



مرکز بررسی‌ها و مطالعات دریایی

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی



تأثیر میراگرهای غیرفعال بر پاسخ دینامیکی سکوهای ثابت دریایی تحت اثر طیف موج

کیوان صادقی
دانشگاه هرمزگان

محمد طاهر کمالی
دانشگاه هرمزگان

مهرداد شمسی زادگان
دانشگاه هرمزگان

s.keyvan@gmail.com

taher_kamali@yahoo.com

m_shamsizadegan@yahoo.com

چکیده

سکوهای ثابت دریایی در محیطی قرار دارند که نیروهای گوناگونی به آنها وارد می شود. یکی از نیروهای مؤثر برسکو، نیروی ناشی از امواج می باشد. برای اطمینان از ایمنی و حفظ کارایی سکو، جابجایی آن باید محدود گردد. از جمله روشهای جدید در این زمینه استفاده از میراگرهای غیرفعال می باشد، که بدون افزودن سختی قابل ملاحظه به سازه، کاهش دامنه حرکت سکو را باعث می گردند. در این تحقیق به بررسی چگونگی پاسخ سکو به نیروی ناشی از طیف موج پرداخته شده و سپس تأثیر کاربرد دو نوع از میراگرهای غیرفعال (میراگرهای ویسکوز^۱ و ویسکوالاستیک^۲) بر این پاسخ مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج نشان می دهد که میراگرهای الحاق شده به سکو، میرایی قابل توجهی را به آن اضافه مینمایند، طوری که پاسخ سکو به نحو مطلوبی کنترل می گردد.

کلید واژه

میراگر، سکوی ثابت دریایی، کنترل غیر فعال، مستهلک کننده.

مقدمه

سکوهای ثابت دریایی سالها برای استخراج نفت و گاز در دریا به کار رفته اند. این سکوها در اثر نیروی موج دچار ارتعاش گردیده و در صورتی که فرکانس موج وارده به فرکانس سکو نزدیک گردد دچار تشدید می شوند. این پدیده باعث بالا رفتن دامنه حرکت سکو شده و ممکن است خساراتی را به سکو وارد نماید. ارتعاش دائم سکو هم به طور معمول، که در اثر امواج ایجاد می شود نیز ممکن است باعث بروز خستگی در بخشهایی از آن شده و به مرور زمان مشکلاتی را باعث گردد. فن آوری کاربرد میراگر در سازه های خشکی به منظور مقابله با نیروهای زلزله و باد سالها مورد استفاده قرار گرفته است، اما این فن آوری در سازه های دریایی به ندرت به کار گرفته شده است. از نظر سازه ای وقتی سکو تحت تأثیر موج قرار می گیرد معادله دینامیکی حرکت آن می تواند به صورت زیر نوشته شود (Patel, 1989):

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C_s]\{\dot{x}\} + [K_s]\{x\} = \{F\} \quad (1)$$

که در آن $[M]$ و $[C_s]$ و $[K_s]$ به ترتیب ماتریس های جرم، میرایی و سختی سازه و $\{x\}$ بردار جابجایی جسم و $\{F\}$ بردار نیرو شامل نیروی دینامیکی حاصل از اندر کنش آب با سازه می باشد. نیروی $\{F\}$ از معادله موریسون محاسبه می گردد. این فرمول که شامل دو قسمت نیروی درگ و اینرسی است به صورت زیر بیان می گردد:

$$\{F\} = 0.5 C_d [A_p] \left\{ \dot{u} - \dot{x} \right\} \left| \dot{u} - \dot{x} \right| + \rho C_i [V] \{\ddot{u}\} - \rho (C_i - 1) [V] \{\ddot{x}\} \quad (2)$$

در رابطه فوق $[A_p]$ ماتریس مساحت جسم، $[V]$ ماتریس حجم جسم، $\{u\}$ سرعت ذرات سیال، C_d ضریب نیروی درگ، C_i ضریب نیروی اینرسی میباشند. ضریب اینرسی، خود در واقع جمع ضریب جرم اضافه و ضریب نیروی فرود-کرپلو^۳ است. رابطه حاکم بر رفتار سکوی ثابت دریایی

¹ Viscous

² Viscoelastic

³ Froud-Kryloff

دارای میراگر از مساوی قراردادن معادله حاکم دینامیکی با نیروی ناشی از موج (معادله موريسون) و همچنین اصلاح معادله با لحاظ ماتریس سختی و میرایی میراگر در صورت وجود میراگر در سکو، به صورت زیر به دست می آید (Patil and Jangid, 2005).

$$[\bar{M}]\{\ddot{x}\} + [C_m]\{\dot{x}\} + [K_m]\{x\} = [K_e]\{\ddot{u}\} + [C_e]\{\dot{u}\} \quad (۳)$$

$$[\bar{M}] = [M] + \rho(C_i - 1)[V] \quad (۴)$$

$$[C_m] = [C_s] + [C_e] + [C_d] \quad (۵)$$

$$[K_m] = [K_s] + [K_d] \quad (۶)$$

$$[K_e] = \rho C_i [V] \quad (۷)$$

در معادلات فوق، $[C_e]$ ماتریس غیر خطی ناشی از نیروی درگ (Penzien et al, 1972)، می باشد. نکته مهم در معادله حاکم چنانکه گفته شد آن است که در اثر کاربرد میراگر در یک سازه، مقادیر میرایی و سختی سازه که در معادله دینامیکی آن در نظر گرفته می شود باید اصلاح گردد. بر این اساس $[C_d]$ ماتریس میرایی ناشی از میراگرهای اضافه شده و $[K_d]$ ماتریس سختی ناشی از اضافه شدن میراگرها می باشند.

میراگر

فن آوری کاربرد میراگر در سازه های خشکی، سالها مورد استفاده بوده است، اما این فن آوری در سکو های ثابت فراساحل به ندرت استفاده گردیده است. در این بررسی از میراگر های ویسکوز و ویسکوالاستیک استفاده شده است. میراگرهای ویسکو الاستیک و ویسکوز از انواع میراگر های غیر فعال بوده که می توانند با الحاق به سکو بهبود رفتار آن را باعث گردند. اساس کار این دو نوع میراگر وابسته به سرعت ایجاد شده در آنها می باشد.

میراگر ویسکوز

اولین استفاده از این نوع میراگر در ابعاد بزرگ، به منظور کاهش پس زدگی توپخانه های بزرگ در کارهای نظامی بوده است (شکل ۱). این میراگر شامل یک پیستون فولادی با یک سوراخ برنزی در سر آن می باشد. سیلندر توسط یک ماده سیال لزج نظیر ژل سیلیکون پر می گردد. حرکت پیستون در این مایع با مقاومت آن روبرو می شود. میراگرهای سیال لزج را می توان طوری طراحی کرد که به عنوان یک میراگر انرژی خالص یا به عنوان یک فنر یا بصورت ترکیبی از هر دو عمل نماید. همچنان که در شکل ملاحظه می شود میراگر سیال لزج شبیه کمک فنر خودرو می باشد. حرکت پیستون داخل سیلندر دارای مایع سیلیکونی، باعث جذب انرژی جنبشی و تبدیل آن به انرژی گرمایی می گردد. میراگر سیال لزج، تنش و تغییر شکل های ایجاد شده در سازه را با هم کاهش می دهد چون نیروی میراگر کاملا خارج از فاز تنش های وارده می باشد. این موضوع بیشتر در مورد این نوع میراگر صادق می باشد زیرا نیروی میرایی متناسب با سرعت تغییر می کند (Soong and Dargush, 1997).

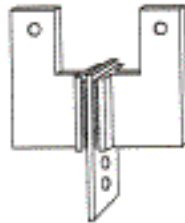


شکل ۱: میراگر ویسکوز (Soong and Dargush, 1997)

میراگر ویسکو الاستیک

جنس مواد ویسکو الاستیک عموماً از جنس هم پلیمر ها بوده که انرژی را وقتی تحت تأثیر تغییر شکل برشی قرار می گیرند تلف می کنند. شکل ۲ یک میراگر ویسکو الاستیک که شامل لایه های ویسکو الاستیک متصل به ورق های فولادی می باشند را نشان می دهد. وقتی این میراگر در سازه قرار می گیرد، ارتعاش سازه سبب حرکت نسبی بین بالهای فولادی خارجی و ورق میانی می گردد در این حالت تغییر شکل برشی و در نهایت اتلاف انرژی صورت می پذیرد. این میراگر هم میرایی و هم سختی سازه را تحت تأثیر قرار داده و بهبود می بخشد.

برای مدلسازی این دو نوع میراگر مدل‌های ریاضی گو ناگونی ارائه گردیده است. دو مدل متداول که در اکثر نرم افزارها بر این اساس مدلسازی صورت می‌گیرد، شامل مدل‌های کلونین-ویت^۴ و ماکسول^۵ می‌باشد. مدل ماکسول شامل یک فنر و یک ضربه گیر به صورت سری می‌باشد، که مناسب میراگر ویسکوز مایع است و مدل کلونین-ویت شامل یک فنر و ضربه گیر به صورت موازی است که مناسب میراگر ویسکو الاستیک جامد است (Soong and Dargush, 1997).



شکل ۲: میراگر ویسکو الاستیک (Soong and Dargush, 1997)

مدل سازی

در این بررسی از یک سکوی ثابت شابلونی در ناحیه ای به عمق ۱۲۵ متر با زمان تناوب ۷/۲ ثانیه (۸۷۵/۰ رادیان بر ثانیه) استفاده گردیده است. مشخصات سکو در جدول ۱ و شکل ۳ ارائه گردیده است. کلیه گره های انتهایی در عرشه سکو به جهت ایجاد صلبیت به یکدیگر پیوسته شده است و جرمها به صورت متمرکز بر روی گره ها فرض گردیده است. میرایی سکو معادل ۳٪ در نظر گرفته شده است. در اولین گام سکو طراحی گردیده و سپس مورد بررسی قرار گرفته است. برای مدلسازی میراگر ویسکو الاستیک از مدل کلونین-ویت و برای مدلسازی میراگر ویسکوز از مدل ضربه گیر خالص استفاده شده است. برای آنالیز سکو از نرم افزار SAP2000-9.03 و مدول Offshore آن بهره برده شده است، سازه به صورت دو بعدی و به شکل خطی آنالیز گردیده است. جرم سکو به جهت منظور کردن مقادیر جرم اضافه ناشی از سیال طبق توصیه های بند 2.3.6.C آیین نامه API اصلاح گردیده است. مقادیر سختی و میرایی میراگرهای ویسکو الاستیک در کلیه سطوح ثابت بوده و سختی معادل ۶۰۰ تن بر متر و میرایی معادل ۱۰۰۰ تن ثانیه بر متر برای آنها منظور شده است. برای میراگر ویسکوز هم، میرایی برابر با ۸۲۵ تن ثانیه بر متر در نظر گرفته شده است. این مقادیر شرایط لازم برای ایجاد میرایی معادل با ۲۰٪ میرایی بحرانی در سکو را فراهم می کنند موقعیت میراگر ها در محل تقاطع بادبند با عضو افقی سکو در کلیه ترازها منظور شده است. شرایط امواج دریا با طیف پیرسون - موسکوویتز^۶ مدلسازی می گردد.

جدول ۱: جرم ترازهای مختلف سکو

ترازهای سکو از بالا	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
جرم (تن)	۴۸۰۰	۱۹۰۰	۲۹۰۰	۴۲۰۰	۵۷۰۰	۶۵۰۰	۹۸۰۰

پاسخ سکو به طیف موج

از طیف پیرسون - موسکوویتز برای ایجاد شرایط موج در دریا، با رابطه زیر در این بررسی استفاده شده است (Penzien et al, 1972):

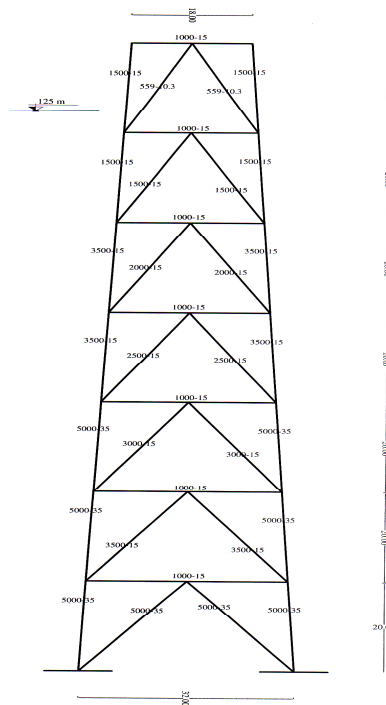
$$E(\omega) = \frac{2\pi\alpha g^2}{\omega^5} e^{-0.74(g/\omega V)^4} \quad (\lambda)$$

⁴ Kelvin-Voigt

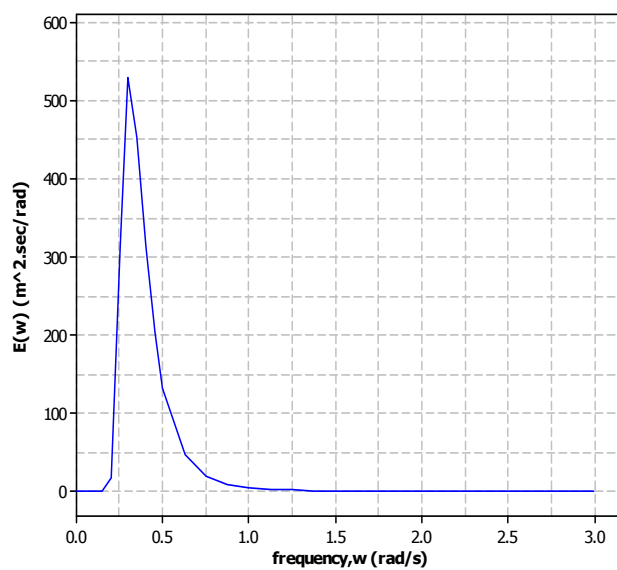
⁵ Maxwell

⁶ Pierson-Moskowitz

که در آن، α ضریب ثابت بدون بعد با مقدار 8.1×10^{-3} و V ، سرعت متوسط باد در ارتفاع $19/5$ متری بالای سطح دریا با مقدار $28/2$ متر بر ثانیه می باشد (شکل ۴). این طیف دارای موج غالب با فرکانس $0/34$ رادیان بر ثانیه می باشد.



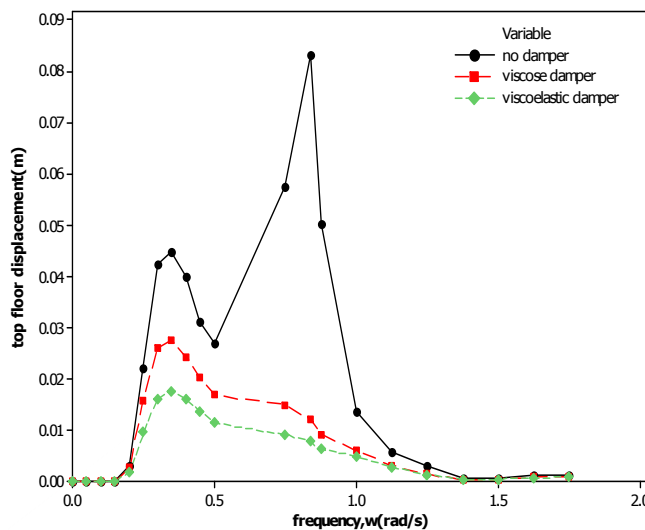
شکل ۳: نمای کلی سکو



شکل ۴: طیف پیرسون_ موسکوویتز

طیف پاسخ سکو در شکل ۵، برای شرایط عدم وجود میراگر در سکو نشان داده شده است (خط توپر). بر اساس آنچه در شکل ۵ ملاحظه می گردد این پاسخ دارای دو بیشینه، یکی در فرکانس غالب طیف موج و دیگری در فرکانس طبیعی سکو می باشد. پاسخی که بیشترین مقدار را از خود نشان میدهد، موجی است که باعث پدیده تشدید گردیده است. این موج دارای ارتفاع $3/4$ متر و فرکانس $0/875$ رادیان بر ثانیه است. این در حالی است که ارتفاع موج غالب طیف $13/5$ متر و فرکانس آن $0/34$ رادیان بر ثانیه می باشد، یعنی علیرغم برخورد موجی بسیار بزرگتر، پاسخ سکو در مقایسه با شرایط تشدید مقدار بسیار کمتری را از خود نشان می دهد، این موضوع نشان دهنده تاثیر فوق العاده تشدید بر پاسخ سکو می باشد. این نکته ای است که می تواند به کارگیری میراگر را در سکو توجیه نماید.

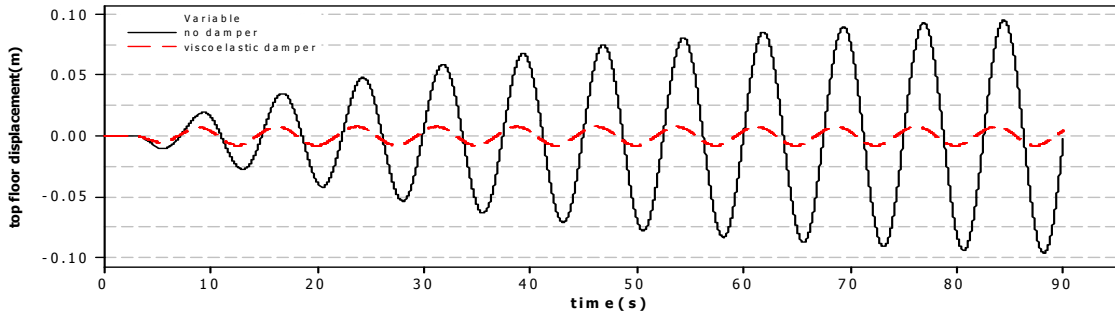
در شکل ۵ طیف پاسخ سکو به طیف موج با الحاق میراگرهای غیر فعال به آن نیز ارائه گردیده است. ملاحظه می شود میراگر به نحو موثری توانسته است حداکثر جابجایی بالاترین نقطه سکو را کاهش داده و طیف پاسخ سکو را در سطح پایینتری قرار دهد و حتی در ناحیه تشدید موثر تر از ناحیه فرکانس غالب طیف عمل نموده است، طوری که پاسخ سکو را که دارای دو بیشینه در حالت بدون میراگر می باشد، به صورتی تغییر دهد که این دو بیشینه به یک بیشینه کاهش می یابد. این موضوع نشان دهنده تاثیر قابل ملاحظه میراگر بر رفتار سکو می باشد، به گونه ای که بحرانی ترین حالت در رفتار سکو را که در پدیده تشدید ملاحظه می گردد به شکل موثری خنثی می کند.



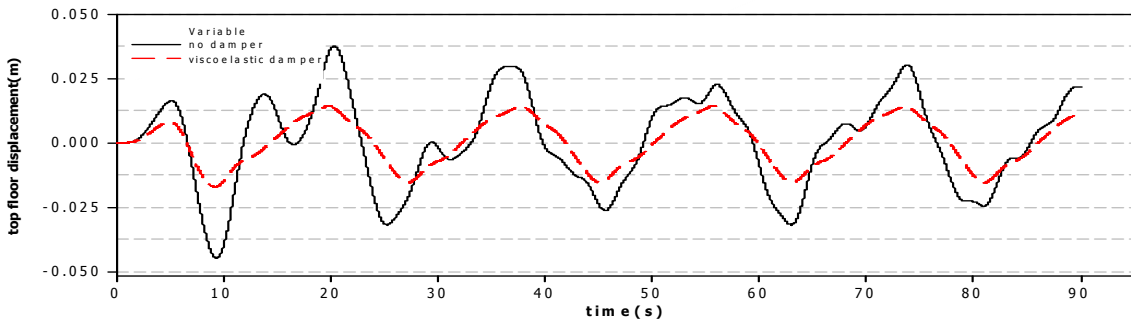
شکل ۵: تغییرات جابجایی بالاترین نقطه عرشه سکو نسبت به فرکانس برای سه حالت، بدون میراگر، با میراگر ویسکوز، و با میراگر ویسکو الاستیک

نکته ای که در مقایسه دو میراگر ملاحظه می گردد، آن است که تاثیر میراگر ویسکو الاستیک بر کاهش پاسخ سکو بیشتر از میراگر ویسکوز می باشد که این موضوع می تواند به تاثیر مثبت میراگر ویسکو الاستیک بر رفتار سکو باز گردد، به این ترتیب که میراگر ویسکو الاستیک با الحاق به سازه رفتار آن را بهبود بخشیده و فرکانس ارتعاش سازه را افزایش می دهد، پدیده ای که در مورد میراگر ویسکوز وجود ندارد. میراگر ویسکوز صرفاً میرایی سازه را افزایش می دهد.

برای مشخص شدن تاثیر میراگر بر تاریخچه زمانی پاسخ سکو در شکل های ۶ و ۷ تفاوت رفتار سکو در دو حالت با میراگر و بدون میراگر ارائه شده است. شکل ۶ شرایط موج دارای فرکانس $0/875$ رادیان بر ثانیه که در واقع حالت تشدید سکو می باشد را نشان می دهد. در این شکل شرایطی که سکوی بدون میراگر در حال افزایش دامنه ارتعاش می باشد و نیز شرایط وجود میراگر را که باعث کاهش چشمگیر دامنه حرکت شده است و به نحو موثری رفتار سازه را اصلاح کرده است ارائه گردیده است، در این حالت حداکثر کاهش پاسخ سکو معادل 90% برای میراگر ویسکو الاستیک و حدود 85% در مورد میراگر ویسکوز می باشد. همچنین در شکل ۷ که ناحیه فرکانس موج غالب طیف می باشد پاسخ سکو در هر دو حالت با میراگر و بدون آن مقایسه گردیده است، در این شرایط هم میراگر موثر واقع شده و توانسته است دامنه حرکت را کاهش دهد هر چند در این حالت تاثیر میراگر نسبت به شرایط تشدید کمتر بوده است.



شکل ۶: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی بالاترین نقطه عرشه در فرکانس موج برابر با فرکانس سکو (با وبدون میراگرویسکوالاستیک)



شکل ۷: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی بالاترین نقطه عرشه در فرکانس برابر با فرکانس موج غالب طیف (با وبدون میراگرویسکوالاستیک)

نتیجه گیری

۱- پاسخ جابجایی بالاترین نقطه سکو به طیف موج به صورت ایجاد دو نقطه ماکزیمم یکی در فرکانس طبیعی سکو و دیگری در فرکانس موج غالب طیف پدیدار می گردد.

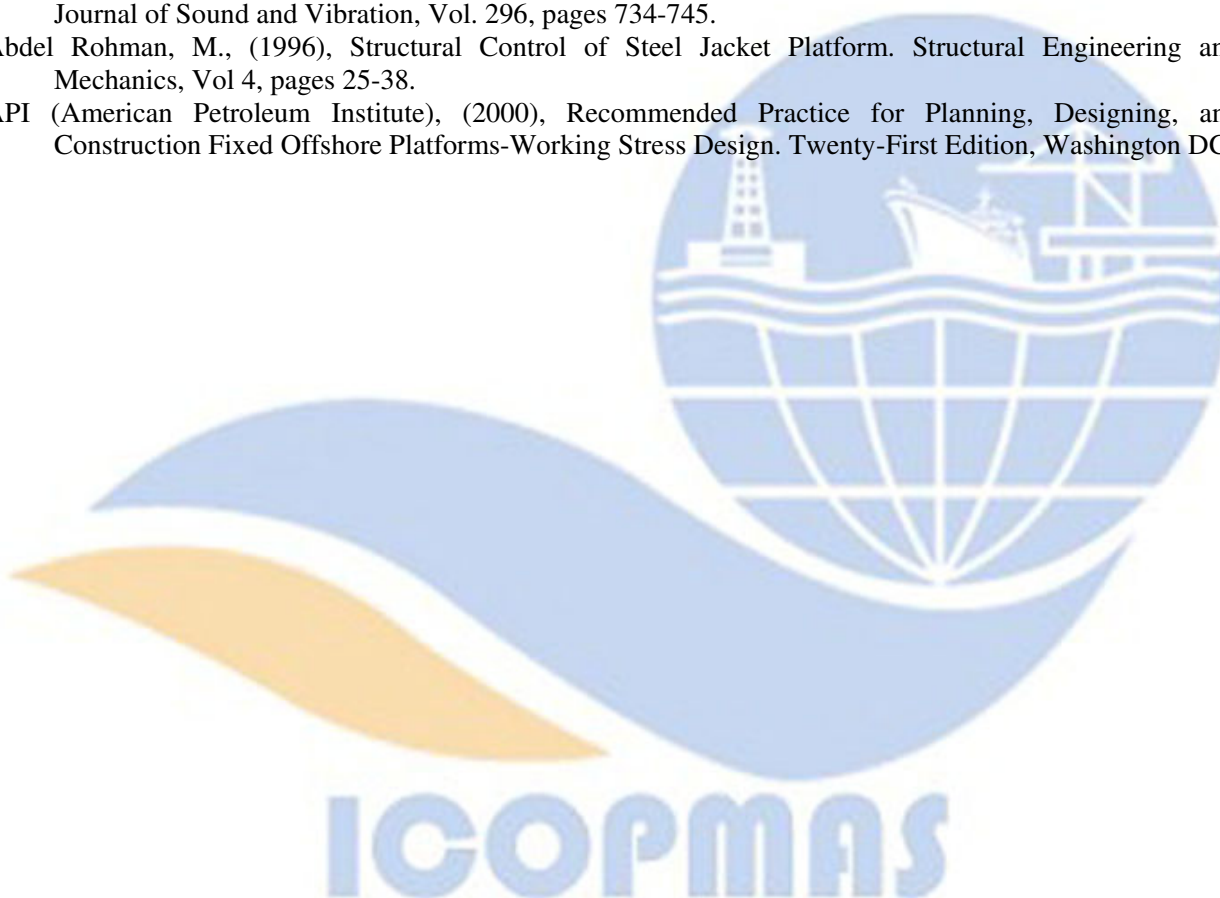
۲- سکوهایی ثابت دریایی در برخورد امواج دارای فرکانس برابر با فرکانس سکو دچار پدیده تشدید می شوند، اثر این پدیده به حدی است که امواج دارای ارتفاع به نسبت کم ولی با فرکانس برابر با فرکانس سکو نسبت به امواج دارای ارتفاع بسیار بیشتر اما فرکانس دور از فرکانس سکو، جابجایی بیشتری را در سکو ممکن است باعث گردند.

۳- کاربرد میراگرهای غیر فعال می تواند به نحو موثری پاسخ سکو را به کل طیف موج و به ویژه به شرایط تشدید بهبود ببخشد به طوری که اساساً نقطه ماکزیمم ناشی از حالت تشدید در پاسخ سکو را در طیف پاسخ سکو از بین ببرد.

۴- در مقام مقایسه بین دو میراگر ویسکوز و ویسکو الاستیک، در شرایط برابر از نظر تامین میرایی مورد نیاز برای سکو، میراگر ویسکو الاستیک موثر تر می باشد.

مراجع:

- Patel, M.H., (1989), Dynamics of Offshore Structure. ButterWorth & Co.
Patil, K.C., and Jangid, R.S. (2005), Passive Control of Offshore Platform. Ocean Engineering, Vol. 32, pages 1933-1949.
Soong, T.T., and Dargush, G.F., (1997), Passive Energy Dissipation System in Structural Engineering. John Wiley and Sons, New York.
Penzien, J., Kaul, K. and Berge, B., (1972), Stochastic Response of Offshore Tower to Random Sea Waves and Strong Motion Earthquakes. Computers and Structures, Vol.2, pages 733-756.
Luo, M., and Zhu, W.Q., (2006), Nonlinear Stochastic Optimal of Offshore Platforms under Wave Loading. Journal of Sound and Vibration, Vol. 296, pages 734-745.
Abdel Rohman, M., (1996), Structural Control of Steel Jacket Platform. Structural Engineering and Mechanics, Vol 4, pages 25-38.
API (American Petroleum Institute), (2000), Recommended Practice for Planning, Designing, and Construction Fixed Offshore Platforms-Working Stress Design. Twenty-First Edition, Washington DC.



The effects of passive dampers on the dynamic response of offshore fixed platforms under the wave spectrum

M. Shamsi Zadegan (University of Hormozgan)

M. Taher Kamali. (University of Hormozgan)

K. Sadeghi (University of Hormozgan)

Abstract

Offshore fixed platforms are predominately used for years by oil and gas industries. These platforms start to vibrate when a force is applied to them. Whenever the wave approaches to the platform frequency, it starts to intensify which leads to harm to the platform as a result of the movements that is caused by intensity. Offshore fixed platforms are located in an environment that is exposed to a variety of forces. An example of such effective force is the one which is caused by the waves. To ensure safety and maintain the effectiveness of the platform, its movement is restricted. Among the new methods that can be used for this purpose is utilization of passive dampers which, without adding substantially force to the structural stiffness, decreases the range of motion. The results show that the dampers attached to the platform, will add significant attenuation, so the respond of the platform is controlled properly.

Keywords: Offshore fixed platforms, forces, platform, passive dampers, motion, intensify