آمد.

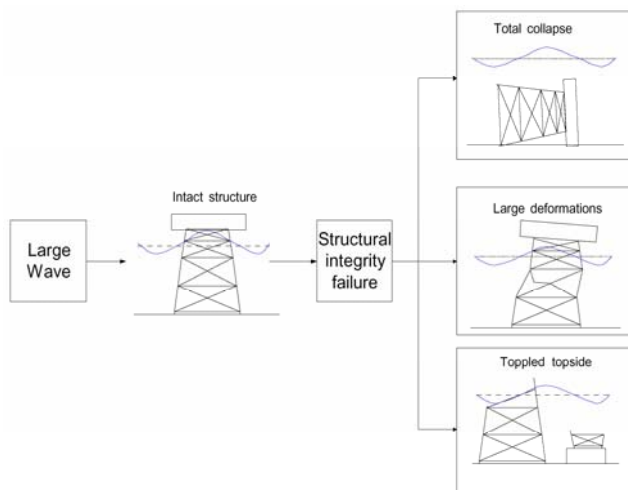
در شکل ۱۷ تغییرات ریشه میانگین مربعات (RMS) جابجایی بالاترین نقطه سکو بر حسب سطح کف سکو، برای سکوهای مسلح شده با میراگر اصطکاکی نشان داده شده است. دیده می شود وقتی شکل پذیری سکو افزایش یابد، میزان کاهش در پاسخ در اثر استفاده از میراگرها (هر سه نوع) نیز افزایش می یابد، که این نشان می دهد که وسایل اتلاف انرژی تجهیزات بسیار مناسبی برای بهسازی سکوهای انعطاف پذیر هستند.

۵- نتیجه

با توجه به مباحث گفته شده می توان نتایج زیر را بیان کرد:

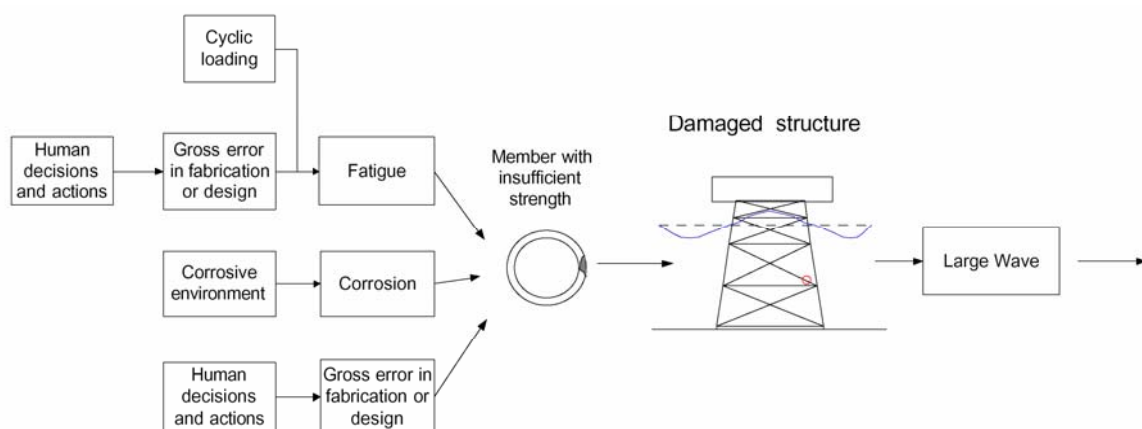
- جاکت های فلزی بسیار مستعد خرابی به دلیل عواملی مثل خستگی، خوردگی و غیره هستند.
- قبل از اقدام به هرگونه بهسازی باید سازه مورد ارزیابی قرار گیرد و نیاز به بهسازی آن اثبات شود.
- در مناطق لرزه خیز دو نیروی موج و زلزله پارامترهای مهم ارزیابی هستند.
- میراگرهای اصطکاکی می توانند به طورمطلوبی برای بهسازی جاکت های فلزی استفاده شوند.

اشکال:

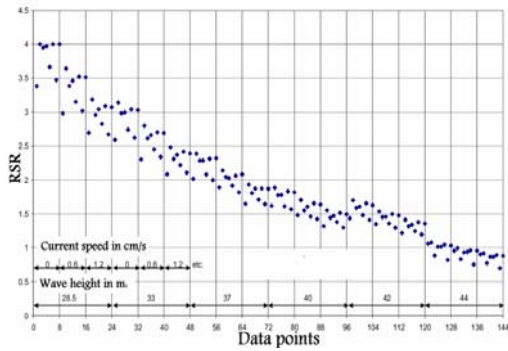


شکل (۲) - مود خرابی بارهای محیطی بیش از اندازه

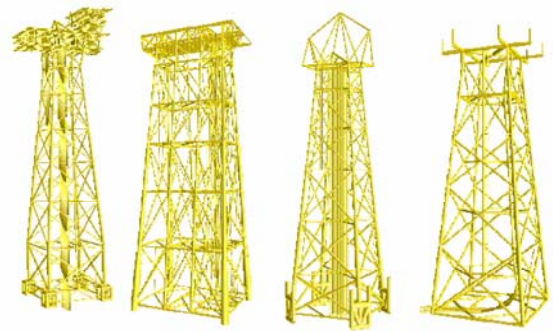
شکل (۱) - نمونه یک مود خرابی



شکل (۳) - مود خرابی عضو ضعیف شده و عوامل ایجاد آن

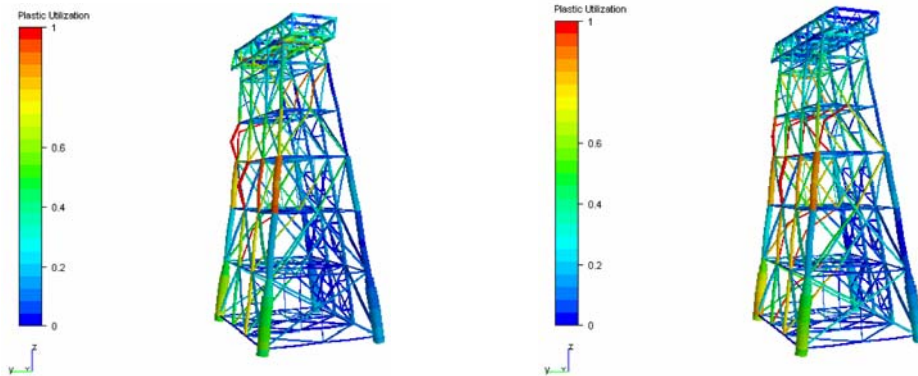


شکل (۵) - تغییرات فاکتور RSR با ارتفاع موج

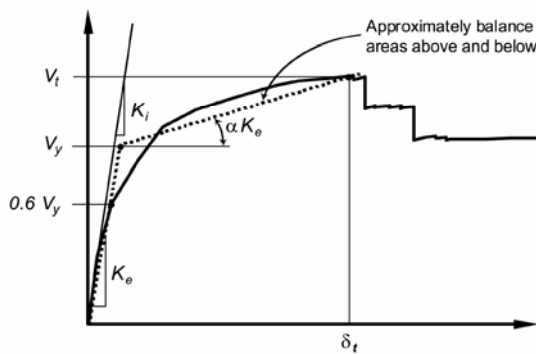


شکل (۴) - هندسه سکوی آنالیز شده

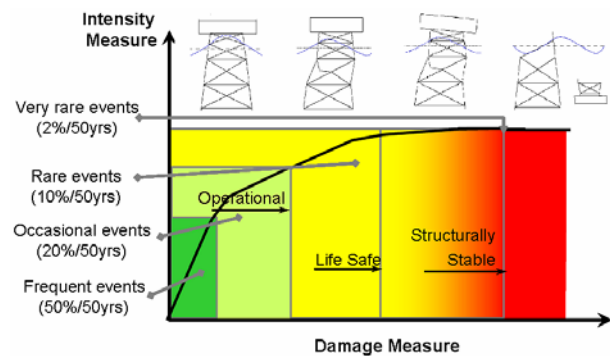
موج



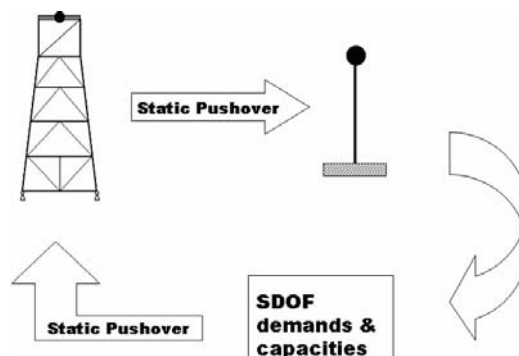
شکل (۶) - توزیع تنش ها و تغییر شکل ها برای سکوی شماره دو برای ارتفاع موج (a) ۳۷ متر (b) ۴۰ متر



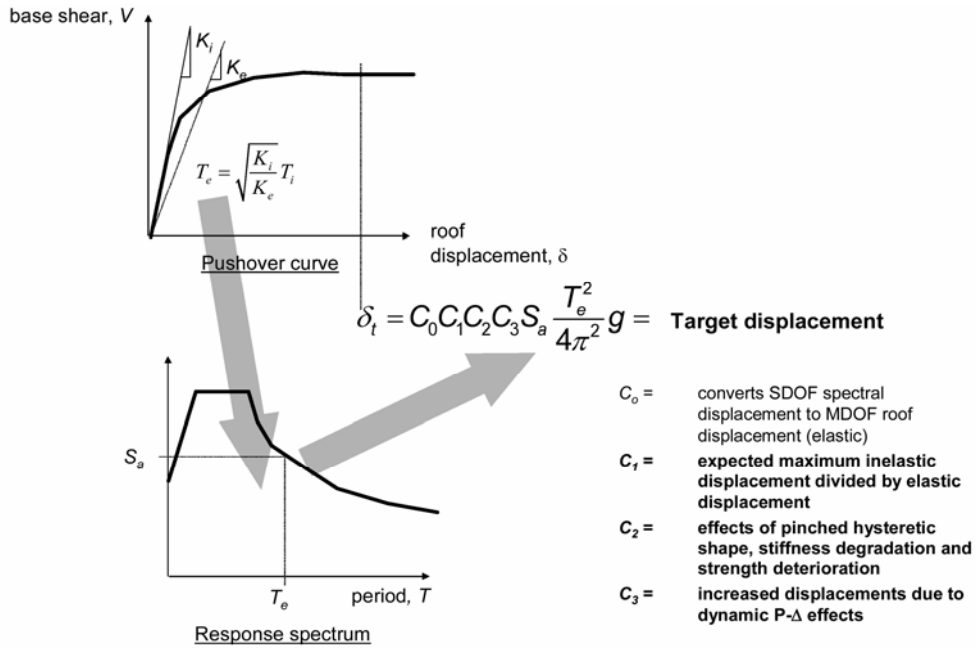
شکل (۸) - منحنی Pushover یک سیستم SDOF



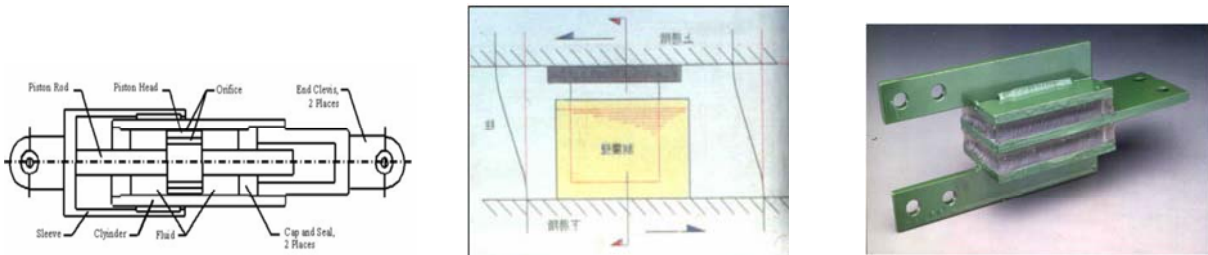
شکل (۷) - سطوح عملکرد سکوی ثابت دریایی



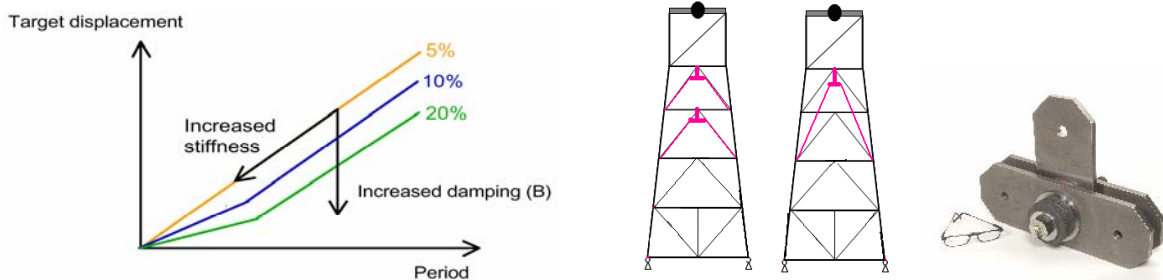
شکل (۹) - آنالیز Pushover



شکل (۱۰) - شکل شماتیک روش ضریب FEMA356

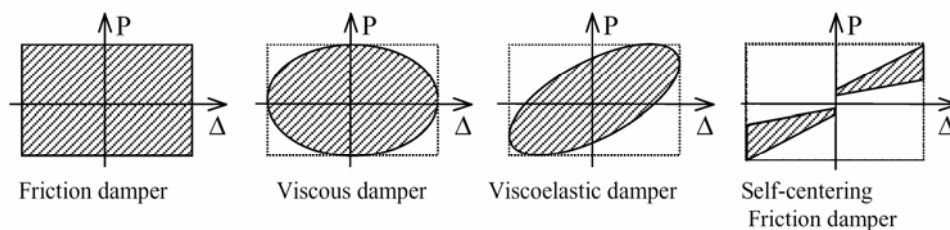


شکل (۱۱) - میراگر های ویسکوالاستیک جامد، ویسکوالاستیک مایع و ویسکوز مایع

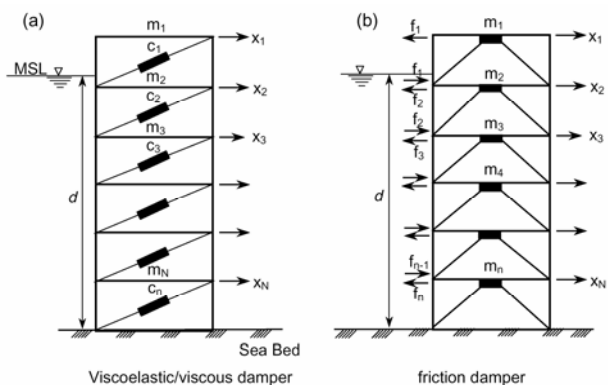


شکل (۱۳) - نحوه عملکرد کاهش می میراگر

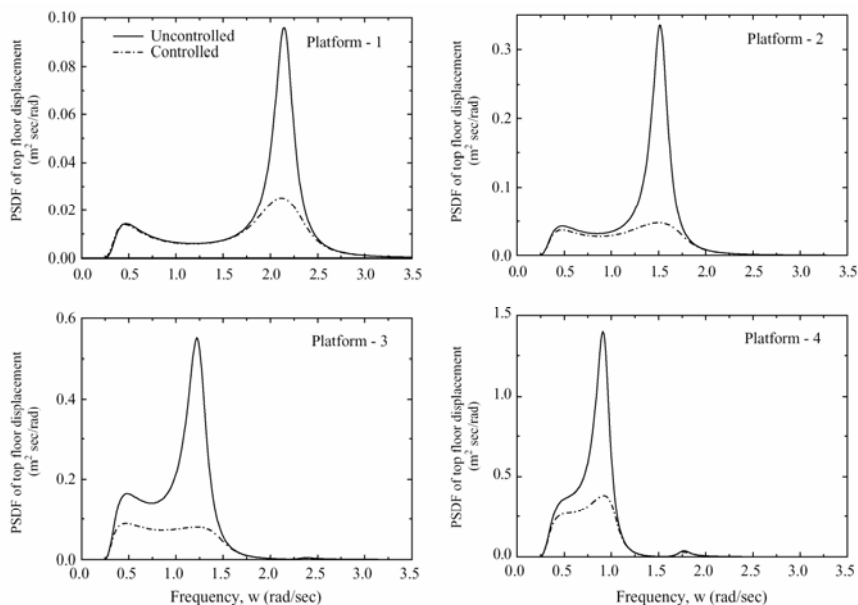
شکل (۱۲) - میراگر اصطکاکی



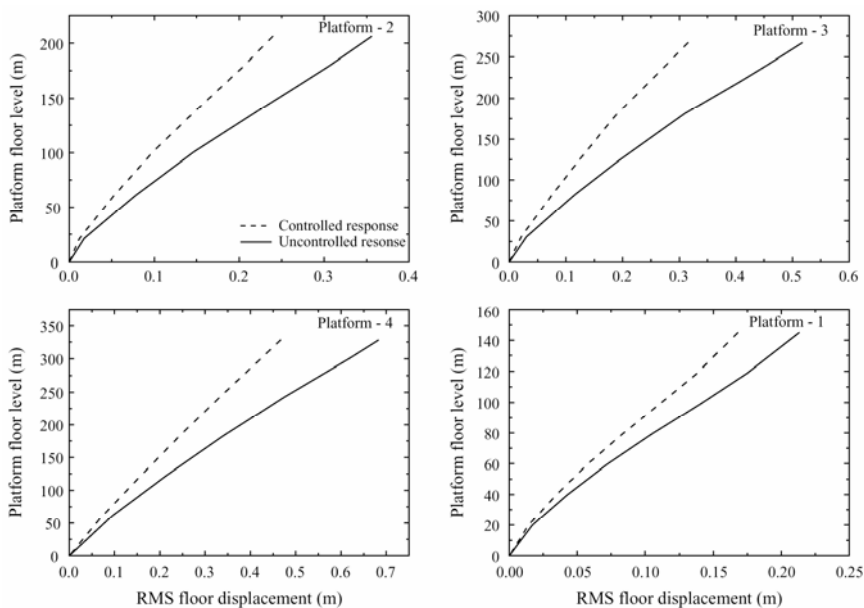
شکل (۱۴) - مقایسه حلقه های پسماند میراگر های مختلف



شکل (۱۵) - مدل سکوهایی مسلح شده به میراگرهای ویسکوالاستیک، ویسکوز و اصطکاکی



شکل (۱۶) - تغییرات PSDF جابجایی بالاترین نقطه سکو بر حسب فرکانس سکوی مجهز به میراگر





شکل (۱۷) - تغییرات RMS جابجایی بالاترین نقطه سکو بر حسب سطح کف سکوی مجهز به میراگر

مراجع:

1. Abdel-Rohman, M., 1996. Structural control of steel jacket platform. Structural Engineering and Mechanics 4,25-38
2. Wang, S., Liu, W. "Dynamic analysis of the offshore platform in Hangzhou gulf under offshore environmental loads", Sponsored by National Natural science Foundation of china, And Sciellce Foundation of Jiangsou province, China
3. Pall AS, Marsh C. Response of friction damped braced frames. J Stnict Div ASCE 1982;108:1313-23
4. Aiken I, Kelly s. Earthquake simulator testing and analytical studies of tow energy absorbing systems for multi-storey structure. Report No. UBC/EERC-90/03. EERC, Berkeley, 1990.
5. J.M.J. Journee and W.W. Massie., "Offshore Hydromechanics" ,2001,
6. Gerhard Ersdal., "Assessment of existing offshore structures for life extension" ,2005, ISBN 82-7644-273-0, ISSN 0809-6775,
7. FEMA 356., "PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS" , 2000,
8. API RP 2A-LRFD., "Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms" , 1993,
9. Patil, K.C., Jangid, R.S., "Passive control of offshore jacket platforms" ,2005, Osean eng. 32:1933-1949
10. Imad H. Mualla., Borislav Belev., "Performance of steel frames with a new friction damper device under earthquake excitation" ,2002, Engineering Structures.24:365-371
11. Leif O. Nielson., Imad H. Mualla., "A friction damping system low order behavior and design" ,2002, ISSN 1601-2917, ISBN 87-7877-090-4
12. J. Penzein., M. K. Kaul., "Response of offshore towers to strong motion earthquake" ,1971, Earthquake Engineering And Structural Dynamics, Vol. 1, 55-68
13. Y. Yamada., H. Iemura., "Seismic response of offshore structure to random seas" ,1989, Earthquake Engineering And Structural Dynamics, Vol. 18, 965-981